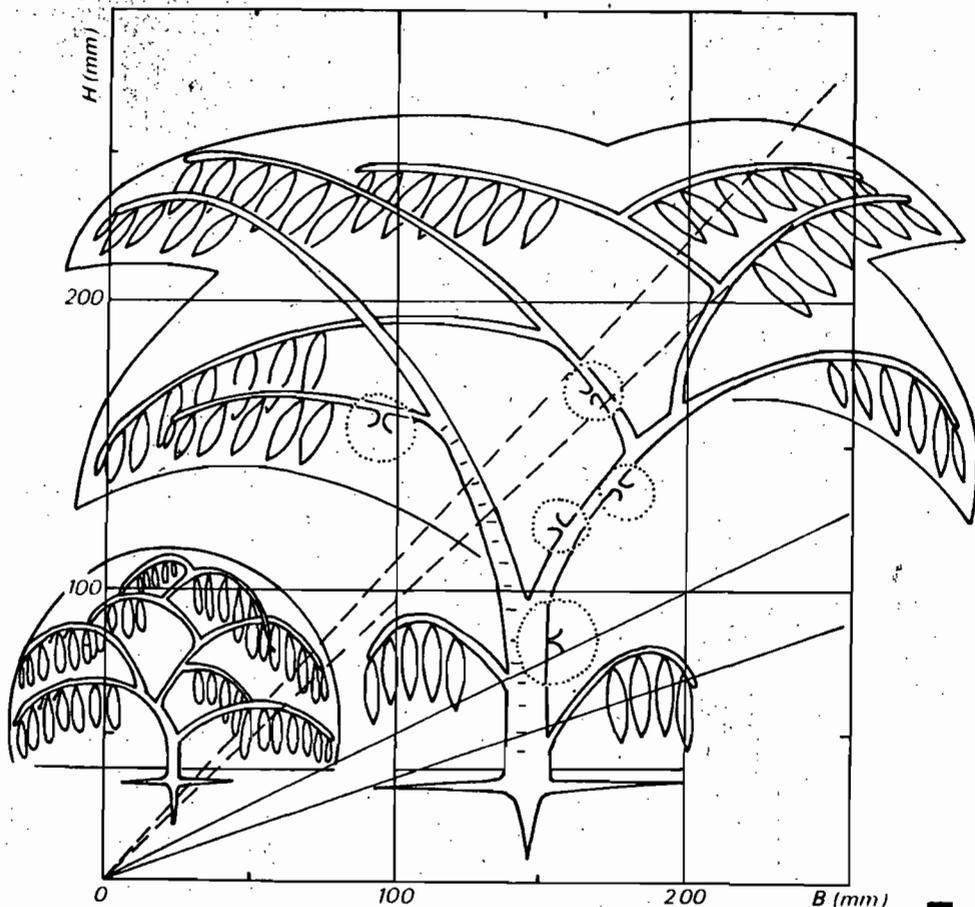


L'ECOSYSTEME FORESTIER GUYANAIS

ETUDE ET MISE EN VALEUR

ECologie
ERosion
EXpérimentation



Bulletin
de liaison
du groupe de travail.

D.G.R.S.T.
Gestion des ressources
naturelles renouvelables

DELEGATION GENERALE A LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE

DECISION D'AIDE A LA
RECHERCHE
N° 79.7.0442
0443
0444
0445

Action : GESTION DES RESSOURCES NATURELLES RENOUVELABLES

Thème : L'ECOSYSTEME FORESTIER GUYANAIS

Objet : Etude écologique de l'évolution du système
forestier tropical humide sous l'effet
d'utilisations intensives et modernes et,
en particulier de la déforestation.

Organismes bénéficiaires

C.T.F.T. (GERDAT)

I.N.R.A.

MUSEUM

ORSTOM

Responsables scientifiques

A. SCHIRLE/J.M. SARRAILH

J. PARDE/M. DUCREY

J. DORST/J.M. BETSCH

J. HERVIEU

N.B. : Ce bulletin de liaison est rédigé par l'ensemble des con-
tractants et publié par les soins du Centre ORSTOM de
Cayenne.

15 OCT. 1984

O. R. S. I. O. M. Fonds Documentaire

N° : 15 926

Cote : A

A V E R T I S S E M E N T

L'abondance du texte et des résultats obtenus à ce jour, sur les opérations ECEREX, nous oblige à limiter ce Bulletin n° 4 à l'étude des sols, de l'écoulement et de l'érosion, de la dynamique de l'eau dans la couverture pédologique.

Un Bulletin n° 5 sera donc plus spécialement consacré aux problèmes de biologie.

S O M M A I R E

	Pages
- Etude pédologique des bassins versants ECEREX. Bilan de la cartographie..... / (R. BOULET)	4
- Ecoulement et érosion sur les bassins versants ECEREX en 1979..... / (J.M. FRITSCH)	23
- Parcelles élémentaires d'étude du ruissellement et de l'érosion. Analyse des résultats obtenus durant les deux premières campagnes de mesure..... (J.M. SARRAILH)	45
- Etude in situ de la dynamique de l'eau dans le sol sous forêt primaire. Influence de la couverture pédologique sur quelques caractéristiques du drainage vertical..... / (J.M. GUEHL)	52
- Etude de l'humidité et de la réserve en eau des sols des bassins versants F, G et H..... / (M. DUCREY).	61

ETUDE PEDOLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS ECEREX
BILAN DE LA CARTOGRAPHIE

par

R. BOULET.
Centre O.R.S.T.O.M. Cayenne

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 15927, ex 2

Cote : A

I - INTRODUCTION

L'étude pédologique des bassins versants a déjà fait l'objet dans les précédents bulletins, de mises au point provisoires. Il parut utile cependant, une fois terminée la cartographie des dix bassins, de rassembler les principaux faits et résultats en un seul document. L'échelle des cartes analytiques, réalisées initialement au 1/1.000, a dû être fortement réduite (1/2.600 environ) pour permettre une présentation en deux planches. De ce fait un certain nombre de détails, d'horizons, de courbes d'isodifférenciation et même dans certains cas de coupes a dû être supprimé. La représentation des couvertures pédologiques des bassins reste suffisante pour que soit saisi l'essentiel de leur organisation, mais les documents de base pour les utilisateurs des données pédologiques sur le terrain restent les cartes au 1/1.000 disponibles au Centre ORSTOM de Cayenne sous forme de tirages Ozalid.

Dans un premier paragraphe, on exposera la méthode utilisée pour analyser l'organisation des couvertures pédologiques, méthode entièrement originale dont on justifiera rapidement la nécessité. Puis on exposera les critères pédologiques ayant présidé au choix des bassins et qui garantissent leur représentativité régionale. Les diverses couvertures pédologiques seront ensuite passées en revue et les relations qui les lient mises en évidence. Enfin on évoquera les corrélations établies par les disciplines connexes, hydrologie et botanique, entre les données pédologiques, le comportement hydrologique des bassins, la végétation forestière naturelle.

II - METHODE D'ANALYSE ET DE REPRESENTATION DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS ECEREX

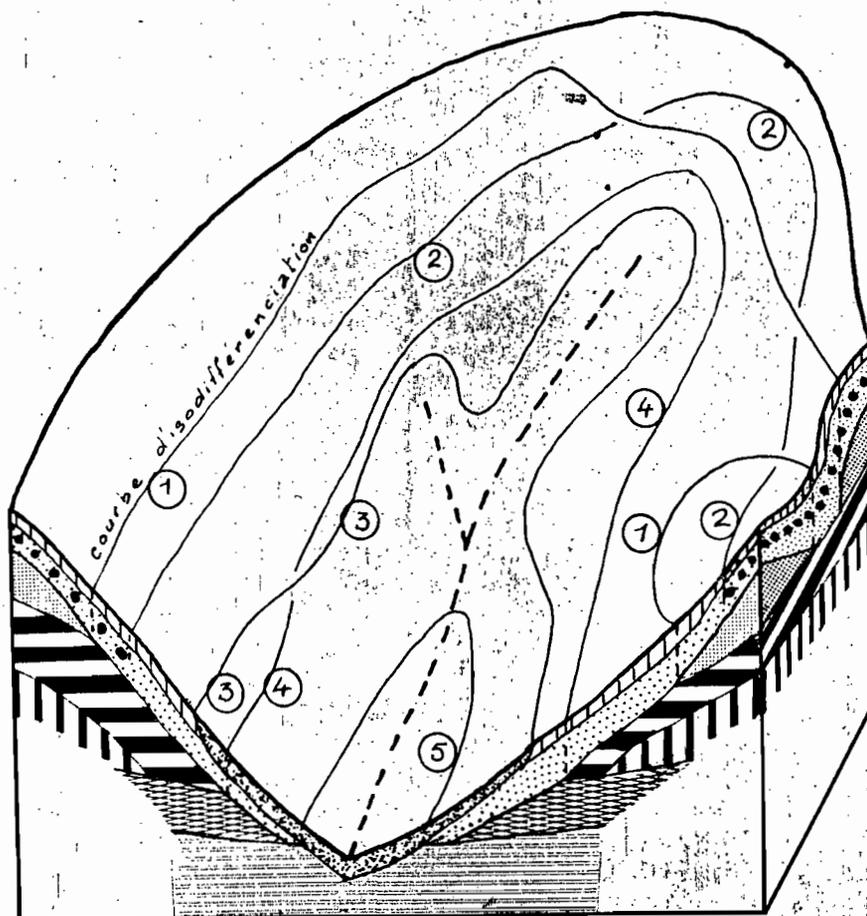
Les nombreuses études détaillées de l'organisation et de la dynamique de couvertures pédologiques couvrant tout un versant, menées depuis une dizaine d'années, en particulier en Afrique tropicale, ont montré que, bien souvent, la couverture meuble des versants est constituée d'un assemblage complexe de volumes pédologiques, dérivant les uns des autres, ou s'influencant mutuellement, volumes dont les limites sont souvent obliques par rapport à la surface topographique et ont alors une signification dynamique et génétique essentielle. Ainsi d'une part, le sol, conçu à partir de l'observation de fosses isolées et constitué d'horizons se succédant de haut en bas, sensiblement parallèles à la surface du sol, apparaît-il dans ces cas comme une vue déformée construite à partir d'une observation incomplète de la réalité. D'autre part, on ne peut espérer comprendre la dynamique d'une couverture pédologique que si l'on en analyse l'organisation d'ensemble à l'échelle du versant (ou mieux du bassin versant) de façon à en avoir une vision exacte.

On a de ce fait été amené à développer en Guyane (BOULET et al., 1978) une méthode originale que l'on a appliquée à ECEREX.

Elle consiste, dans sa phase analytique, seule utilisée à ECEREX, à étudier en premier lieu un certain nombre de transects en reportant sur des coupes nivelées au clisimètre les observations effectuées par sondage à la tarière jusqu'à obtenir une délimitation complète des diverses organisations morphologiques rencontrées et des volumes qu'elles caractérisent.

Fig. 1. CARTOGRAPHIE ANALYTIQUE

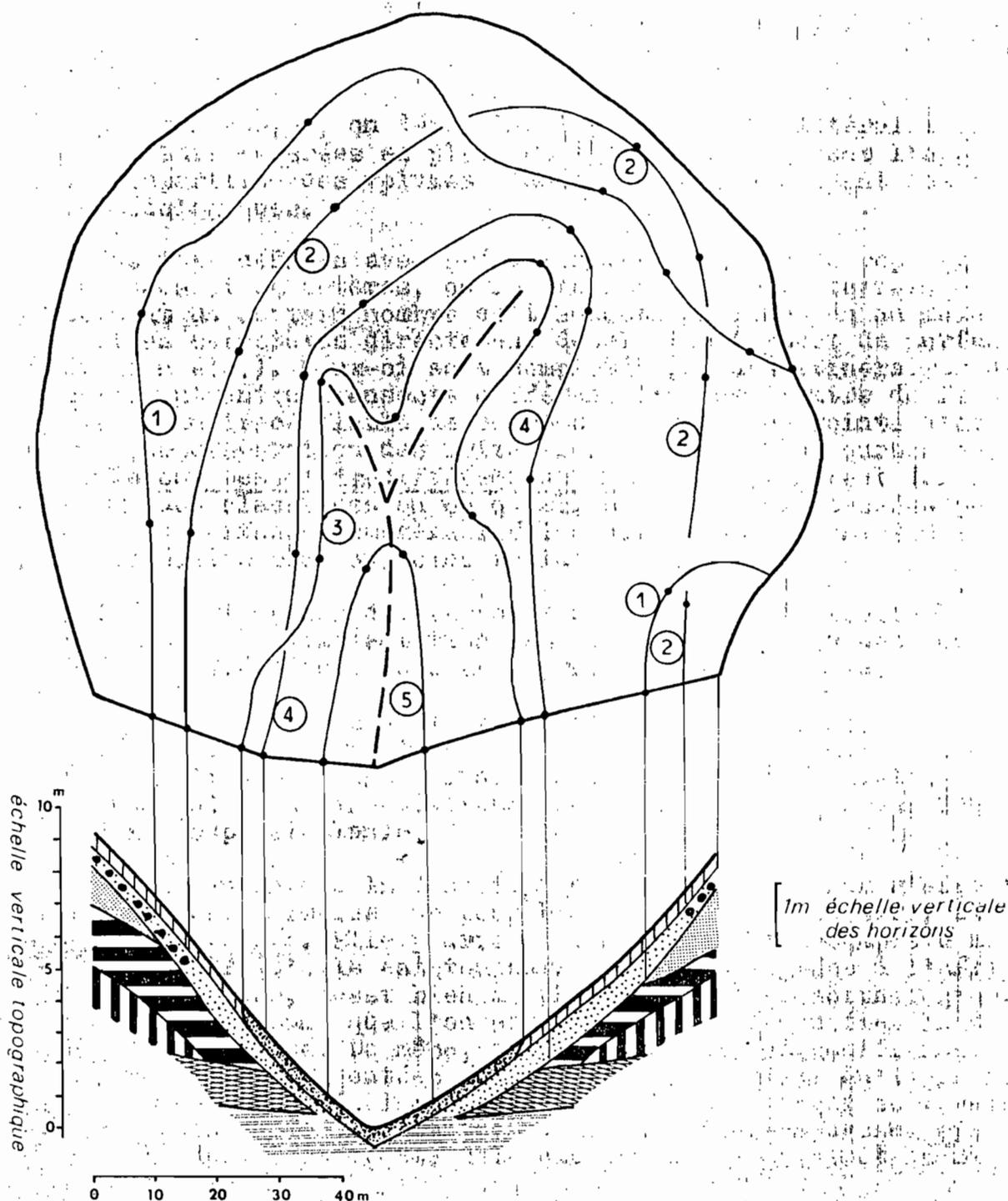
Bloc diagramme explicatif



Legende des coupes

- a  Horizon humifère gris-brun foncé, sablo-argileux. Structure grumeleuse. Porosité biologique forte. Matière organique répartie de façon homogène.
- b  Horizon brun jaune, homogène, devenant légèrement plus clair à l'aval. Argilo-sableux. Porosité bien développée, tubulaire et d'assemblage d'agrégats. Structure polyédrique, localement grumeleuse.
- c  Concentration de nodules ferrugineux lithorelictuels.
- d  Horizon rouge, argileux, à structure polyédrique. Porosité visible tubulaire faible (aspect compact). Comporte des lithoreliques ferruginisées à induration croissante vers le haut.
- e  Horizon rouge violacé, sériciteux, argilo-limoneux. Structure massive à débit polyédrique. Porosité visible tubulaire faible (aspect compact). Comporte des lithoreliques meubles.
- f  Horizon d'altération où dominent les volumes à structure conservée (schiste) riches en muscovite et de couleur brune. Limono-argileux. Struct. massive. Poro. tubul. faible.
- g  Horizon humifère à répartition hétérogène de la matière organique, présentant des volumes réduits gris à cerneocre. Sablo-argileux. Struct. à tendance grumeleuse. Poro. biologique forte.
- h  Horizon à réseau rouge sur fond jaune. Les volumes jaunes augmentent en profondeur en même temps qu'ils pâlisent. Limono-argileux. Structure massive à débit polyédrique. Poro. tubul. faible.
- i  Horizon blanc, sablo-limono-argileux. Toucher onctueux en humido. Porosité tubulaire plus développée que ci-dessus. Magasin de nappes en saison des pluies.

Fig. 2 CARTOGRAPHIE ANALYTIQUE
Représentation en coupes et plan.



Légende des courbes d'isodifférenciation

N.B. La caractérisation de chaque courbe est rédigée pour un observateur qui traverse cette courbe en allant du côté du n°

- ① Disparition de l'horizon rouge compact (d)
 - ② Disparition des nodules (c)
 - ③ Apparition de caractères d'hydromorphie dans l'horizon humifère (g)
 - ④ Disparition de l'horizon sériciteux rouge violacé (e)
 - ⑤ L'horizon blanc (i) atteint la base de l'horizon humifère
- ↙ Emplacement où a été repérée la courbe d'isodifférenciation

Sur ces coupes, on détermine les variations latérales susceptibles d'être repérées en plan. Ce sont principalement l'apparition ou la disparition des volumes pédologiques ou seulement des caractères pédologiques.

Une fois définis avec précision les critères de repérage de ces volumes et caractères, on les recherche sur le terrain en effectuant un certain nombre de transects en fonction du modelé et des autres caractères directement décelables (aspect de surface, végétation etc.). Ceux-ci sont complétés par des itinéraires de raccordement entre transects différant l'un de l'autre de façon à obtenir un tracé fiable de courbes joignant les points d'apparition ou de disparition des critères ci-dessus. Ces courbes sont appelées courbes d'isodifférenciation. Elles diffèrent des limites pédologiques classiques en ce qu'elles ne sont pas sensées partager le plan en surfaces homogènes. Elles jalonnent seulement des variations latérales plus ou moins rapides.

L'étude fine des divers volumes reconnus est effectuée dans des fosses dont l'implantation est faite en fonction des coupes et de la carte précédente donc avec précision et économie.

Le bloc diagramme de la figure 1 donne une image dans l'espace à la fois des coupes verticales ou transects et des courbes d'isodifférenciation. La figure 2 nous montre la carte analytique correspondant à ce bloc diagramme dont elle constitue une représentation en coupe et plan.

Notons enfin que la description des organisations s'effectue en termes aussi simples que possible, de couleur, texture, structure, porosité etc. Elle pourra souvent paraître incomplète mais il faut savoir qu'elle est toujours perfectible grâce à l'affinement de l'analyse, aussi bien morphologique, micromorphologique ou géochimique, sans que l'on ait pour autant à modifier le document cartographique. De même, d'autres courbes d'isodifférenciation pourront être ajoutées ultérieurement au plan, qu'il s'agisse de caractères négligés lors de la cartographie et qui se révéleraient par la suite importants, ou de caractères nouveaux apparus à la suite des traitements, tels que le défrichement et la mise en culture.

Une fois connue, l'organisation en trois dimensions de chaque couverture, des mesures hydriques sont effectuées de façon à en étudier la dynamique de l'eau (HUMBEL, 1978).

III - CRITERES PEDOLOGIQUES AYANT PRESIDE AU CHOIX DES BASSINS

Les deux grands types de dynamique de l'eau des couvertures pédologiques sur socle en Guyane française septentrionale, à savoir dynamique de l'eau verticale et profonde, et dynamique de l'eau superficielle et latérale, étaient connus (BOULET, 1977) avant le lancement de l'opération ECEREX. On a, lors du choix des 10 bassins, déterminé leur type de dynamique de l'eau et retenu :

1 seul bassin à dynamique de l'eau verticale et profonde (ou "à drainage vertical libre") : en effet, les problèmes de mise en valeur propres à la Guyane ne se posent pas sur ce type de couverture, il n'y avait donc pas de raison de multiplier cette catégorie de bassin. De plus, la fréquence de ces couvertures est malheureu-

sement beaucoup plus faible que celle des couvertures à drainage vertical bloqué. L'importance de ce bassin est toutefois renforcée par le fait que sa couverture pédologique présente une bonne analogie, tant dans son organisation que dans sa dynamique avec celles connues en Afrique sous les mêmes latitudes. Il permet donc d'établir un lien avec les sols d'Afrique.

5 bassins à dynamique de l'eau superficielle et latérale (ou à "drainage vertical bloqué") : pour y étudier les principaux problèmes concernant les mises en valeur possibles. L'un d'entre eux, le "J", présente une trop faible mixité (2%) pour que celle-ci intervienne de façon perceptible dans son comportement.

4 bassins mixtes où la variation des surfaces respectivement affectées par l'un ou l'autre type de drainage doit permettre de tester la modélisation de la dynamique des bassins et d'étudier le comportement différentiel des mises en valeur en fonction du type de drainage.

IV - ORGANISATION ET DYNAMIQUE DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES DES BASSINS

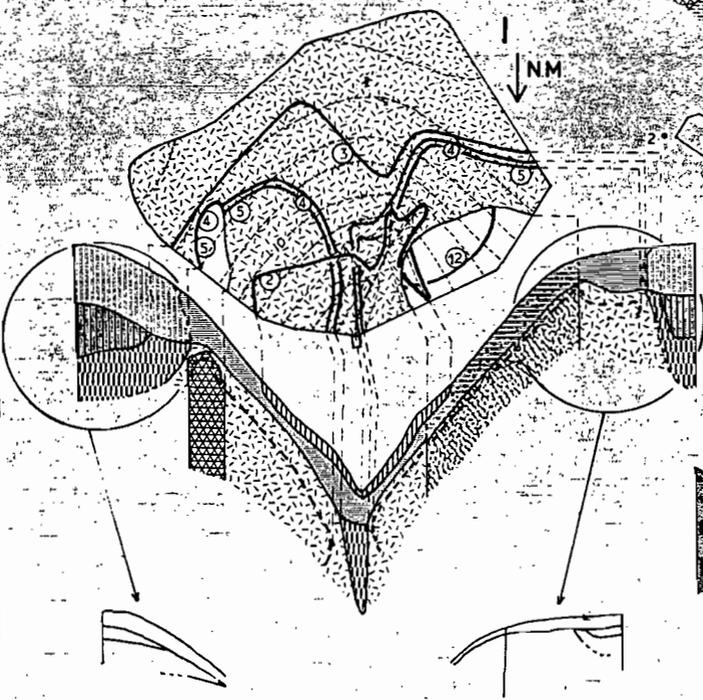
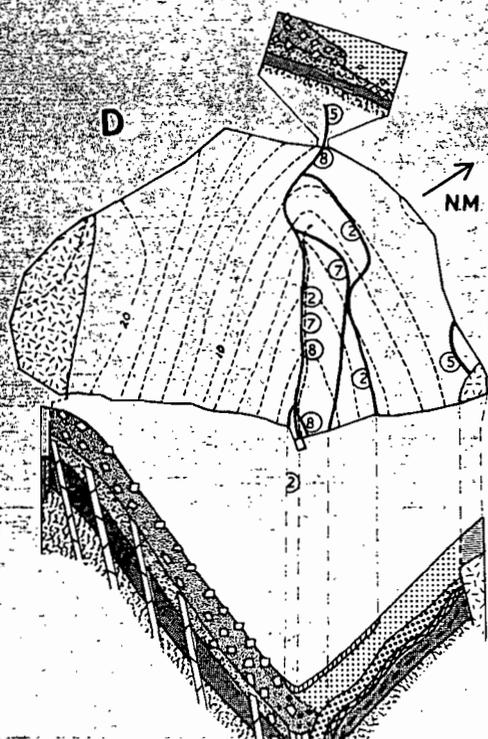
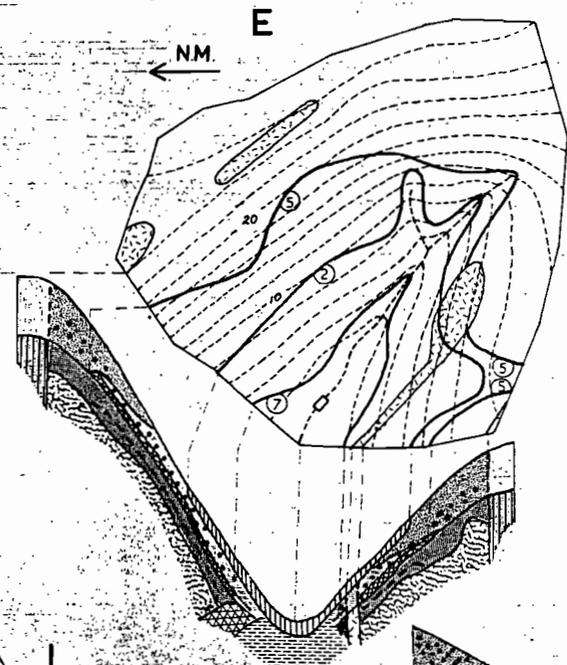
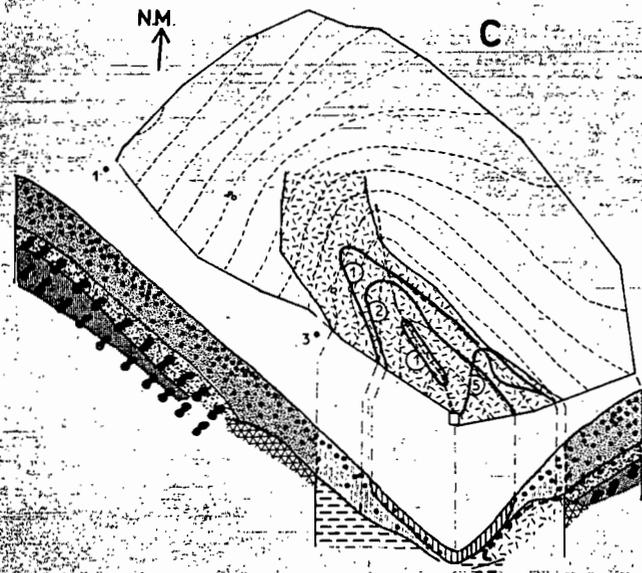
A - ROCHES MERES

Les bassins versants ECEREX sont destinés à l'étude de l'écosystème forestier sur schiste Bonidoro⁽¹⁾, d'abord dans les conditions naturelles puis sous l'effet de l'exploitation papetière suivie ou non de mise en valeur agricole ou sylvicole. Les 10 bassins sont donc strictement inclus dans la zone d'extension de ces schistes, que nous ne connaissons que par leur matériau d'altération. J.-P. MAZEAS (1961) les décrit comme des roches jaunes et rouges, couleurs alternant en lits minces, dans lesquelles des passées kaolineuses grossièrement concordantes avec la schistosité sont fréquentes. J. BARRUOL (1959), auteur de la carte voisine (Kourou) apporte des précisions supplémentaires qui concordent avec les caractères des matériaux d'altération que nous connaissons : "ce sont des schistes très fins, qui comprennent parfois des couches ferrugineuses concrétionnées et sont riches en séricité". Ces schistes sont traversés de filons de pegmatite qui peuvent couvrir des surfaces importantes (cf. fig. 6). Ces pegmatites que nous ne connaissons également que par leur matériau d'altération, sont formées de gros cristaux de quartz, de feldspaths, de muscovites associés à de la tourmaline.

B - COUVERTURES PEDOLOGIQUES

On s'est aperçu, à mesure de la réalisation des cartes analytiques des couvertures pédologiques des 10 bassins versants, que celles-ci s'ordonnent naturellement de façon univoque. C'est dans cet ordre que nous examinerons les divers bassins (fig. 3 et 4).

(1) Le choix des schistes Bonidoro a été dicté par les priorités du plan d'exploitation papetière de la forêt guyanaise envisagé en 1976. En effet, la Société ARBOCEL dont le permis s'étendait sur 300 000 ha essentiellement localisés sur ces schistes, devait, lors du lancement de l'opération ECEREX, démarrer son exploitation avant les autres sociétés concernées.



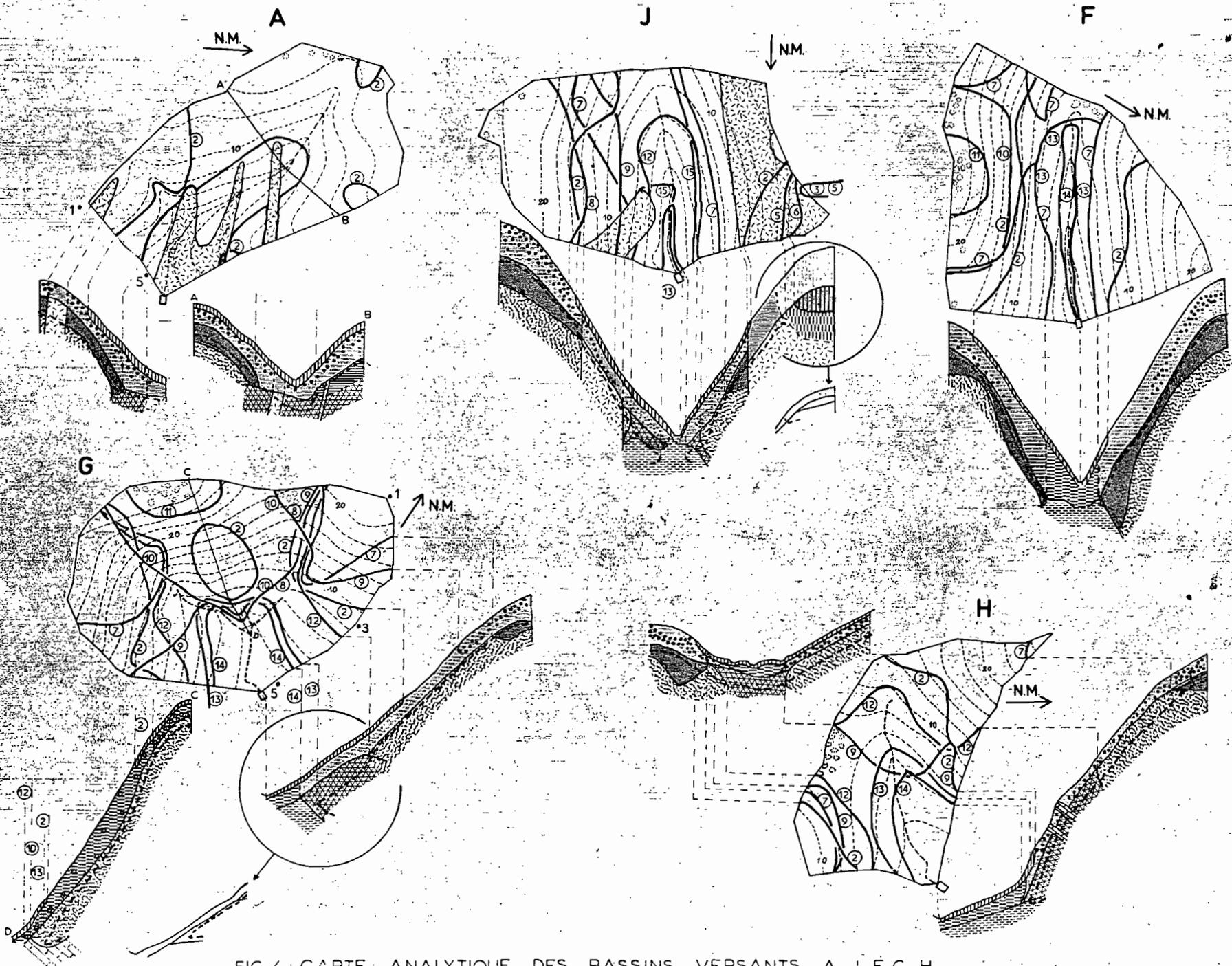


FIG. 4 : CARTE ANALYTIQUE DES BASSINS VERSANTS A, J, F, G, H.

LEGENDE DES FIGURES 3 et 4

Topographie

Courbe de niveau. Equidistance 2m.
L'axe du bassin est pris comme niveau zéro.

Depression fermée

100m

Echelle horizontale Coupes et plans.

10m

Echelle topographique verticale des coupes

1m

Echelle de l'épaisseur des horizons. Lorsque la différence d'échelle entre la surface topographique et l'épaisseur des horizons introduit des modifications importantes dans la géométrie de ces derniers, celle-ci est rétablie par une représentation non tramée où les deux échelles verticales sont identiques.

Legende des horizons représentés en coupe

NB. 1. Par suite de la réduction d'échelle l'horizon humifère n'est représenté et mentionné que lorsqu'il présente des caractères particuliers pris en compte par la cartographie. Son épaisseur est alors exagérée.
2. Lorsqu'un horizon n'existe que dans un petit nombre de bassins, ceux-ci sont indiqués à la suite de la caractérisation de l'horizon.

a  Horizon humifère à répartition hétérogène de la matière organique et comportant soit des tâches ocre ou le long des pores, soit des volumes gris millimétriques à cerne ocre.

Horizons surmontant des pegmatites

b  Horizon brun-jaune homogène, argilo-sableux à sable grossier et graviers quartzeux, riche en micro-agrégats décimétriques. Porosité visible tubulaire et surtout intermicroagregats bien développée.

c  Horizon analogue à b, mais de couleur brun-rouge et de texture un peu plus argileuse. Dans les bassins E, D et B, de grandes muscovites apparaissent au sommet de cet horizon et leur abondance augmente vers le bas.

d  Horizon d'altération rouge à volumes jaunes centimétriques à décimétriques, à limite diffuse, sablo-argileux à sables grossiers et graviers de quartz, à grandes muscovites. Porosité visible intersticielle bien développée.

e  Horizon d'altération blanc à volumes lithorelictuels centimétriques variablement indurés, rouges. Sablo-limono-argileux à sables grossiers et graviers quartzeux, grandes muscovites. Porosité visible tubulaire faible.

f  Horizon brun-jaune au sommet devenant jaune pâle à la base. Argilo-sableux à sables grossiers et graviers de quartz. Porosité tubulaire moyenne au sommet. Présence d'un réseau de tubes millimétriques, parfois orientés dans le sens de la pente, à la base de l'horizon, vers 30cm. Lors des pluies importantes, on observe une nappe perchée dans cet horizon.

g  Horizon blanc, à volumes rouge-violacés lithorelictuels, plus ou moins indurés, à auréole ocre, alignés obliquement à contre-pente par rapport au versant. Argilo-limono-sableux à sables grossiers et graviers quartzeux. Le matériel blanc a une consistance de boue très caractéristique en humide. Une nappe y fluctue en saison des pluies. Porosité visible tubulaire moyennement développée.

Horizons surmontant des schistes fins

h  Horizon brun-jaune et argilo-sableux au sommet, brun-rouge et argileux à la base, à sables fins, riche en micro-agrégats décimétriques. Porosité visible tubulaire et surtout intermicroagregats bien développée.

i  Horizon de transition entre h et j. Transition progressive de couleur et de porosité. Horizon non dissocié de h sur les bassins E et B.

j  Horizon rouge, à volumes lithorelictuels rouge-violacés ou brun-rouge, à induration croissante de bas en haut (sauf dans le bassin C où l'induration est forte dès la base) dépourvus de cuticule et très adhérents à leur emballage. Argileux à sables fins. Porosité visible tubulaire faible.

k  Horizon présentant les mêmes caractères texturaux et de porosité que j, mais de couleur hétérogène: réseau rouge sur fond jaune. Bassins B et A.

l  Horizon rouge à lithorelictuels rouge-violacés peu ou non indurés. Argilo-limono-sableux, à teneur en argile décroissante vers le bas, tandis que les limons fins augmentent, riche en fines paillettes de muscovite, louches sericeux. Porosité visible tubulaire faible.

m  Horizon ayant les mêmes caractères texturaux et de porosité que l mais de couleur hétérogène: réseau rouge sur fond jaune, passant à blanc en profondeur. Dans les bassins C et E cet horizon présente une porosité tubulaire bien développée et il est humecté.

n  Horizon d'aspect analogue à celui de l, mais à texture plus sableuse et à porosité visible, de type intersticielle plus élevée. Bassin B.

o  Horizon blanc à alignements lithorelictuels rouges, analogue à g mais à fraction sableuse fine. Magasin de nappe en saison des pluies.

p  Horizon brun-jaune et sablo-argileux au sommet, passant progressivement à brun-rouge et argilo-sableux à la base. Vers l'aval, au dessus de l'horizon m, la teneur d'ensemble reste à dominante jaune. Fraction sableuse fine. Porosité tubulaire bien développée au sommet, diminuant vers le bas. Lorsqu'il y a concentration nodulaire, elle s'effectue dans cet horizon où fluctue également une nappe perchée lors des fortes pluies.

q  Horizon jaune pâle à jaune rosâtre pâle, à volumes millimétriques ocre ou rouges, peu contrastés et diffus. Sablo-argileux à fraction sableuse fine. Porosité tubulaire moyennement développée. Présence d'une nappe perchée ou non, dans cet horizon en période pluvieuse. Dans les bassins G et F, présence de concrétions ferrugineuses (cf. u).

r  Horizon brun-sablo-argileux à argilo-sableux, porosité tubulaire irrégulièrement répartie, localement grossière, moyennement développée. Bassin D.

s  Horizon légèrement plus rouge que r, comportant des graviers de quartz friables et quelques lithorelictuels rouge-violacés peu indurés. Présence d'un réseau de chenaux de diamètre compris entre 1 et 10mm, orientés selon la pente du versant. Bassin D.

t  Présence d'un réseau rouge sur fond jaune repéré par une courbe d'isodifférenciation. Bassins E et D.

u  (1) Présence de concrétions ferrugineuses constituées de dépôts ferrugineux concentriques bruns englobant un grain de quartz ou, plus souvent, une lithorelictuelle rouge-violacée. Surface patinée ocre.
(2) Concrétions très abondantes (3) ou plus rares (4)

v  Présence de nodules ferrugineux, le plus souvent lithorelictuels, à cuticule lisse, peu adhérents à l'emballage.

w  Présence de volumes lithorelictuels ferruginisés indurés.

x  Présence de blocs anguleux (1) de grès ferrugineux issus de bancs de même nature (2).

y  Présence de blocs de cuirasse.

z  Présence de graviers quartzeux dans l'horizon p.

 Enveloppe des matériaux secs au toucher.

 Limite d'horizon peu nette repérée de façon approximative.

 Filon de quartz.

LEGENDE DES FIGURES 3 et 4 (suite)

Légende des plans

- N.B. 1. La caractérisation de chaque courbe est rédigée pour un observateur qui la traverse en allant du côté du numéro.
2. Les lettres minuscules entre parenthèses renvoient à la légende des horizons.
3. Lorsqu'une courbe n'existe que sur un petit nombre de bassins, ces derniers sont indiqués.



substrat pegmatitique

1. Emplacement de profil dont les résultats analytiques sont présentés dans le texte.

Courbes d'isodifférenciation :

1. L'horizon blanc (g), magasin de nappe, est situé à moins d'un mètre de la surface. Bassin C.
2. Apparition dans l'horizon humifère de volumes gris à cerne ocre ou de taches ocres (a).
3. Disparition de l'horizon (c) brun rouge à micro-agrégats - Bassins I et J.
4. Disparition de l'horizon d'altération rouge à volumes jaunes (d) - Bassin I.
5. Apparition de matériau sec au toucher ou (bassins D et E) apparition d'un réseau rouge sur fond jaune (t) au dessus de l'horizon argileux rouge (j).
6. L'horizon argileux rouge (j) est remplacé par un horizon à réseau rouge sur fond jaune (k) de même texture et porosité. Bassin B.
7. Disparition de l'horizon argileux rouge (j) - ou de son équivalent réticulé (k) - Bassins B et A.
8. Disparition des blocs grésiferrugineux (bassin D); de l'horizon à concentration nodulaire ferrugineuse lithorelictuelle, des nodules pouvant persister, dispersés dans l'horizon (p) (Bassin B); des nodules ferrugineux lithorelictuels en surface du sol (bassin J); des nodules ferrugineux lithorelictuels ou des concrétions ferrugineuses (bassin G).
9. Disparition des nodules ferrugineux lithorelictuels (g) (bassins J, G, H).
10. Apparition de concrétions ferrugineuses peu abondantes et dispersées (u.1) - Bassins F et G.
11. Les concrétions ferrugineuses deviennent très abondantes (u.2) - Bassins F et G.
12. Disparition de l'horizon rouge sériciteux (l) qui fait place à l'horizon sériciteux réticulé (m).
13. Disparition aval des matériaux secs au toucher - Bassins J, F, G, H.
14. La nappe phréatique influence le sol jusqu'en surface. Sol à dominante grise puis blanche, gorgé d'eau en période pluvieuse - Bassins F, G, H.
15. Disparition des graviers quartzeux, issus de pegmatites amont, dans l'horizon (p) - qui en est normalement dépourvu - Bassin I et surtout J rive gauche.
16. L'horizon argilo-limoneux rouge sériciteux (l) est remplacé par un horizon de même aspect mais plus sableux et qui n'est pas sec au toucher (n).
Bassin B rive droite.
17. Amincissement de l'horizon humifère qui devient très peu épais ou absent. Bassin B.

		ECC 1							ECC 3						
Profondeur cm		0	5	30	55	80	110	150	0	5	30	55	80	110	150
		5	20	40	65	90	120	160	5	20	40	65	90	120	170
Refus %		40	38	66	65	59	66	68	27	48	60	57	56	51	50
Texture %	Argile	40,6	45,4	62,8	58,6	67,6	64,5	45,8	25,2	22,3	42,8	57,9	56,5	44,5	37,9
	Limon fin	12,2	10,5	5,2	8,8	8,6	13,5	25,7	5,9	3,3	6,6	2,5	3,9	10,3	11,9
	Limon grossier	2,0	2,6	1,8	3,3	1,5	1,4	4,1	2,0	2,3	4,3	2,3	1,8	3,2	2,6
	Sable fin	9,6	10,4	8,3	12,2	7,4	5,4	15,2	12,8	15,2	16,4	11,9	9,3	8,9	7,4
	Sable grossier	27,9	32,7	19,7	17,5	16,3	16,4	12,0	45,3	43,8	29,1	25,6	28,9	32,6	40,9
Matière organique	Carbone ‰	60,7	33,6						39,4	28,8					
	Azote ‰	3,3	2,2						2,0	1,7					
	M. org. %	10,5	5,8						6,8	5,0					
	C/N	18,5	15,5						19,7	17,4					
pH eau		4,4	4,7	4,8	4,9	5,1	5,0	5,2	4,6	4,7	4,6	4,8	5,0	5,4	5,3
Complexe absorbant	Ca	0,31	0,06	0,02	0,08	0,06	0,05	0,02	0,29	0,09	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03
	Mg	0,47	0,20	0,10	0,09	0,08	0,07	0,04	0,53	0,23	0,11	0,09	0,08	0,04	0,03
	K	0,22	0,13	0,13	0,10	0,09	0,04	0,03	0,21	0,13	0,12	0,09	0,03	0,09	0,02
	Na	0,17	0,06	0,05	0,07	0,05	0,04	0,05	0,13	0,14	0,06	0,04	0,04	0,06	0,03
	S	1,17	0,45	0,30	0,34	0,28	0,20	0,14	1,16	0,59	0,35	0,26	0,18	0,23	0,11
	T	15,80	9,15	5,35	4,10	3,15	2,55	1,50	11,95	7,10	4,80	3,40	3,45	1,85	1,95
	S/T %	7,4	4,9	5,3	8,3	8,9	7,8	9,3	9,7	8,3	7,3	7,7	5,2	12,4	5,6
% Phosphore total		0,29	0,28						0,20	0,16					
% Fer total		6,3	7,1	9,9	10,5	11,2	12,5	14,8	4,7	6,8	7,7	9,6	9,9	10,7	10,5

TABLEAU 1: RESULTATS ANALYTIQUES DE DEUX PROFILS (haut et mi-pente) DU BASSIN C.

x

x x

Le bassin C comporte, en sommet d'interfluve et à partir de la surface, un ensemble d'horizons bruns, épais de plus de 1 m, très argileux (50 à 70% d'argile), fortement microagrégés et poreux, souvent nodulaires. Cet ensemble passe avec une transition progressive étalée sur une cinquantaine de centimètres, à un horizon rouge, un peu moins argileux (40 à 50% d'argile) et dans lequel on perçoit déjà une légère augmentation de haut en bas des limons fins, variation qui annonce le matériau d'altération. Cet horizon rouge a un aspect compact, sa porosité visible étant tubulaire faible, une structure polyédrique centimétrique anguleuse à faces lisses. On le désignera brièvement sous le nom de "horizon argileux rouge". Il contient des volumes ferruginisés indurés dans lesquels on reconnaît une structure lithologique figée par le fer ; ce sont des lithoreliques, ou des nodules lithorelictuels lorsque l'induration est forte. L'épaisseur de cet horizon est variable, de cinquante à cent cinquante centimètres. Il passe en profondeur de façon également progressive à un horizon plus rouge, à teneur en argile décroissante avec la profondeur tandis que les limons fins augmentent et qu'apparaissent de fines paillettes de muscovite à toucher sériciteux, à structure massive à débit polyédrique, à porosité visible tubulaire faible, éventuellement à volumes lithorelictuels violets indurés, particularité d'origine lithologique des bassins C et D : les volumes lithorelictuels de cet horizon sont en effet typiquement meubles ailleurs. Cet horizon sera nommé par la suite "horizon rouge sériciteux". Les données dont on dispose sur le régime hydrique de cette couverture concordent pour lui attribuer une dynamique de l'eau verticale et profonde. Celle-ci est sans doute ralentie au passage de l'horizon à microagrégats à l'horizon argileux rouge mais insuffisamment pour que se développe une morphologie caractéristique d'horizon engorgé. On notera cependant en rive gauche aval une petite zone à drainage vertical bloqué qui ne déborde que de façon négligeable sur le bassin hydrologique (cf. fig. 6).

Vers l'aval, les horizons supérieurs sont progressivement marqués par l'hydromorphie mais les manifestations nettes de celle-ci n'apparaissent qu'en bas de pente (cf. courbe 2, fig. 3) tandis que dès la mi-pente, les horizons amont sont recoupés par le bas par un horizon blanc, dans lequel fluctue une nappe phréatique en saison des pluies.

Un échantillon de résultats analytiques est consigné dans le tableau 1. En plus des données texturales déjà évoquées, on notera des taux assez élevés de matière organique en haut de pente avec une diminution significative vers l'aval. Le taux relativement élevé de matière organique en haut de pente est caractéristique des couvertures à drainage vertical. Les pH sont acides et les teneurs en bases échangeables très faibles, avec une prédominance du Mg sur le Ca caractéristique des milieux très lixiviés (BOULET, 1974 - CHAUVEL, 1977). Cette pauvreté en bases se retrouve sur tous les bassins, confirmant que la fertilité chimique, partout très basse, n'est pas un critère discriminant pour ces couvertures par ailleurs si différentes, en particulier par leur dynamique.

x

x x

Dans les bassins mixtes, on observe une juxtaposition de domaines à drainage vertical libre et de domaines à drainage vertical bloqué, le passage de l'un à l'autre nous renseignant sur le déterminisme du basculement du drainage. Le cas le plus courant a été observé sur les bassins E et B pour les schistes fins, sur les bassins I et J pour les pegmatites.

En "E", le sol est, à l'amont, analogue à ce qu'il est en C si ce n'est d'une part l'absence de volumes lithorelictuels indurés dans les horizons profonds, d'autre part une moindre épaisseur des horizons supérieurs poreux. Lorsqu'on descend la pente, l'ensemble supérieur poreux s'amincit progressivement. Quand son épaisseur devient inférieure à environ 70 cm, on voit apparaître à sa base un réseau rouge sur fond jaune (cf. courbe 5, fig. 3 E) qui traduit un début d'engorgement à ce niveau. Vers l'aval, les horizons supérieurs jaunissent, autre manifestation d'engorgement (léger), d'abord juste au-dessus du réseau puis jusque sous l'horizon humifère, tandis que le passage de ces horizons jaunes à l'horizon argileux rouge sous-jacent devient rapide, surtout en ce qui concerne la porosité visible qui passe de moyenne à faible. L'horizon argileux rouge, qui était humecté à l'amont, devient sec au toucher. Ce caractère a, par ailleurs, été associé à un comportement peu perméable entraînant une dynamique de l'eau essentiellement superficielle et subsuperficielle latérale (HUMBEL, 1978), qualifiée plus brièvement de "drainage vertical bloqué". Ceci traduit donc le basculement du drainage. Notons cependant que ce caractère "sec au toucher" ne signifie pas que le matériau correspondant est effectivement sec : l'eau qu'il contient, fixée du fait de la finesse de la porosité (HUMBEL, 1978), ne confère pas au matériau qu'elle imprègne le comportement mécanique (plasticité etc.) que l'on associe au caractère humide. De même, un certain flux hydrique traverse certainement ces matériaux, comme le laisse supposer l'observation d'organisations discontinues. Néanmoins, celui-ci reste sans doute très faible, si bien que l'essentiel du transit de l'eau s'effectue dans la partie supérieure du sol. On a montré par ailleurs (BOULET et al., 1979) que la circulation latérale d'eau induite par ce blocage du drainage vertical s'accompagne d'une concentration relative des éléments les plus résistants présents dans l'horizon sous-jacent, constitués essentiellement ici par des lithoreliques ferruginisées indurées. La démonstration de ce phénomène a été faite sur migmatites, où elle est facilitée par l'absence totale de nodules et de lithoreliques indurées dans les deux mètres supérieurs de la couverture à drainage vertical. Sur schistes, la couverture à drainage vertical comportant souvent des nodules, la distinction entre ceux-ci et ceux qui sont concentrés par la dynamique latérale est difficile : On est alors aidé par l'examen des courbes d'isodifférenciation qui montrent généralement une relation entre la source des nodules (l'horizon argileux rouge et l'existence de l'horizon à concentration nodulaire.

Tout à fait à l'aval, les matériaux secs au toucher disparaissent et l'on décèle en saison des pluies, à une profondeur accessible (moins de 2 m), la frange capillaire d'une nappe phréatique.

En "B", le basculement du drainage a fortement régressé vers l'amont

où l'on observe encore un sol dont la partie meuble est analogue à celle du sol à l'amont de C ou E, mais ~~cnnoie~~ des blocs de cuirasse nombreux et volumineux rendant très difficile la pénétration de la tarière. C'est pourquoi la transformation latérale correspondant au basculement du drainage na pu faire l'objet d'une étude aussi précise qu'en E. On constate seulement qu'elle correspond aussi à un amincissement des horizons à microagrégats. Un fait nouveau apparaît en "B" : les matériaux secs au toucher persistent à l'aval jusqu'à l'exutoire ; l'étanchéisation (relative, cf. supra) aval du bassin est dès lors complète.

D'autres caractères du bassin B lui sont spécifiques. Tout d'abord, en bordure rive droite, l'horizon argileux rouge est discontinu (cf. représentation schématique sur la coupe inférieure, fig. 3). Ce caractère est associé (cf. courbe 16) au remplacement de l'horizon rouge sériciteux par un horizon de même aspect mais nettement moins argileux à son sommet, plus riche en sables grossiers, et qui n'est pas sec au toucher au contraire de l'horizon argileux rouge sus-jacent. Cette variation est sans doute liée à une modification locale de la granulométrie du schiste, elle permet de préciser le déterminisme du blocage du drainage vertical. En effet, on constate d'une part qu'une modification granulométrique d'un horizon normalement observé sec au toucher dans les couvertures à drainage bloqué peut s'accompagner d'une humectation tactilement perceptible, qui a été par ailleurs reliée (HUMBEL, 1978) à un drainage vertical profond. Précisons cependant que la seule apparition d'une fraction sableuse grossière ne suffit pas puisque nous verrons plus loin que les matériaux d'altération des pegmatites, riches en sables grossiers bloquent le drainage à l'égal de l'horizon argileux rouge. Le facteur discriminant associe certainement plasma et squelette dans leur arrangement relatif, faisant alors intervenir l'organisation élémentaire. D'autre part, le caractère discontinu de l'horizon rouge apparaît comme le résultat ^{d'une} transformation en un matériel plus jaune, poreux, analogue à l'horizon immédiatement sus-jacent, et que colonisent les racines, qui gagnent ainsi les horizons inférieurs. Dès lors, la seule présence d'un horizon à porosité telle qu'elle provoque, dans certaines conditions, un blocage du drainage, n'est pas suffisante pour maintenir ce blocage : si la porosité du matériel sous-jacent n'est pas elle-même inductrice du même effet, le drainage vertical se rétablit.

En second lieu, la disparition des caractères et volumes jalonnée par les courbes 7 et 8, 17, peut être reliée à une troncature de la partie supérieure du sol. L'horizon à concentration nodulaire apparaît comme fortement lié à la présence sous-jacente de l'horizon argileux rouge comportant des lithoreliques déjà indurées, cette liaison est modulée par des phénomènes de colluvionnement que l'on précisera plus loin. Mais la disparition de l'horizon argileux rouge (donc, à plus ou moins brève échéance, de la concentration nodulaire) apparaît généralement comme une transformation de cet horizon par les horizons sus-jacents où transite l'eau de drainage latéral. Il ne s'agit pas alors d'une simple troncature par érosion mais d'un phénomène plus complexe où la pédogénèse superficielle intervient au premier chef. En "B", au contraire, la disparition précitée est liée à l'amincissement puis à la quasi disparition de l'horizon humifère (courbe 17) en même temps que les horizons plus rouges de profondeur affleurent. Il semble qu'il s'agit alors d'un cas où l'érosion superficielle intervient beaucoup, érosion repérée par l'ensemble plus ou moins concentrique des courbes 7, 8, 17 qui dessine en quelque sorte l'amorce d'une fenêtre dans la couverture pédologique. Cette fenêtre ne paraît pas en relation directe avec

la topographie et le réseau de drainage ; son déterminisme reste inconnu pour le moment. On peut toutefois relier à cette érosion faible extension en "B" des caractères d'hydromorphie dans l'horizon humifère (courbe 2), leur apparition nécessitant un développement normal de cet horizon.

On constate également sur le versant rive gauche, le remplacement de l'horizon rouge compact par un horizon de même texture, structure et porosité, mais à coloration hétérogène formant un réseau rouge sur fond jaune. Une telle variation de couleur apparaît normalement en bas de pente ou dans les zones à drainage externe faible (col du bassin H) où elle correspond à un pseudoglé et envahit de bas en haut l'horizon argileux rouge s'il existe encore, et surtout l'horizon rouge sériciteux qui devient "horizon sériciteux réticulé" ; elle ne peut toutefois être qu'héritée dans le cas où elle affecte un matériau sec au toucher. Dans certains cas, et plus particulièrement dans les bassins B, A, I, cette variation est indépendante de la topographie actuelle. Elle correspond vraisemblablement à un héritage à rattacher à la topographie initiale.

Enfin, sur le bassin B apparaît un micromodelé caractéristique des sols à drainage vertical bloqué à pente faible. Il s'agit de dépressions plus ou moins circulaires, de 2 à 3 mètres de diamètre profondes d'une cinquantaine de centimètres, emplies d'eau en saison des pluies, appelées localement djougoung-pété. BLANCANEUX (1973) étudiant ces dépressions attribue leur origine à la fois à l'imperméabilité des horizons profonds entraînant une saturation par l'eau des couches supérieures et une déstabilisation des arbres, et aux cuvettes créées par la chute consécutive des arbres. Il attribue leur localisation sur les replats sommitaux au fait que les arbres y sont plus sensibles au vent et que leur chute en est facilitée. L'étude de l'apparition et de la localisation de ces dépressions dans la séquence des couvertures pédologiques des bassins permet de préciser leur déterminisme. Totalement absentes des sols à drainage vertical libre, elles se situent exclusivement sur les parties à pente faible des couvertures à drainage vertical bloqué, replats sommitaux mais aussi cols entre deux bassins. Ils disparaissent dès que la pente dépasse 10%. L'étude de quelques-uns d'entre eux (E. FRITSCH, 1977) montre que l'évolution (sinon le déclenchement) de ces dépressions est d'ordre géochimique et correspond à des exportations de matière en profondeur. On peut actuellement estimer que lorsque la pente, sous l'effet de l'évolution pédologique elle-même (cf. infra), devient suffisamment faible pour limiter le drainage externe, toute dépression, qu'elle soit due à la chute d'un arbre ou à une autre cause, piège l'eau de pluie. Cette eau finit, malgré l'imperméabilité (relative) du substrat, par s'infiltrer en entraînant avec elle des substances dissoutes. Cette exportation de matière suffirait à la longue à entretenir et à développer les dépressions, qui finissent par s'anastomoser en créant des chenaux

Le tableau 2 apporte quelques précisions analytiques. En ECB sol à drainage bloqué, le maximum du refus en 5-40 cm correspond à l'horizon à concentration nodulaire. La diminution entre 40 et 120 cm indique une diminution de l'induration des lithoreliques ferruginisées dans l'horizon argileux rouge, sa quasi disparition au-delà confirme le caractère meuble de ces mêmes lithoreliques dans l'horizon rouge sériciteux. Du point de vue textural, on constate encore que l'augmentation du taux de limon fin, non perçue à

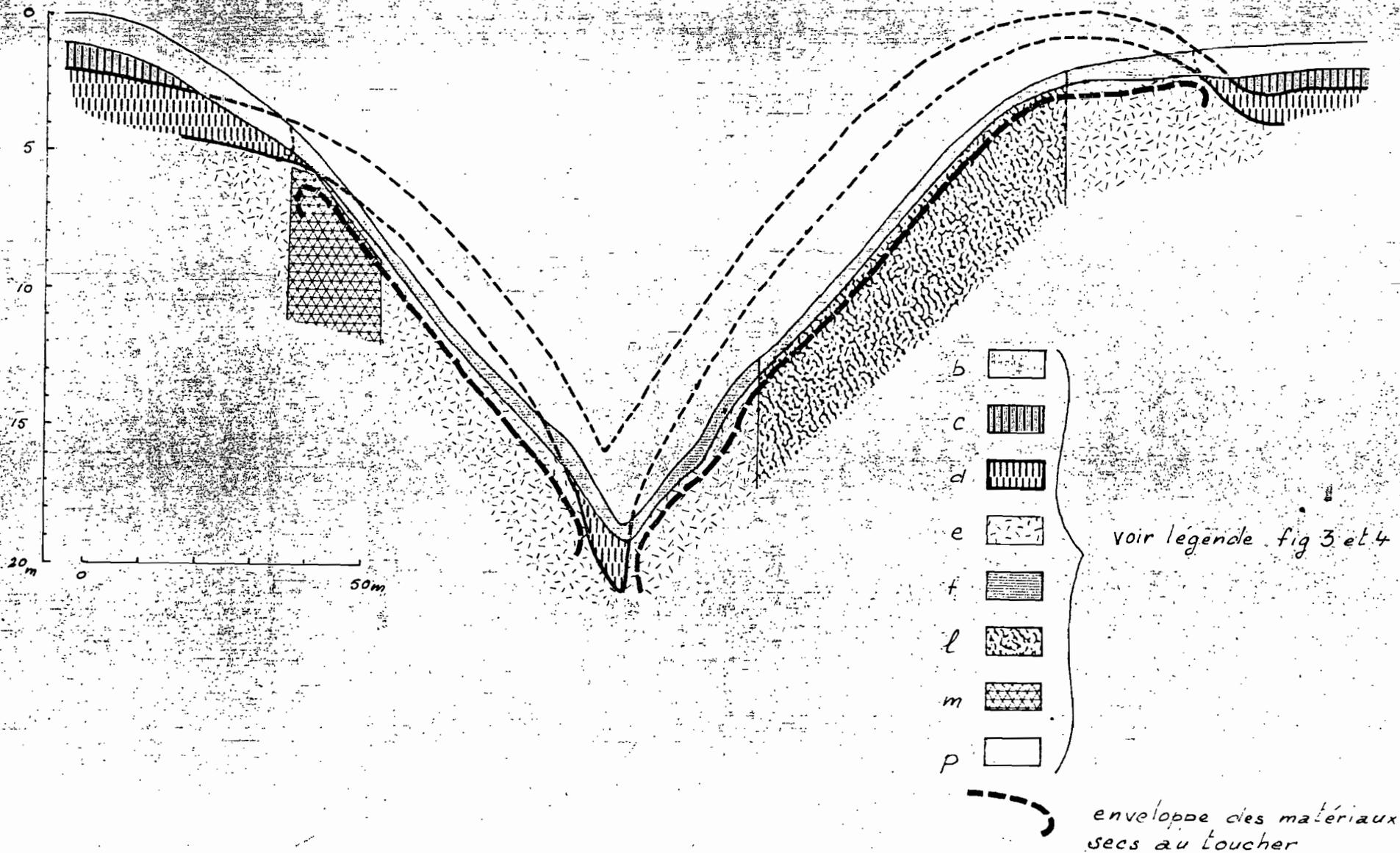
l'amont (ECB 2) faute de prélèvement assez profond (on la perçoit en ECC 1 et 3) commence en ECB 3 dès 50 cm et que cette fraction prend une importance prépondérante dans l'horizon rouge sériciteux. Le taux de matière organique diminue notablement entre ECB 2 et 3 pourtant très voisins, variation rendue significative par sa répétition sur les autres bassins mixtes, et qui montre que les sols à drainage bloqué sont moins organiques que ceux à drainage vertical libre. Il est possible que le ruissellement beaucoup plus élevé sur les premiers soit à l'origine de cette variation. Le complexe absorbant diffère peu d'un profil à l'autre si l'on tient compte des variations de la matière organique.

Dans les bassins versants où le basculement du drainage s'effectue sur pegmatite, les horizons sont différents mais les mécanismes apparaissent comme analogues.

Sur les pegmatites des bassins I et J dont les parties à drainage vertical sont en continuité (l'amont du versant droit de I est contigu avec l'amont du versant gauche de J), on observe à l'amont un sol épais de deux mètres environ, brun jaune au sommet, rouge jaune à la base, à croissance régulière du taux d'argile vers le bas, à fraction sableuse grossière, très microagrégé et poreux, bien humecté sur toute son épaisseur. Sa base est soulignée par un alignement de quartz anguleux non ferruginés, plus ou moins espacés. Au-dessous apparaît un matériau d'altération rouge à volumes jaunes, assez sableux, contenant de grandes muscovites, rares au-dessus, à porosité intergranulaire bien développée. En profondeur, la couleur de fond passe à blanc avec des volumes rouge violacé ferruginisés, tandis qu'on distingue des fantômes de feldspaths et que la porosité visible diminue. Vers l'aval, l'épaisseur du sol diminue, la ligne de quartz se rapprochant de la surface. L'horizon rouge à microagrégats finit par disparaître (courbe 3) puis la partie supérieure rouge et jaune, sableuse, du matériau d'altération. Enfin, lorsque l'épaisseur de la partie supérieure poreuse de la couverture pédologique devient inférieure à 1 m environ, apparaissent les matériaux secs au toucher. L'étude morphologique et géochimique fine de cette zone de basculement du drainage est en cours, en relation étroite avec les études hydriques effectuées par J.M. GUEHL qui en fait le point dans ce même bulletin. Le sol à drainage vertical bloqué est peu épais, il comporte un horizon humifère épais de 15 cm, brun, à répartition irrégulière de la matière organique, sableux à sablo-argileux à sable grossier, poreux. L'horizon suivant va jusqu'à 30 à 40 cm, il est brun beige clair, sablo-argileux à sable grossier. Il contient des quartz que l'on a raccordés à ceux de la ligne de quartz amont et qui acquièrent dans leur nouveau milieu un cortex ferrugineux. Un peu à l'aval du basculement du drainage, on voit apparaître, à la base de cet horizon et sur 5 à 6 cm d'épaisseur, un réseau de canaux nettement orientés parallèlement à la pente et qui constituent probablement les voies d'écoulement préférentiel de l'eau circulant latéralement. - On devine l'existence de canaux analogues dans les sols à drainage bloqué sur schiste fin mais leur observation est rendue difficile par la présence des nodules quasi jointifs -. Avec une transition de 10 cm, l'horizon précédent passe au matériau d'altération de la pegmatite, blancs à volumes rouges, riche en grandes muscovites et en graviers de quartz à porosité tubulaire faible. Le matériel sec au toucher est atteint vers 1 m de profondeur.

Sur le bassin I, la zone de basculement du drainage, matérialisée par la courbe 5 présente une disposition curieuse qui s'expli-

Fig 5. Reconstitution de la topographie d'un horizon témoin de la couverture initiale du bassin I



que lorsqu'on étudie la géométrie réelle des horizons (fig. 5). En anticipant quelque peu sur l'interprétation générale, on peut saisir, lors des descriptions des bassins mixtes antérieurs, que la couverture à drainage vertical bloqué résulte de la transformation de la couverture à drainage vertical libre qui apparaît ainsi comme une couverture initiale, tandis que la couverture à drainage vertical bloqué est "incisée" dans la précédente. En général, la topographie de ce qui reste de la couverture initiale est peu accidentée, la pente de la couverture dérivée étant plus forte. Ainsi, sur le bassin "J" les horizons de la seconde (ainsi que la topographie) recourent la première, les pentes restant dans le même sens. Le bassin I nous montre une interférence plus complexe entre couverture initiale et couverture dérivée. En effet si l'on reconstitue (fig. 5) la géométrie de la couverture initiale à partir de ce qui en reste (superposition d'horizons plus ou moins complète à l'amont, matériau d'altération rouge à volumes jaunes dans le thalweg), on constate que le thalweg actuel se trouve simplement décalé par rapport au thalweg de la couverture initiale qui devait donc présenter localement des pentes assez fortes. Ces pentes étaient toutefois moins fortes qu'actuellement puisque dans le thalweg, les horizons supérieurs de la couverture initiale ont disparu.

Le cas du bassin J sera à nouveau envisagé après celui du bassin A car sa couverture sur schiste fin se classe entre celles du "A" et du "F".

Le bassin D est également mixte mais avec une répartition différente des types de drainage. Le versant droit, à drainage vertical libre, se distingue par la présence jusqu'en surface de très nombreux blocs anguleux gréseux quartzo-ferrugino-gibbsitiques issus de filonnets très redressés de même nature, observés en place dès 1 m de profondeur. Les horizons supérieurs très microagrégés et poreux passent progressivement à l'horizon argileux rouge puis à l'horizon rouge sériciteux qui ne diffèrent de ceux déjà décrits que par la présence des filonnets gréseux. On n'observe pas de matériau sec au toucher en profondeur. Le versant gauche est à drainage vertical bloqué, le caractère sec au toucher apparaissant dans l'horizon argileux rouge. La transition supérieure de ce dernier est marquée par un réseau rouge sur fond jaune. Juste au-dessus apparaît sur une épaisseur de 5 à 10 cm une porosité tubulaire grossière (mm), forte, orientée dans le sens de la pente et probablement en relation avec la circulation latérale de l'eau. On note la disparition totale des filonnets et des blocs gréseux au niveau du thalweg (courbe 8), et même la quasi absence de lithoreliques ferruginisées, d'où celle de l'horizon à concentration nodulaire. Cette dissymétrie des versants se traduit également par l'inexistence de manifestations d'hydromorphie dans l'horizon humifère du versant droit (elles apparaissent tout juste à l'exutoire du bassin) et leur large développement sur le versant gauche. Pour identifier le déterminisme du basculement du drainage, on a creusé une tranchée sur la courbe d'isodifférenciation (5) correspondant à l'apparition du réseau surmontant l'horizon argileux rouge et qui manifeste une certaine stagnation de l'eau à ce niveau. On constate que ce réseau apparaît après disparition des blocs gréseux quasi jointifs dans les horizons surmontant l'horizon argileux rouge, blocs dont l'origine est sans doute colluviale puisque les filonnets ont déjà disparu des horizons profonds. Il s'agirait donc dans ce cas d'un maintien du drainage vertical et profond grâce à l'existence d'un squelette grossier jointif.

ECA 1

ECA 5

Profondeur cm	0	5	30	50	80	110	150	0	5	30	50	80	110	130	150	
	5	30	40	70	100	120	170	5	30	40	70	100	130	140	170	
Refus %	15	4,9	45	31	24	38	6,3	8	9	41	52	37	36	12	16	
Texture %	Argile	13,7	25,3	31,0	39,0	37,6	35,0	28,4	16,5	16,1	17,9	19,4	25,8	26,6	26,3	19,3
	Limon fin	6,3	6,6	8,6	13,5	20,1	20,3	25,2	3,5	3,7	4,4	5,0	8,9	14,9	25,0	35,7
	Limon grossier	4,4	4,2	5,4	4,7	5,1	4,1	6,6	2,4	2,5	2,7	1,7	2,5	2,9	3,5	3,3
	Sable fin	29,4	27,6	30,9	21,7	18,8	19,2	25,1	21,1	23,2	21,2	10,9	13,2	14,6	21,9	30,4
	Sable grossier	40,8	33,9	23,7	21,2	19,7	21,9	16,5	52,9	53,7	54,8	64,0	51,6	42,7	25,2	14,3
Matière organique	Carbone %	39,0	20,2					27,2	17,2							
	Azote %	2,6	1,4					1,7	1,2							
	M org %	6,7	3,5					4,7	3,0							
	C/N	14,8	14,7					15,8	14,5							
pH eau	4,7	4,9	5,0	5,2	5,6	5,6	5,4	5,1	4,8	5,2	5,4	5,3	5,5	5,2	5,1	
Complexe absorbant	Ca	0,23	0,04	0,02	0,02	<0,01	0,02	0,01	0,17	0,03	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03
	Mg	0,62	0,20	0,05	0,06	0,04	0,03	0,08	0,32	0,09	0,10	0,08	0,05	0,08	0,10	0,11
	K	0,12	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,10	0,05	0,15	0,03	0,01	0,03	0,04	0,04
	Na	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,72	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	S	1,05	0,38	0,14	0,15	0,08	0,09	0,18	1,31	0,20	0,36	0,19	0,11	0,17	0,20	0,21
	T	8,65	5,10	3,20	2,65	3,15	5,35	3,90	5,65	3,30	2,45	2,35	2,95	2,10	5,75	3,70
	S/T %	12,1	7,5	4,4	5,7	2,9	1,7	4,7	23,2	6,1	14,7	8,1	3,7	8,1	3,5	5,7
Phosphore total %	0,26	0,25						0,11	0,11							
Fer total %	6,1	9,2	14,1	17,6	18,5	17,9	17,9	2,1	3,2	4,4	8,8	13,1	9,5	7,1	5,0	

TABLEAU 3: RESULTATS ANALYTIQUES DE DEUX PROFILS DU BASSIN A. HAUT ET BAS DE PENTE.

x

x x

Dans le bassin A, l'évolution amorcée dans les bassins mixtes se poursuit par la disparition complète des horizons argileux microagrégés de l'amont. Sur l'ensemble du bassin, thalweg compris, on observe un sol à drainage vertical bloqué avec des matériaux secs au toucher présents en profondeur. Le sol varie peu dans sa partie supérieure. On distingue un horizon humifère sableux à sablo-argileux, peu épais (10 à 15 cm), à tendance grumeleuse, où des manifestations d'hydromorphie sous forme de volumes centimétriques gris à cerne ocre existent sur la presque totalité du bassin (courbe 2), extension due à la fois au blocage du drainage vertical et à la faible pente générale des versants. Au-dessous de l'horizon humifère se situe un horizon jaune, argilo-sableux, à nodules ferrugineux presque jointifs, durs, constitués d'un matériel ferruginisé où l'on reconnaît des structures pétrographiques, entourés d'une cuticule fine brun foncé lisse. C'est dans cet horizon, à porosité tubulaire et intersticielle bien développée, que l'on décèle une nappe perchée fugace lors des fortes séquences pluviales. Vers cinquante centimètres de profondeur, on passe avec une transition rapide de porosité (5 cm), plus progressive de couleur (15 cm) à l'horizon "argileux rouge" qui contient des lithoreliques ferruginisées, sans cuticule, adhérant à leur emballage, d'abord dures puis devenant plus tendres avec la profondeur. Au-dessous la teinte devient plus rouge, les lithoreliques sont meubles, de fines muscovites apparaissent, la texture s'allège : on passe à l'horizon rouge sériciteux. Des variantes existent qui concernent d'abord la couleur des horizons profonds. En effet en rive gauche (cf. coupe AB), l'horizon argileux et le sériciteux sont à réseau rouge sur fond jaune, variation analogue à celle observée sur le bassin B et pour laquelle on proposera la même interprétation. En second lieu, la présence de filons de pegmatite amène l'intercalation de sols à drainage bloqué analogues à ceux décrits sur le bassin I.

Les résultats analytiques (tableau 3) sont analogues, en particulier en ce qui concerne la texture, à ceux du sol à drainage bloqué du bassin B. On note d'amont en aval un appauvrissement général en argile qui correspond à la disparition de l'horizon argileux rouge compact.

x

x x

Le bassin J, dans sa partie développée sur schiste fin, correspond à une nouvelle étape caractérisée par la disparition aval des matériaux secs au toucher (courbe 13). Cette disparition s'effectue au sein d'un horizon analogue au magasin de nappe du bassin C, apparu sous l'horizon sériciteux réticulé. Cet horizon est blanc, à alignements lithofelictuels rouges indurés et auréolés d'ocre, sablo-argileux, à toucher onctueux en humide, à porosité visible tubulaire assez bien développée. Simultanément on observe une régression vers l'amont de l'horizon argileux rouge (courbe 7), qui est plus précocement recoupé par les horizons supérieurs, siège de la dynamique latérale de l'eau. Ainsi, l'horizon argileux rouge a disparu du col et n'existe plus que sur les deux tiers amont des

versants (en l'absence de pegmatite car il n'existe pas sur cette roche mère).

Ainsi constate-t-on que la partie sur pegmatite du bassin J est mixte avec un amont à drainage vertical, (très peu étendu il est vrai) passant rapidement à un sol à drainage vertical bloqué, tandis que la partie sur schistes fins du bassin correspond à un stade beaucoup plus avancé. Ceci s'explique par le fait que le basculement du drainage est ici beaucoup plus tardif sur pegmatite que sur schiste fin, ce qu'atteste la petite enclave de schiste fin située au sein du domaine à drainage vertical libre de ce bassin. Sur cette enclave en effet, les matériaux secs au toucher sont présents (courbe 5) à moins d'un mètre de profondeur et le drainage a déjà basculé alors qu'il est encore vertical sur la pegmatite environnante. La réciproque existe dans le bassin B où les matériaux secs au toucher, donc le blocage du drainage vertical, disparaissent sur les îlots de pegmatites, totalement (îlot axial) ou partiellement (îlot en bordure rive droite).

Grâce à la localisation exclusive des pegmatites à l'amont du versant rive gauche, le bassin J nous permet d'étudier le problème du colluvionnement sur sol à drainage bloqué avec des pentes fortes (30%). En effet les pegmatites sont source de graviers ($\phi > 2$ mm) quartzeux, totalement absents sur schiste fin, et qui peuvent servir, par leur présence sur ces derniers, d'indicateurs de colluvionnement. Tout d'abord, dans l'horizon argileux rouge et à fortiori dans le sériciteux, les graviers de quartz sont absents. Dans ces horizons, le contact schiste fin-pegmatite prolonge strictement le contact pétrographique, comme il a souvent, été observé dans des fosses : il y a là autochtonie totale. Au-dessus, dans les horizons humides, les graviers de quartz sont présents à l'aval de la pegmatite sur une certaine distance. Leur disparition est repérée par la courbe 15, à peu près parallèle à la limite aval de la pegmatite et distante de celle-ci de 20 à 26 m selon la ligne de plus grande pente. Ceci nous donne une idée de la portée du colluvionnement pour la fraction gravier et pour cette valeur de pente. Elle apparaît étonnamment faible en regard à la fois de la pente et de l'importance du ruissellement sur ces sols à drainage bloqué.

Sur l'autre versant du J, on peut faire une observation analogue pour le colluvionnement des nodules grâce à la situation inverse de la précédente : un filon de pegmatite dominé par des schistes fins. Les pegmatites ne présentent pas en effet, de structures pétrographiques ferruginisées suffisamment résistantes pour se maintenir jusque dans les horizons pédoplasmés et se transformer en nodules. Quand, exceptionnellement, des nodules ferrugineux sont présents, ils sont certes lithorelictuels mais figent des structures de schistes fins (alignements de fines muscovites) et sont donc allochtones. Tel est le cas des nodules présents sur les pegmatites en rive droite du "J". Plus précisément on observe que, sur ce versant, les nodules sont présents jusqu'en surface (à l'amont de la courbe 8) lorsque l'horizon rouge compact sous-jacent contient déjà à son sommet des lithoreliques ferruginisées indurées. Dès que celles-ci disparaissent, et sont remplacées par des lithoreliques "plus profondes", meubles, les nodules se localisent sous l'horizon humifère puis se raréfient ne formant plus en coupe qu'une mince concentration qui vient s'épuiser à la base des horizons à dynamique latérale. Si l'allochtonie, donc ici le colluvionnement, n'est certaine qu'à l'aplomb de la pegmatite, le quasi parallélisme entre la courbe 8 jalonnant la disparition des nodules en surface et la courbe 9 jalonnant la disparition complète des nodules, toutes deux

distantes de 20 à 25 m, suggère que l'ensemble des nodules situés à l'aval de la courbe 8 sont colluvionnés. Ce type de raisonnement est possible sur le bassin J grâce à un concours favorable de circonstances. On se gardera de toujours conclure à l'allochtonie des nodules quand ils sont absents en surface. En effet d'autres facteurs peuvent intervenir, en particulier des facteurs pétrographiques comme la plus ou moins grande abondance dans la roche mère de volumes susceptibles de se transformer en lithoreliques ferruginisées. On retiendra cependant que l'ordre de grandeur du colluvionnement des éléments grossiers, nodulaires ou quartzeux, sur sol à drainage vertical bloqué, est de 20 à 30 m.

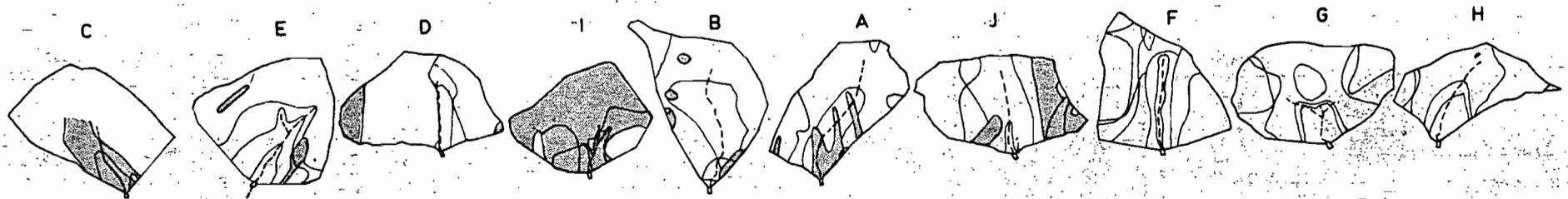
x

x x

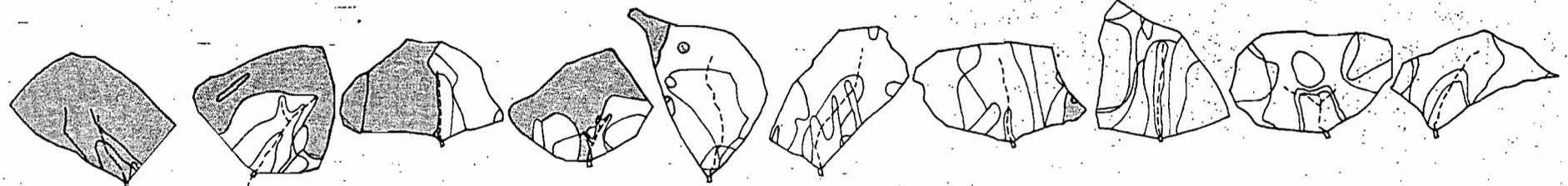
L'étape suivante est atteinte dans les bassins F, G, H, où non seulement les matériaux secs au toucher disparaissent à l'aval, mais où une nappe phréatique vient affleurer dans le thalweg en saison des pluies et participe ainsi à l'écoulement de surface du bassin. Cette nappe n'est probablement pas alimentée par le bassin lui-même puisque celui-ci est à drainage vertical bloqué. Même si ce blocage n'est pas total, la composante verticale du drainage susceptible de se maintenir à travers les horizons secs au toucher est, selon toute vraisemblance, très insuffisante pour alimenter une nappe phréatique qui donne lieu à un écoulement quasi permanent dans l'exutoire des bassins F, G, H en saison des pluies. Cet écoulement est faible car seule une mince couche de la nappe est interceptée, ce qui suppose un inféroflux important sous l'exutoire. L'alimentation de cette nappe est à rechercher dans les domaines à drainage vertical libre de la région, ces domaines se situant surtout dans les parties hautes. Notons enfin que la réapparition graduelle d'une nappe phréatique en bas de versants des bassins J, F, G, H ne peut être prise en compte dans le degré d'évolution de la couverture pédologique que parce que la surface des bassins est peu variable, ayant été choisie autour de 1 ha. En effet, si l'on avait placé l'exutoire du bassin A quelques dizaines de mètres plus à l'aval, la nappe phréatique générale aurait influencé la partie basse du bassin mais la surface de ce dernier eût été naturellement plus grande.

Si en F l'horizon argileux rouge a peu régressé à partir de l'aval par rapport au bassin J⁽¹⁾, on constate sur la rive droite,

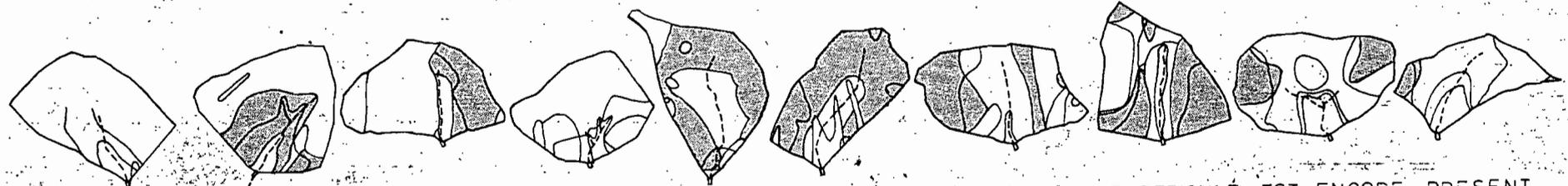
(1) Une réserve s'impose toutefois à ce sujet. Le bassin F fait partie des premières couvertures sur socle cartographiées selon la méthode analytique présentée précédemment. Il semble à posteriori que les critères permettant de distinguer l'horizon argileux rouge et l'horizon rouge sériciteux n'étaient pas assez précisément définis à cette époque. Il est donc possible que la courbe 7 qui jalonne la disparition de l'horizon argileux rouge ait été placée trop à l'aval. Le bassin F étant, par chance, un bassin témoin, nous pourrions en reprendre ultérieurement la cartographie.



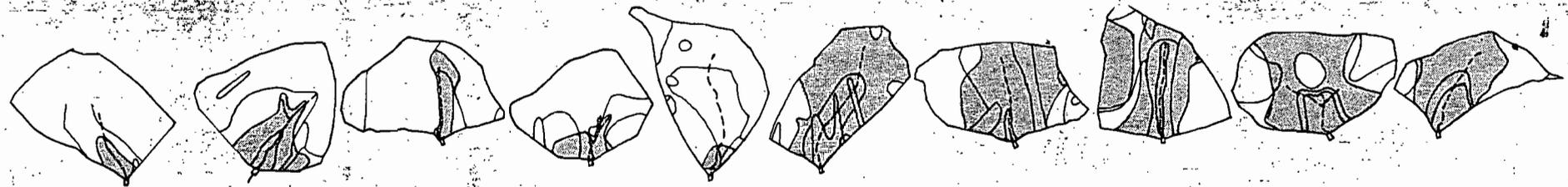
REPARTITION DES PEGMATITES



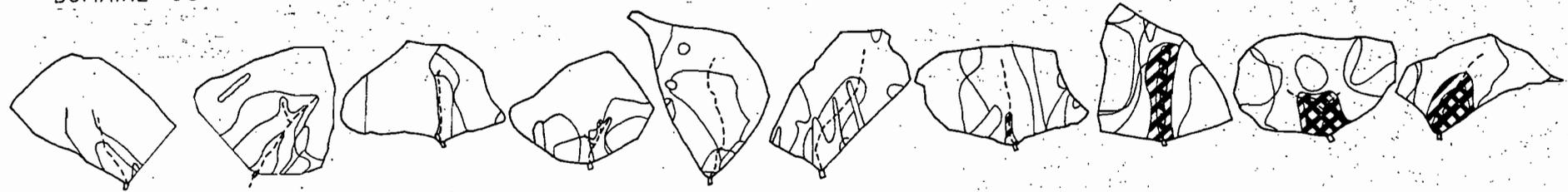
DOMAINES A DRAINAGE VERTICAL LIBRE



DOMAINES A DRAINAGE VERTICAL BLOQUE OU L'HORIZON ARGILEUX ROUGE OU SON EQUIVALENT RETICULE EST ENCORE PRESENT (ces horizons sont absents sur pegmatite)



DOMAINE OU L'HORIZON HUMIFERE EST FORTEMENT MARQUE PAR L'HYDROMORPHIE



-  Domaine aval où les matériaux secs au toucher ont disparu.
-  Domaine aval où, en saison des pluies, le sol est affecté par une nappe jusqu'en surface.

100m

	ECG 1					ECG 3					ECG 5					
	0 5	5 20	50 60	90 100	200 210	0 5	5 20	50 60	90 100	200 210	0 5	5 20	50 60	90 90	140 150	
Profondeur cm																
Refus %	11	58	20	9	6	2	8	5	4	3	1	2	17	19	32	
Texture %	Argile	24,0	23,1	50,3	45,5	31,6	16,9	19,3	36,9	34,8	24,0	14,3	14,3	21,5	25,0	21,8
	Limon fin	4,1	5,5	8,1	18,4	23,3	5,2	5,0	13,6	23,7	26,9	2,7	4,2	6,8	12,2	18,9
	Limon grossier	4,1	4,6	4,6	4,6	5,0	4,4	4,5	5,0	6,3	7,7	4,0	5,5	4,8	4,6	4,6
	Sable fin	33,3	30,3	20,0	13,0	16,8	38,4	37,7	24,6	14,1	24,2	40,1	42,0	39,7	33,7	28,3
	Sable grossier	26,8	32,7	16,6	19,0	24,0	31,9	31,0	19,1	21,3	17,4	35,2	32,1	26,3	24,1	26,5
Matière organique	Carbone ‰	45,0	26,2	5,6			22,2	15,0	4,7			24,3	11,4	2,97		
	Azote ‰	2,6	1,3	0,5			1,6	1,2	0,4			1,5	0,8	0,22		
	M. org. %	7,8	4,5	1,0			3,8	2,6	0,8			4,2	2,0	0,5		
	C/N	17,2	14,7	12,4			13,8	13,1	11,1			15,8	13,6	10,6		
pH eau																
Complexe absorbant	Ca	0,10	0,07			0,01	0,09	0,05	0,04		0,03	0,13	0,08	0,02		0,02
	Mg	0,62	0,19			0,02	0,30	0,21	0,24		0,11	0,34	0,11	0,05		0,06
	K	0,13	0,07			0,01	0,09	0,04	0,04		0,01	0,09	0,05	0,02		0,02
	Na	0,12	0,09			0,03	0,07	0,06	0,08		0,03	0,06	0,04	0,05		0,03
	S	0,97	0,43			0,07	0,55	0,36	0,40		0,18	0,62	0,28	0,14		0,13
	T	10,7	5,55			1,75	4,1	2,7	2,75		7,1	4,15	2,00	1,75		2,25
	S/T %	9,1	7,6			4,0	13,4	13,3	14,6		2,5	14,9	14	8		5,8
Phosphore total	0,19	0,13				0,35	0,21				0,1	0,09				
Fer total																

TABLEAU 4: RESULTATS ANALYTIQUES DE TROIS PROFILS DU BASSIN G. HAUT, MI ET BAS DE PENTE.

une disparition à partir de l'amont de ce même horizon qui ne subsiste qu'en flots (courbe 7). Ce phénomène s'accompagne du développement, sur le sommet d'interfluve et surtout sur le replat sommital, de l'horizon u (cf. légende fig. 3 et 4) où s'installe, en saison des pluies, une nappe perchée à écoulement latéral lent, voire nul sur le replat sommital. Cet horizon est également caractérisé par la présence de concrétions à épais cortex brun enrobant un volume ferrugineux lithorelictuel ou un quartz. Ce concrétionnement est maximum sur le replat sommital (courbe 11), ce qui permet de l'attribuer à une mobilisation du fer avec des possibilités d'exportation limitées (confinement partiel pour le fer). Cet horizon se développe aux dépens de l'horizon sous-jacent sec au toucher qui est actuellement l'horizon rouge sériciteux, l'horizon argileux rouge ayant disparu. On observe un phénomène analogue sur le bassin G.

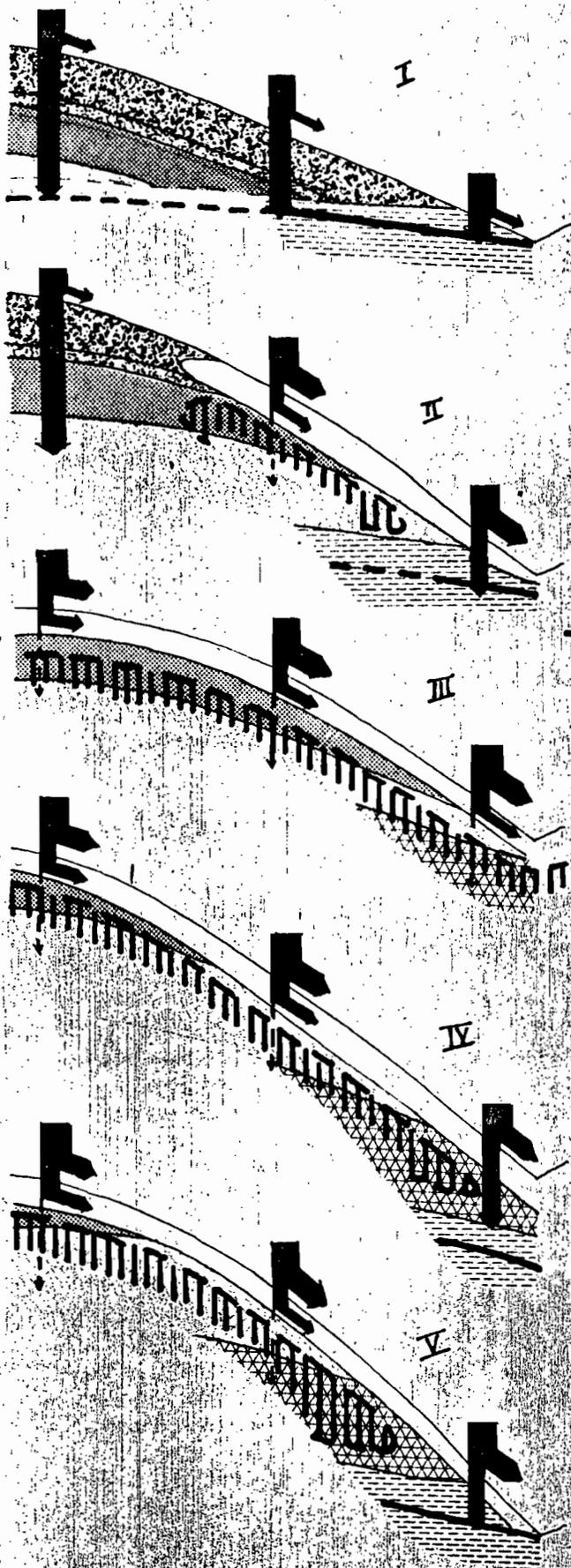
La régression vers l'amont de l'horizon argileux rouge s'accroît par contre dans le bassin G pour aboutir à une quasi disparition en H (courbe 7). Cette régression est accompagnée par celle de l'horizon rouge sériciteux (courbe 12) qui découvre ainsi l'horizon sériciteux réticulé sous-jacent.

Les résultats analytiques du tableau 4 montrent l'analogie entre les sols amont des bassins A et G tous deux à drainage vertical bloqué et horizon argileux rouge présent. La disparition de l'horizon argileux rouge dans le profil G 3 s'accompagne d'un maximum d'argile plus faible (37% contre 50%) et d'une augmentation des limons fins plus superficielle, ce qui signifie qu'en descendant la pente on se rapproche du matériau d'altération.

C - VUE D'ENSEMBLE SUR LES COUVERTURES PEDOLOGIQUES DES BASSINS. RELATIONS GENETIQUES ET DYNAMIQUES

Après avoir passé en revue chacun des bassins en analysant aussi bien ses caractères majeurs que ses particularités, il convient de faire ressortir la signification du classement naturel des couvertures pédologiques des bassins basé sur la variation ordonnée, d'un bassin à l'autre, des assemblages de volumes ou d'horizons qui les constituent. Cette variation est présentée en plan sur la figure 6 où l'on voit successivement disparaître les domaines à drainage vertical libre puis l'horizon argileux rouge, réapparaître in fine l'influence d'une nappe phréatique aval malgré l'imperméabilité de la majeure partie du bassin. L'hydromorphie de surface, si elle s'étend du bassin C au bassin H montre des fluctuations que l'on peut attribuer à des facteurs complémentaires au type de drainage tels que la pente (bassin A).

A l'aide de schémas tirés des très nombreuses coupes réalisées lors du lever des cartes, on peut établir l'organisation simplifiée de chaque groupe de bassins ainsi que la dynamique de l'eau correspondante. La succession des schémas (fig. 7) apparaît alors comme une séquence évolutive retraçant les transformations successives d'une couverture initiale. Celle-ci, intacte (ou insuffisamment transformée pour que sa dynamique de l'eau soit modifiée) en I, présente partout un drainage vertical libre. Le ruissellement est faible. Une nappe fluctue à l'aval. En II, l'amincissement de l'ensemble supérieur microagrégé provoque le basculement du drainage avec fort ruissellement et circulation latérale au-dessus d'un volume sec au toucher pas ou peu affecté par la dynamique de l'eau.



-  Horizon poreux à micro-agrégats
-  Horizon de transition
-  Horizon "argileux rouge"
-  Horizon "rouge sericiteux"
-  Horizon "sericiteux réticulé"
-  Magasin de nappe
-  Horizon à dynamique de l'eau latérale
-  Matériau "sec au toucher"
-  toit de la nappe
-  cheminement de l'eau

Fig 7. Schéma des différents stades d'évolution des couvertures pédologiques sur schistes Banidoro.

Une nappe peut ou non être observée à l'aval. En III, le blocage du drainage est généralisé de la ligne de partage des eaux au thalweg. En IV, puis en V, la poursuite de l'enfoncement de la surface topographique et des horizons fonctionnels dans la couverture initiale font progressivement disparaître l'horizon argileux rouge tandis que le thalweg atteint le magasin de nappe général.

Des variantes viennent bien sûr se greffer sur ce schéma minimum. Leur inventaire se poursuit à l'occasion de la cartographie synthétique. Les principales variantes actuellement connues sont :

- La présence dans le matériau d'altération de filons gréseux résistants donnant au sol une charpente caillouteuse qui maintient une dynamique de l'eau verticale ou retarde le basculement du drainage (bassin D).
- Une texture plus grossière et plus sableuse du schiste, telle que seul l'horizon argileux rouge acquiert un comportement imperméable lors du basculement du drainage. Une dynamique de l'eau verticale peut alors se rétablir (bassin B).
- L'apparition aux stades IV ou V, sur les replats sommitaux d'horizons à concrétions ferrugineuses trahissant un confinement partiel du fer (bassins F et G).
- En dehors des bassins et sur pegmatite seulement, évolution aval vers la podzolisation avec décoloration des horizons sableux supérieurs et accumulation organo-ferrugineuse à leur base.

Il est dès lors possible de caractériser globalement la couverture pédologique d'un bassin versant ou d'un interfluve élémentaires de façon très précise, tant dans son organisation que dans sa dynamique, en indiquant seulement son stade d'évolution, que celui-ci corresponde à un stade de la séquence ou qu'il soit intermédiaire entre deux de ces stades. On dispose ainsi d'un outil de cartographie synthétique rapide par identification du stade d'évolution de la couverture pédologique grâce aux critères de reconnaissance établis à partir des cartes analytiques. Une telle cartographie permet d'extrapoler les résultats hydrologiques, agronomiques ou autres obtenus sur les bassins versants ou sur tout autre site expérimental de la même région naturelle.

V - APERÇU SUR LES RELATIONS ENTRE LES DONNÉES PÉDOLOGIQUES ET CELLES D'AUTRES DISCIPLINES

Les résultats disponibles des travaux centrés sur ECEREX des autres disciplines sont rassemblés dans les bulletins de liaison 1981 (n° 3 et 4). Un certain nombre de relations entre l'organisation de la couverture pédologique, son comportement hydrologique au niveau de parcelles ou des bassins eux-mêmes, la couverture forestière qu'elle porte, sont maintenant bien établies. On récapitulera sommairement les principales d'entre elles tirées des articles correspondants.

x

x x

Les parcelles de ruissellement et d'érosion (J.M. SARRAILH dans ce même bulletin) confirment et précisent les données sur la dynamique de l'eau déduites des données morphologiques et des mesures ponctuelles (HUMBEL, 1978). Sous forêt, le ruissellement est très faible (maximum mensuel 2% - ruissellement annuel 0,6 à 1,4%) sur sol à drainage vertical libre, l'infiltration est donc presque totale malgré une pente de 18%. Sur couverture à drainage vertical bloqué (stade III) deux parcelles parallèles ont été installées, l'une n'inclut que le haut de pente, l'autre, quatre fois plus longue, inclut le sommet et la majeure partie de la pente. Les résultats sur deux ans (J.M. SARRAILH) montrent que le ruissellement sur versant complet est élevé (maximum mensuel 30%, 15 à 22% de la pluie annuelle étant ruisselé). Le ruissellement se déclenche pour des pluies faibles et augmente rapidement avec la hauteur d'eau. La parcelle sommitale a un comportement intermédiaire entre celle sur sol à drainage vertical et celle englobant la majeure partie du versant, quoique beaucoup plus proche de la seconde (maximum mensuel 22% - ruissellement annuel 10%). Des tests d'infiltration (méthode HUMBEL, 1978) effectués sur l'ensemble des bassins et à côté des parcelles de ruissellement mettent en évidence une perméabilité de surface très élevée sur sol à drainage vertical libre, élevée sur la partie sommitale mais diminuant rapidement sur la pente dans le cas des couvertures à drainage vertical bloqué. On pense actuellement que cette différenciation des perméabilités de surface sur les couvertures à drainage vertical bloqué est due au ruissellement lui-même. En effet, le ruissellement se cumule sur la pente et augmente en fréquence et intensité vers l'aval. Il est alors susceptible d'induire, par redistribution de particules fines, une diminution de la porosité de surface que ne pourrait contrebalancer l'activité biologique créatrice de pores. Ainsi le bilan serait-il au bénéfice de cette dernière sur les amonts, où la fréquence du ruissellement et, sauf pour les précipitations les plus fortes, son intensité, sont plus faibles, ce qui maintiendrait une bonne perméabilité de surface, tandis que ce bilan s'inverserait progressivement sur la pente. L'étude morphologique fine du phénomène reste à faire.

La dynamique de l'eau des couvertures à drainage vertical bloqué est éclairée par ces résultats. En effet, à l'amont, l'infiltration prédomine sur le ruissellement tant que l'eau de pluie est acceptée par le réservoir constitué par les horizons poreux et perméables surmontant les horizons secs au toucher. Lorsque ce réservoir est virtuellement⁽¹⁾ rempli et que son débit latéral est dépassé, le surplus d'eau ruisselle, ce qui explique la rapide montée du ruissellement une fois ce seuil franchi.

Sur la pente par contre, la perméabilité de surface est faible et le ruissellement se déclenche pour un seuil de précipita-

(1) Ce remplissage est virtuel car il ne s'agit vraisemblablement pas d'une saturation.

tion plus faible que celui de l'amont ; il augmente rapidement avec l'importance de la pluie et sans doute son intensité.

x

x x

Les résultats obtenus sur les bassins versants caractérisent un plus vaste fragment de la couverture pédologique, le changement de surface par rapport aux parcelles étant de l'ordre de 1 à 100. De ce fait la complexité des portions de couverture pédologique impliquées est beaucoup plus grande. Cette complexité se trouve toutefois éclairée et ordonnée par les résultats précédemment exposés et en particulier par la séquence évolutive (fig. 7) et la possibilité de classer les bassins versants par stade d'évolution.

Les résultats hydrologiques des années 1977 et 1978 ont été étudiés par M.A. ROCHE (à paraître). Ils concernent 8 bassins sur 10 et montrent entre autres que les bassins concernés se classent strictement en fonction de leur stade d'évolution pour ce qui concerne l'écoulement total, le ruissellement et l'érosion.

A partir de 1979, les 10 bassins ont fonctionné (cf. J.M. FRITSCH dans ce même bulletin) et l'on constate entre autre (Tableau 5) un parallélisme entre le classement des bassins par écoulement annuel croissant et celui par degré d'évolution de la couverture pédologique. Ainsi que l'a déjà souligné M.A. ROCHE, le type de drainage de la couverture pédologique apparaît comme prépondérant par rapport aux autres facteurs tels que la pente.

TABLEAU 5

N°	Bassin	Coefficient d'écoulement annuel en 1979 (%)	Surface à drainage vertical en %	Participation de la nappe phréatique à l'écoulement	Stade d'évolution de la couverture pédologique du bassin
		Ke	Dv		
1	C	11*	99	Oui	I
2	I	15	60	Non	II
3	E	15	57	Non	II
4	D	16	60	Non	II
5	B	20*	10	Non	entre II et III
6	A	22*	0	Non	III
7	J	31	2	Non	II + IV**
8	G	49	0	Oui	V
9	F	52	0	Oui	V
10	H	57	0	Oui	V

* Valeurs reconstituées par corrélation à partir du bassin témoin B. Les intervalles de confiance à 90% sont 7-17% pour C et 18-27% pour A.

** Le bassin J est au stade II pour la partie sur pegmatite, au stade IV pour la partie sur schiste fin. cf. § IV.B.

Ceci est dû à ce que les deux principaux types de drainage sont extrêmement différents et même à l'opposé l'un de l'autre. Pour quantifier cette observation on rappellera (cf. J.M. FRITSCH) que, si l'on considère les 6 premiers bassins pour lesquels le type de drainage constitue le facteur explicatif de premier ordre, les coefficients d'écoulement K_e et les surfaces à drainage vertical libre sont liés par une régression linéaire avec un coefficient de corrélation de $-0,99$. Quant aux bassins dont la couverture pédologique est au stade V, il faut considérer que les eaux de surface qui transitent par ces stations de mesure proviennent du ruissellement pur et retardé comme pour les bassins précédents, mais comportent également une participation des eaux de la nappe qui est interceptée par suite de l'enfoncement de la couverture fonctionnelle et de la topographie dans la couverture initiale. Cet enfoncement constitue un second paramètre explicatif du rendement hydrologique mais ne peut être quantifié actuellement.

Les résultats des études botaniques sont exposés en détail dans le bulletin de liaison n° 3. On se contentera de rappeler que d'une part une relation apparaît entre le type de drainage du sol et le diamètre des arbres mais qu'elle nécessitera d'être confirmée sur de plus grandes surfaces. Il ressort toutefois que les arbres de plus de 90 cm de diamètre à hauteur de poitrine sont trois fois plus nombreux sur sol à drainage vertical libre que sur sol à drainage vertical bloqué. Ceci confirme un critère de prospection établi depuis plusieurs années, qui consiste à faire un tour d'horizon et à compter les gros arbres (diamètre supérieur à environ 70 cm) ; lorsqu'on en compte plus de 4 ou 5 on est presque assuré de se trouver sur sol à drainage vertical libre. La réciproque n'est pas toujours vérifiée car, comme le souligne J.P. LESCURE, l'histoire de la forêt intervient beaucoup dans son architecture et la faible fréquence des gros individus peut être due à des avatars comme les chablis. D'autre part, certaines espèces sont significativement plus fréquentes sur l'un ou l'autre type de drainage, mais là encore ces données devront être affinées sur de plus grandes surfaces.

BIBLIOGRAPHIE

- BARRUOL J., 1959 - Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guyane. Feuillè de Kourou et notice explicative. Imprimerie Nationale, 17 p.
- BLANCANEAUX, Ph., 1973 - Notes de pédologie guyanaise. Les Djougoung-Pété du bassin versant expérimental de la crique Grégoire (Sinnamary - Guyane française). Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. Vol. XI, n° 1, p. 29-42.
- BOULET R., 1977 - Aperçu sur le milieu pédologique guyanais. Caractères originaux et conséquences sur la mise en valeur. Rapport ORSTOM, Cote P. 150, 36 p.
- BOULET R., FRITSCH E., HUMBEL F.X., 1978 - Méthode d'étude et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane française. Rapport ORSTOM, Cote P. 177, 24 p.
- BOULET R., BRUGIERE J.M., HUMBEL F.X., 1979 - Relation entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale. Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. Sc. du Sol, n° 1, p. 3-18.
- CHAUVEL A., 1978 - Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Travaux et documents de l'ORSTOM. 532 p.
- FRITSCH E., 1977 - Organisation d'une toposéquence de sols sur schiste Bonidoro de Guyane française (piste de Saint-Elie). Etude morphologique. Rapport ORSTOM, Cote P. 174, 72 p.
- FRITSCH E., 1979 - Etude des organisations pédologiques et représentation cartographique détaillée de quatre bassins versants expérimentaux sur schiste Bonidoro de Guyane française (piste de Saint-Elie). Rapport ORSTOM, Cote P. 183, 30 p. - 4 cartes (bassins A, C, E, F).
- FRITSCH J.M., 1980 - Les bassins versants ECEREX. Premiers résultats de l'année 1979. ORSTOM Cayenne, 28 p. multigr. - Mai 1980.
- HUMBEL F.X., 1978 - Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. Sc. du Sol, n° 2, p. 83-94.
- MAZEAS J.P., 1961 - Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guyane. Feuille d'Iracoubo et notice explicative. Imprimerie Nationale. 21 p.
- ROCHE M.A. (à paraître) - Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier tropical humide à ECEREX en Guyane. 56 p.

ECOULEMENT ET EROSION SUR LES
BASSINS VERSANTS ECEREX EN 1979

par

J.M. FRITSCH

ORSTOM CAYENNE
Section Hydrologie

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 15928, ex 2

Cote : A

ÉCOULEMENT ET ÉROSION SUR LES BASSINS VERSANTS ECEREX EN 1979

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du programme ECEREX, destiné à caractériser l'écosystème forestier guyanais, puis à définir les possibilités d'exploitation et d'aménagement de celui-ci, les études hydrologiques à la charge de l'ORSTOM consistent à assurer l'observation des paramètres liés au cycle de l'eau : précipitations, écoulements, de toutes natures, érosion mécanique et géochimique. L'interprétation des résultats doit permettre d'établir des relations entre ces paramètres hydrologiques et les facteurs conditionnels de l'écoulement du biotope naturel ou de l'espace aménagé tels que couvert végétal, comportements hydrodynamiques des sols, techniques de déforestation, types d'aménagements agricoles.

L'opération hydrologique a commencé en 1976 sous l'impulsion de M.A. ROCHE avec la mise en service progressive de bassins versants drainant chacun 1 ha environ. Avec les bassins I et J installés en décembre 1978, les observations de l'année 1979 ont été faites sur le dispositif complet et définitif de 10 bassins.

Deux bassins (A et C) ont été déforestés puis défrichés en octobre et novembre 1978. Le bassin A a été aménagé en pâturage et le bassin C en verger de pamplemousses au cours de l'année 1979. Les autres bassins conservaient leur couvert forestier originel.

Le propos de cet article est la présentation et le commentaire des données d'écoulement global et d'érosion de l'année 1979, à l'échelle mensuelle sur l'ensemble des bassins.

2. LA PLUVIOMETRIE

2.1 PLUVIOMETRIE SUR LES BASSINS

La pluie est mesurée sur chacun des 10 bassins au moyen d'un pluviographe à augets basculeurs. La pluviométrie de la zone de l'étude présente la répartition mensuelle suivante (Tableau I) :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
257	92	603	664	355	323	313	199	64	17	110	284	3282

TABLEAU I : Pluviométrie moyenne en millimètres sur les 10 bassins versants Ecérex en 1979.

Le tableau de répartition des pluies journalières par tranches de hauteurs (Tableau II) comporte toutes les caractéristiques "normales" et bien connues par ailleurs du régime pluviométrique guyanais, à savoir l'occurrence des pluies journalières les plus abondantes pendant les mois les plus arrosés (mars à juillet) due à l'instabilité de la Zone Intertropicale de Convergence qui stationne normalement sur la Guyane pendant cette période.

Les pluies associées à ce type de temps, présentent des intensités médiocres et une grande homogénéité dans l'espace et c'est bien ainsi que se caractérise la pluie du 31/3, plus forte valeur annuelle, avec un maximum de 139 mm (B.V. I) et un minimum de 124 mm (B.V. H) enregistrés au long des quelques 10 km du dispositif d'observation. Sur le bassin J, l'intensité maximum atteint tout juste 30 millimètres en 1 heure avec une pointe modeste à 72 mm/h pendant 5 minutes.

En prologue à la saison sèche, des événements orageux accompagnés d'averses intenses mais localisées peuvent se produire en dehors des grands mouvements des masses d'air. C'est le cas de l'évènement du 22 août qui présente des maximum et minimum de 84 mm en I et de 50 mm en F, soit une hétérogénéité beaucoup plus grande que la pluie de convergence décrite précédemment. L'intensité maximum en 5 minutes est de 130 mm/h et constitue le maximum de cette année 1979. Ces précipitations d'origine convectives sont brèves, puisque l'intensité de cette même pluie n'est plus que de 27 millimètres en 1 heure.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
0	8	8	6	4	5	2	4	10	18	25	17	7	114
0-09.9	13	17	12	10	14	18	16	15	9	6	8	12	150
10-19.9	5	2	5	4	7	3	5	3	3		3	6	46
20-19.9	2	1	2	3	2	2	4	2			1	4	23
30-39.9	3		1	4	-	3	-	-			1	1	13
40-49.9			1	1	1	2	1	-				-	6
50-59.9			-	1	1		-	-				-	2
60-69.9			1	1	-		1	-				1	4
70-79.9			1	1	1			-					3
80-89.9			-	-				1					1
90-99.9			1	-									1
100			1*	1+									2

(*) 134 mm - (+) 103 mm

TABLEAU II - Répartition des pluies journalières par tranches de 10 millimètres au bassin A en 1979.

2.2 PLUVIOMETRIE AUX STATIONS LONGUE DUREE

Il est important de replacer, même sommairement, les caractéristiques pluviométriques de l'année 1979, par rapport à celles de l'année moyenne, ce qui suppose la comparaison avec des stations pluviométriques observées durant une longue période.

Il existe 2 stations pluviométriques exploitées par la Météorologie Nationale pouvant servir de référence

- SINNAMARY (1959 - 1979), située à quelques 25 km des bassins. C'est une station côtière pour le régime et le total précipité (2702 mm).
- ROCHAMBEAU (1956 - 1975), situé à plus de 100 km au S.E. mais à 15 km de la mer présente, néanmoins un régime et un pluviométrie annuelle (3681 mm) plus proche de celle des bassins.

La distance à la mer, de l'ordre de 15 km explique cette similitude,

SINHAMARY

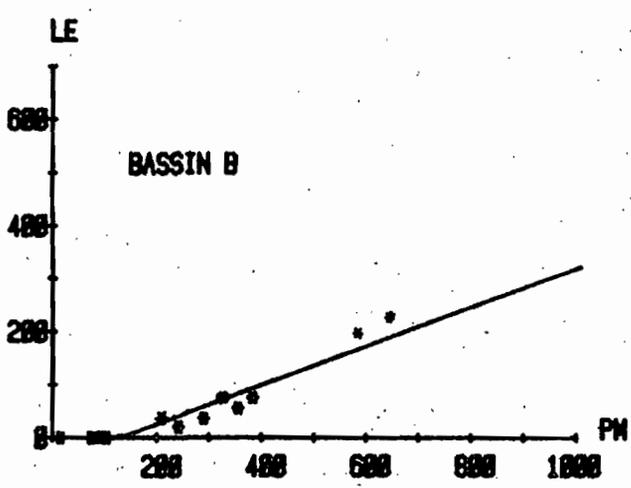
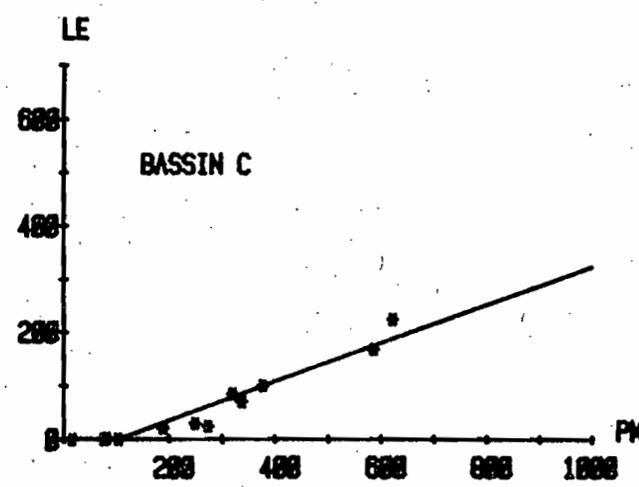
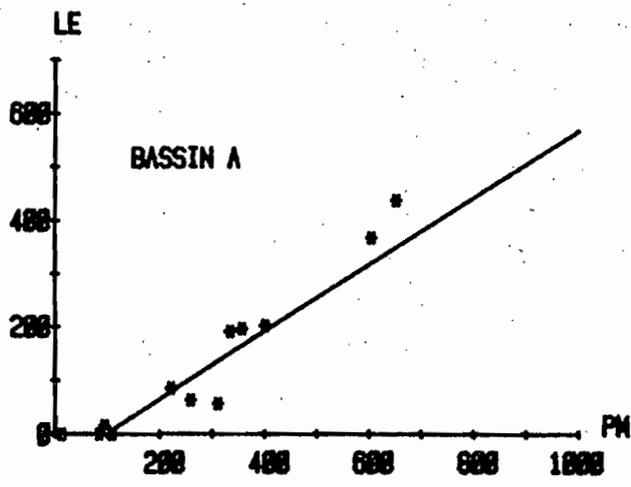
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne 1959/79 (mm)	290	222	247	320	460	392	202	81	42	66	110	270	2702
Pluviométrie 1979 (mm)	193	38	398	517	265	335	264	138	27	27	133	210	2546
Pluviosité 1979	0,67	0,17	1,62	1,62	0,58	0,85	1,31	1,70	0,64	0,41	1,21	0,78	0,94

ROCHAMBEAU

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne 1956/79 mm	412	346	402	410	581	466	263	161	72	71	153	344	3681
Pluviométrie 1979 (mm)	290	166	678	549	403	303	438	122	121	36	107	367	3580
Pluviosité	0,70	0,48	1,69	1,34	0,69	0,65	1,67	0,76	1,68	0,51	0,70	1,07	0,97

TABLEAU III : Pluviométrie mensuelle et annuelle aux stations de référence.

Le tableau III présente les moyennes de ces deux stations établies sur 21 ans ainsi que les pluviosités mensuelles et annuelles, rapports de la pluie de l'année considérée à la moyenne longue-durée.



**BASSINS VERSANTS ECEREX
ANNEE 1979**

PLUVIOMETRIE ET ECOULEMENTS MENSUELS EN MILLIMETRES
DROITES DE CORRELATION LINEAIRE

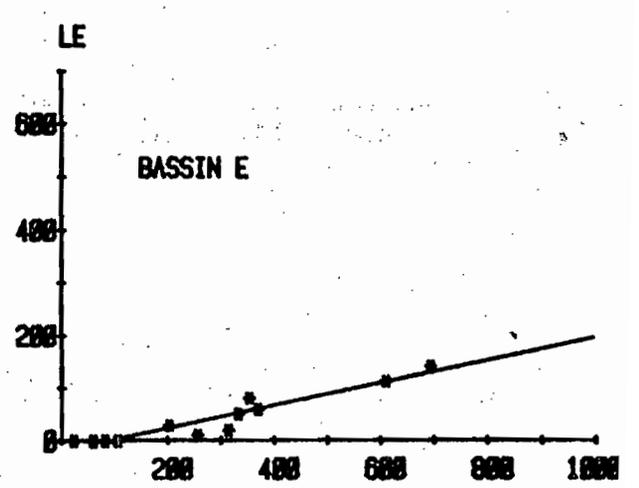
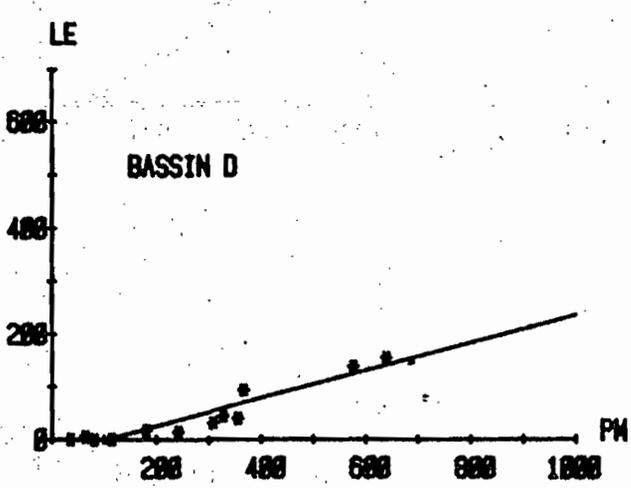
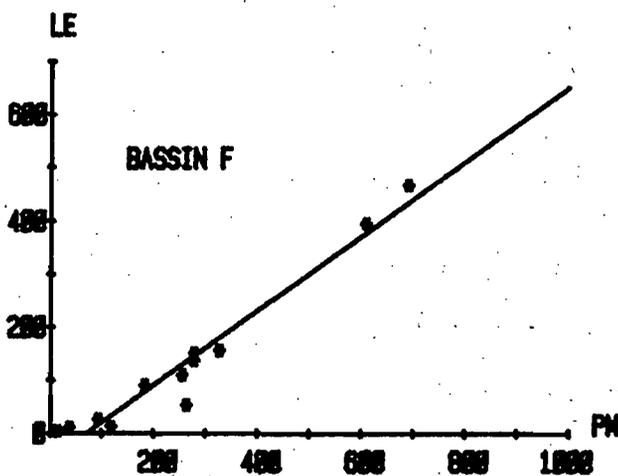
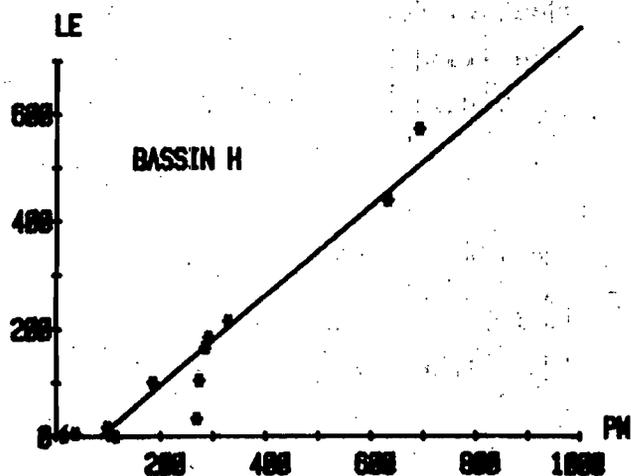
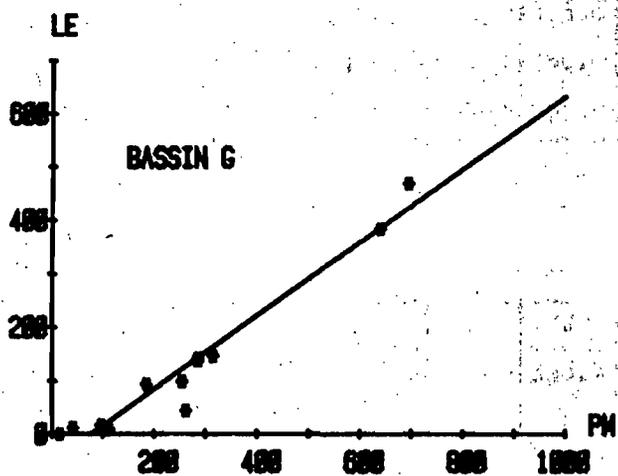


Fig. : 1



BASSINS VERSANTS ECEREX ANNEE 1979

PLUVIOMETRIE ET ECOULEMENTS MENSUELS EN MILLIMETRES

DROITES DE CORRELATION LINEAIRE

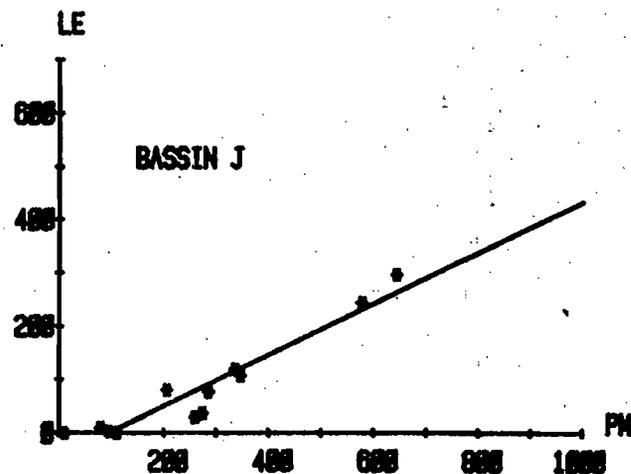
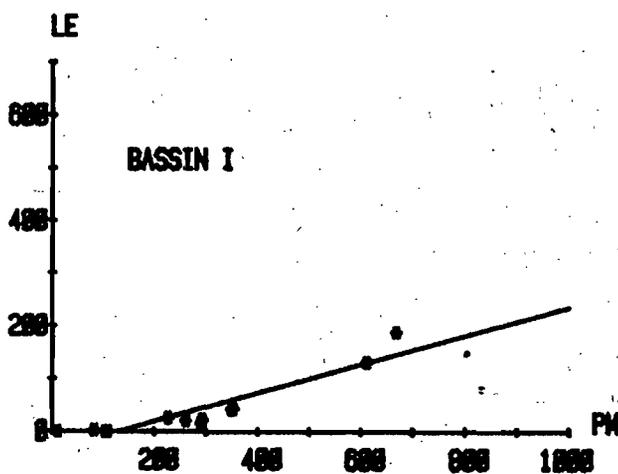


Fig. : 2

BASSIN A

S = 1.29 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	260.0	95.3	604.8	652.2	401.0	356.6	334.0	221.5	84.5	12.5	109.0	311.5	3442.9
Le	62.9	15.8	367.6	438.2	201.7	196.0	190.8	85.4	.80	0	0	56.1	1615.3
Ke%	24.2	16.5	60.8	67.2	50.3	55.0	57.1	38.5	.95	0	0	18.0	47

BASSIN B

S = 1.62 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	242.0	91.0	581.3	641.8	383.3	335.2	327.5	208.5	73.5	15.5	103.7	290.1	3293.4
Le	17.1	.74	188.6	227.3	64.0	47.7	65.2	30.8	0	0	0	30.6	672.1
Ke%	7.1	.81	32.4	35.4	16.7	14.2	19.9	14.8	0	0	0	10.6	20.4

BASSIN C

S = 1.61 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	249.5	82.0	585.4	622.1	376.8	336.9	320.0	188.5	76.1	16.5	104.0	273.5	3231.3
Le	29.3	1.8	168.1	225.5	99.9	70.1	84.6	20.6	0	0	0	24.8	724.7
Ke%	11.7	2.2	28.7	36.2	26.5	20.8	26.4	10.9	0	0	0	9.1	22.4

BASSIN D

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	242.5	81.6	577.0	640.4	355.9	328.0	367.3	180.5	64.7	35.6	114.5	309.1	3297.1
Le	13.8	0	138.3	155.2	39.2	43.6	92.7	17.5	5.5	0	0	31.1	536.9
Ke%	5.7	0	24.0	24.2	11.0	13.3	25.3	9.7	8.5	0	0	10.1	16.3

BASSIN E

S = 1.55 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	256.5	82.5	610.5	694.2	369.8	332.6	353.6	203.0	60.0	23.3	106.5	314.6	3407.1
Le	9.3	0.31	111.7	141.0	58.7	50.0	80.0	27.8	0	0	0	18.1	496.9
Ke%	3.6	0.38	18.3	20.3	15.9	15.0	22.6	13.7	0	0	0	5.8	14.6

TABLEAU IV : Pluies, Lâmes Ecoulées et Coefficients d'Écoulements Mensuels sur les bassins versants ECERREX en 1979. (valeurs en millimètres).

BASSIN F

S = 1.41 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	255.5	93.0	609.7	691.0	327.2	278.8	277.5	183.0	37.5	14.0	118.0	264.2	3149.4
Le	110.6	26.9	395.3	467.1	157.0	151.9	138.5	91.4	11.4	4.9	13.1	54.0	1622.1
Kc%	43.3	29.0	64.8	67.6	48.0	54.5	49.9	50.0	30.4	35.3	11.1	20.4	51.5

BASSIN G

S = 1.51 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	254.5	96.5	639.2	694.1	314.6	285.0	285.9	185.4	41.0	15.0	111.7	261.5	3184.0
Le	98.6	16.5	383.0	468.5	146.1	137.5	141.5	93.6	11.8	0	8.9	44.7	1550.7
Kc%	38.7	17.4	59.9	67.5	46.4	48.2	49.6	50.5	28.9	0	8.0	17.1	48.7

BASSIN H

S = 1.00 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	274.0	98.5	631.1	691.7	329.2	291.4	284.6	185.4	36.5	15.0	113.6	269.0	3220.0
Le	104.2	16.2	439.3	572.8	215.3	184.8	165.3	100.2	5.96	0	0	33.2	1837.3
Kc%	38.0	16.5	69.6	82.8	65.4	63.4	58.1	54.0	16.3	0	0	12.4	57.1

BASSIN I

S = 1.14 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	261.5	104.5	611.1	668.3	350.5	353.8	293.8	226.8	83.0	11.0	109.8	290.7	3364.8
Le	20.4	0	130.2	187.6	41.8	42.8	23.3	25.4	2.50	0	0	13.9	487.9
Kc%	7.8	0	21.3	28.1	11.9	12.0	7.9	11.2	3.01	0	0	4.77	14.5

BASSIN J

S = 1.38 ha

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
P	274.5	95.0	578.4	644.2	346.6	336.5	285.9	206.6	79.3	10.5	111.5	260.2	3229.2
Le	36.3	2.63	242.6	294.9	106.9	119.1	76.5	80.0	9.6	0	0	28.7	997.2
Kc%	13.2	2.8	41.9	45.8	30.9	35.4	26.7	38.7	12.1	0	0	11.0	30.9

TABLEAU V : Pluies, Lames Ecoulees et Coefficients d'Ecoulement Mensuels sur les bassins versants ECEREX en 1979. (valeurs en millimètres).

2.3 CARACTERISATION SOMMAIRE DE L'ANNEE 1979

Les totaux annuels à Sinnamary et à Rochambeau correspondent à l'année 1979 une pluviosité très légèrement inférieure à la moyenne (0,94 et 0,97). L'examen des coefficients mensuels indique cependant une répartition plus contrastée que la normale au bénéfice de quelques mois très pluvieux (mars, avril, juillet). De plus, cette saison des pluies concentrée comporte 2 jours de plus de 100 mm avec des maximums ponctuels de 139 mm au bassin versant I le 31/3 et de 125 mm au bassin versant E le 13/4. A titre de comparaison, en 9 années d'observations pluviométriques à la Crique Grégoire le chiffre de 100 mm a été dépassé 11 fois seulement (soit 1,2 fois par an).

Néanmoins ces 2 journées, comme toutes celles de l'année 1979, ne comportent pas d'évènements remarquables à l'échelle de l'averse. Au bassin A le pluviographe a enregistré un maximum de 38 mm en 1 heure (28 - 02) alors que le chiffre de 53 mm/h correspond à l'intensité horaire de fréquence biennale au bassin versant de la Crique Grégoire (poste 6).

3. LES ECOULEMENTS

Les débits et volumes mesurés à la sortie des déversoirs de chaque bassin et présentés ici intègrent l'écoulement superficiel sous toutes ses formes : ruissellement, écoulement retardé, voire vidanges de nappes. Cette dernière catégorie d'écoulement est importante sur certains bassins (F, G, H) et plus faible sur les autres.

La séparation de ces différents écoulements ne peut se faire qu'à l'échelle de l'évènement élémentaires (averse - crue) et nécessite une mise en forme exhaustive des résultats qui n'est pas encore terminée.

A partir des volumes écoulés mensuels et des surfaces de bassin-versant établies à partir de levés au 1/500 (CTFT - mars 1980), on a déterminé les lames d'eau et les coefficients d'écoulement mensuels et annuels sur chaque bassin (Tableaux IV et V). La représentation graphique des couples "pluies mensuelles - lames écoulées" (fig. 1 et 2) comporte le tracé de la droite de régression, ce qui ne préjuge en rien de la forme analytique de la fonction $L=f(P)$

mais constitue un élément de comparaison entre bassins. On constate que les coefficients de corrélations linéaires, compris entre 0,93 et 0,97 sont très significatifs, même en tenant compte du nombre restreint de points (12). La dispersion des points autour de la droite est évidemment très fortement influencée à cette échelle de temps par les variations des réserves hydriques des sols. C'est ainsi que sur tous les bassins les mois de janvier et de décembre présentent un écoulement nettement déficitaire par rapport à la tendance (début de saison des pluies). Inversement en avril, suite à un mois très arrosé (pluviosité 1,7), les coefficients d'écoulement sont particulièrement élevés, avec une valeur maximale de 83 % au bassin H.

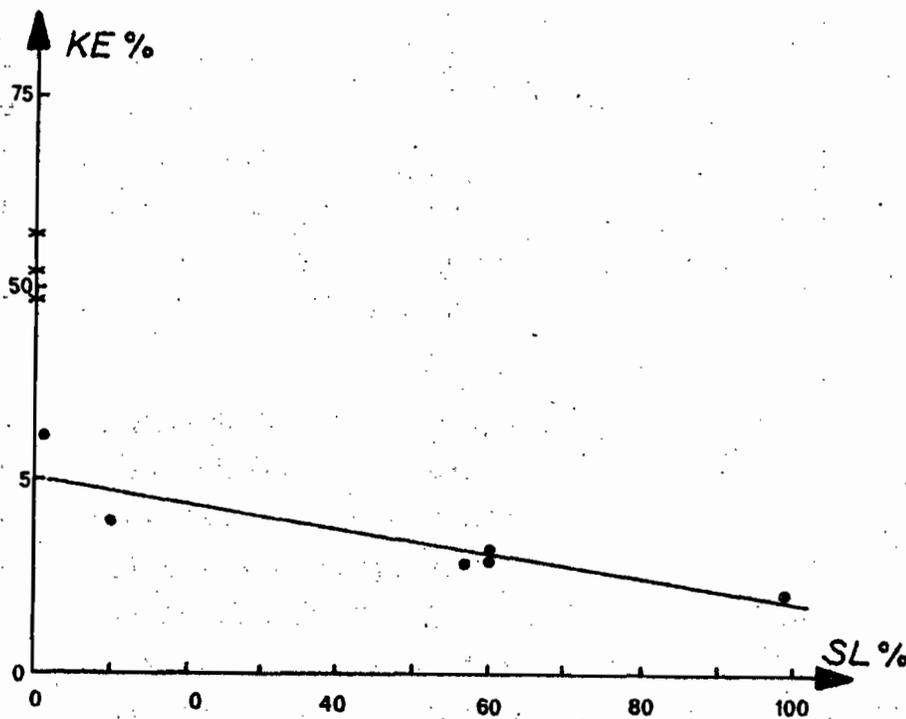
4. COMPORTEMENT DIFFERENTIEL DES BASSINS SELON LE TYPE DE COUVERTURE PEDOLOGIQUE

A partir des résultats hydrologiques obtenus en 1977 et 1978 pour les 3 bassins A, B, et C on a pu reconstituer mois par mois les coefficients d'écoulement que l'on aurait observé en A et C sous forêt en 1979, à partir des données du témoin forestier B de cette même année. Les coefficients d'écoulement annuel fictifs qui s'en déduisent sont de 22% sur A et de 11% sur C, contre 47% et 22% effectivement mesurés.

Cette reconstitution comporte une certaine imprécision que l'on peut chiffrer par exemple par l'intervalle de confiance à 90% de l'estimation. Les limites possibles de cet intervalle déterminent le coefficient d'écoulement annuel entre 18 et 27% pour A et entre 7 et 17% pour C. La dissymétrie par rapport à la valeur centrale, est due à l'existence de mois sans écoulement.

L'ensemble des 10 coefficients d'écoulements annuels classés par ordre croissant, comporte une amplitude de variation considérable de 11 à 57% pour des bassins de même surface, de pentes très voisines et sur le même substratum géologique (schiste de BONIDORO) et qui, à une autre échelle auraient pu être considérés chacun comme représentatif du milieu. Cependant, cette dispersion n'est pas aléatoire mais s'ordonne en fonction des dynamiques hydriques des sols constituant chaque bassin.

Par exemple, si on adopte pour caractéristique le pourcentage de surface du bassin défini comme "à drainage vertical libre (R. BOULET, E. FRITSCH, FX. HUMBEL - 1978), la régression avec les coefficients d'écoulement annuels permet de constater que ce critère est déterminant dans le comportement hydrologique du bassin. Seuls les unités F, G et H pour lesquelles, contrairement aux autres bassins, une part importante de l'écoulement est due à la vidange des nappes, présentent une dispersion particulière. L'utilisation ultérieure des valeurs de ruissellement permettra très certainement de regrouper l'ensemble des bassins selon cette distribution.



B.V	KE	SL
C	11	99
I	15	60
E	15	57
D	16	60
B	20	10
A	22	0
J	31	2
G	49	0
F	52	0
H	57	0

KE : coefficient d'écoulement annuel en

SL : surface à drainage vertical libre en

Traduits en termes de débits spécifiques, les écoulements de l'année 1979 s'établissent comme suit :

BASSINS	A*	B	C*	D	E	F	G	H	I	J
module spécifique annuel 1979 (l/s/km ²)	51	21	23	17	16	53	49	58	15	32

*bassins déforestés

Des éléments de comparaison de ces débits spécifiques peuvent être recherchés sur la Crique Virgile qui draine un bassin de 7,6 km² développé sur schistes ORAPU. Le module interannuel a été estimé à 80 l/s/km² (P. DUBREUIL - 1963) pour une pluviométrie annuelle de l'ordre de 4000 mm. Plus près du site ECEREX, les bassins de la Crique Grégoire écoulent 73 l/s/km² sur 32 hectares et 68 l/s/km² sur 8,4 km² (M.A. ROCHE - 1980) avec une pluviométrie de 3750 mm. Pour ces bassins, il n'existe pas de références pédologiques en fonction des critères de drainage interne des sols qui permettrait de confronter mieux ces résultats avec ceux d'ECEREX, mais en première approximation, compte tenu de la pluviométrie moyenne d'ECEREX (3500 mm), 60 à 70 l/s/km² représenteraient le module d'un bassin de taille kilométrique dans cette région. Il est intéressant de constater que ces chiffres ne sont pas très éloignés des valeurs obtenues sur les bassins F, G, H qui comportent une partie de sols de bas-fonds avec nappe phréatique et que par conséquent un tel bassin ou d'une taille à peine supérieure pourrait intégrer et reproduire la plupart des mécanismes du système hydrologique régional. Un bassin de 5 km² regroupant l'ensemble des bassins ECEREX est exploité depuis octobre 1980 et devrait permettre de préciser le module spécifique dans cet environnement.

Aucun débit de pointe remarquable n'a été enregistré en 1979, fait en rapport avec la modération des intensités pluviométriques sur de courtes périodes. Même sur les bassins déforestés pour lesquels, on le verra, l'écoulement total a doublé, les débits maximums sont restés en deçà des chiffres de 1977 et 1978

BASSINS	A*	B	C*	D	E	F	G	H	I	J
Q MAX l/s	229	136	112	157	150	210	236	169	83	156
Q MAX l/s/ha	178	84	70	111	97	149	156	169	73	113

* bassins déforestés

5. L'EROSION SOUS FORET

En 1979, le phénomène de l'érosion sous forêt a pu être mesuré sur 8 des bassins versants, A et C ayant été déforestés fin 1978.

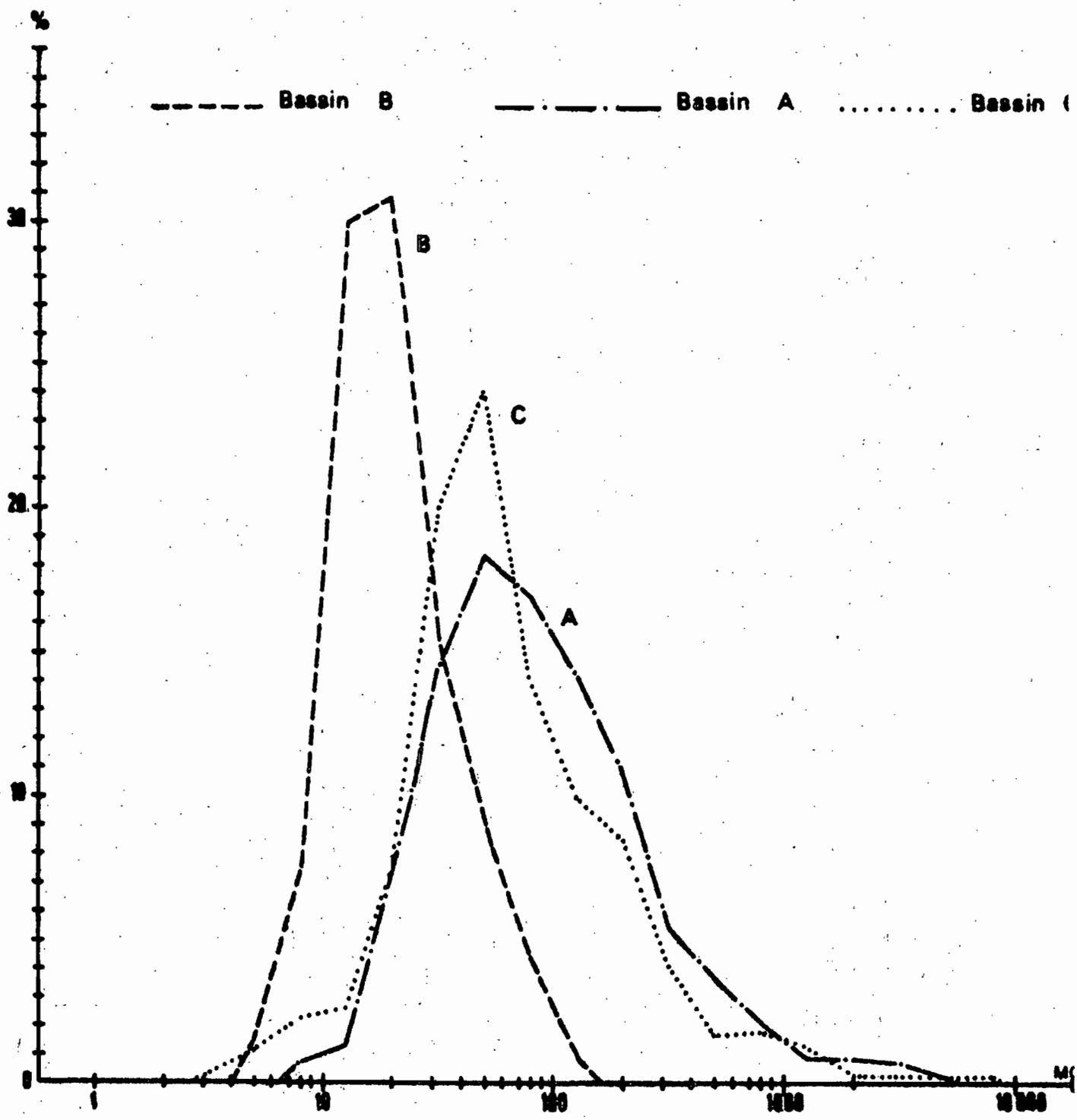


FIG. 3 - REPARTITION DES CONCENTRATION EN SUSPENSION A LA SORTIE DES BASSINS A,B ETC EN 1970

Les courbes en pointillés joignent les pourcentages déterminés par classes selon les limites suivantes (mg/l) : 0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 50 - 100 - 250 - 500 - 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 5000.

5.1 TRANSPORTS SOLIDES PAR SUSPENSION

L'estimation de ce mode de transport solide est faite à l'échelle de la crue à partir d'échantillons d'eaux de 2 litres prélevés manuellement au cours de la période pluvieuse, qui va de décembre à août inclus. Le dépôt solide est pesé sur filtre millipore et permet par connaissance du débit à l'instant du prélèvement de tracer le "solidogramme" de la crue et de connaître le transport par suspension au cours de celle-ci par intégration graphique. 7139 échantillons ont été prélevés au cours de la campagne 1979, à raison de 600 à 700 bouteilles à l'exutoire des bassins forestiers et de 1079 et 969 prélèvements à celui des bassins aménagés A et C.

Les concentrations instantanées varient relativement peu. La courbe fréquentielle des prélèvements effectués au bassin B (fig. 3) est unimodale avec 70% des dépôts solides compris entre 10 et 30 mg/l et 90% de ceux-ci, entre 5 et 50 mg/l. Le maximum ne dépasse pas 200 mg/l pour ce bassin qui possède une aptitude au ruissellement certaine puisqu'il comporte 90% de sols à drainage bloqué.

L'importance de la part des grosses crues dans l'érosion est un phénomène bien connu, mais ce schéma s'applique assez mal à l'érosion sous forêt : les concentrations variant peu avec le débit, chaque crue apporte sa contribution selon une fonction qui croit beaucoup plus lentement avec le volume ruisselé que dans d'autres biotopes. A titre d'exemple, sur le bassin B, 10 crues ont dépassé 20 l/s et exporté 164 kg de matières en suspension soit 53% seulement du total annuel. Si dans cet échantillon on considère le transport solide exporté pendant que le débit se maintenait effectivement au-dessus de 20 l/s, cette part se réduit à 41%. La permanence des débits au-dessus de ce seuil a été de 13h35 pour l'année 1979 avec un maximum de 1h45 pour une crue isolée.

Il n'est donc pas étonnant de constater une affinité certaine entre écoulements et transports solides par suspension et de voir s'individualiser un premier groupe de bassin I, B, E et D avec des dégradations spécifiques respectives de 12.3, 19.1, 19.1, et 19.2 T/km²/an associées à des coefficients d'écoulement annuels de 15 à 20% et un groupe G, J, H et F avec 39.4, 44.8, 48.1 et 59.6 T/km²/an qui correspond aux bassins dont l'écoulement représente 31 à 57% des précipitations.

BASSINS	B	D	E	F	G	H	I	J
T/km2/an	19.1	19.2	19.2	59.6	39.5	48.1	12.3	44.8

Dégradations Spécifiques par Suspension
 en 1979 sur les bassins ECEREX
 sous couvert forestier

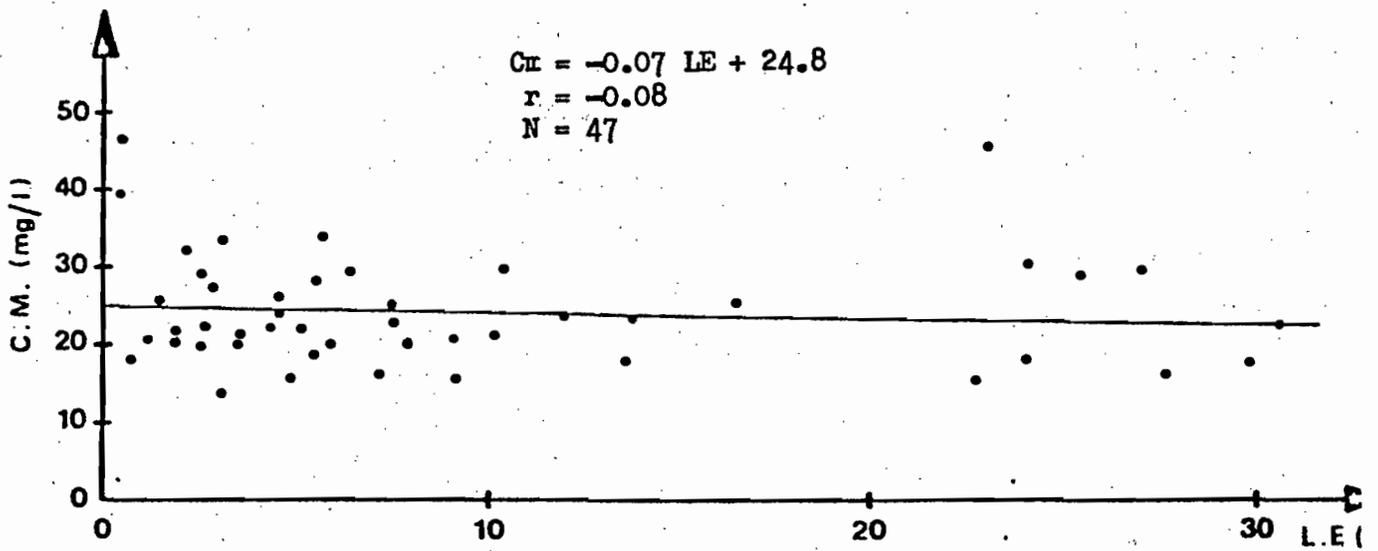
5.2 TRANSPORTS SOLIDES PAR CHARRIAGE

Cette nomenclature recouvre l'ensemble des sédiments piégés dans les fosses de 1,5 m de profondeur situées immédiatement à l'amont des déversoirs. En réalité il y a une légère surestimation de ce mode de mobilisation au détriment des éléments transportés par suspension, car la longueur des fosses et les faibles courants à l'amont des lames en V permettent une certaine décantation de la fraction fine (les particules de 50 microns commencent à se décanter à partir d'une vitesse inférieure ou égale à 0,2 m/s).

Néanmoins, à l'échelle annuelle, les matières solides sont essentiellement constituées de "sables" compris entre 50 microns et 2 millimètres selon une proportion pondérale de 75 à 93% selon les bassins. La fraction supérieure à 2 millimètres est insignifiante.

Les mesures de l'année 1979, comme celles des années antérieures mettent en évidence la faiblesse de ce mode de transport solide, ainsi qu'une dispersion assez grande entre bassins mais peu significative. En effet, les sédiments recueillis représentent au plus quelques dizaines de kilogrammes par bassin et par an, ce qui implique qu'un phénomène aléatoire tel que le déracinement d'un arbre par le vent à proximité du déversoir ait des effets du même ordre de grandeur que l'érosion naturelle "moyenne".

Les masses de terre extraites des fosses ont varié en 1979 entre 23 kg au bassin E et 149 kg au bassin F, ce qui correspond aux valeurs spécifiques suivantes :



BASSIN		6 mars	12 avril	24 mai	7 juillet	12 août	17 décembre
B	Le	1.3	6.7	3.0	8.5	2.6	25.9
	Cm	25.8	20.0	21.4	21.4	33.5	22.3
D	Le	3.9	6.1	5.2	5.7	0.4	23.0
	Cm	21.6	13.7	22.3	33.6	39.6	45.9
E	Le	0.5	9.2	7.2	6.5	2.9	16.5
	Cm	46.4	15.9	16.3	29.6	27.4	25.2
F	Le	24	13.6	1.9	4.4	5.6	27.7
	Cm	18.2	17.8	20.3	22.0	28.1	16.1
G	Le	22.8	-	0.7	4.6	4.6	25.4
	Cm	15.7	-	18.3	24.0	25.6	28.9
H	Le	29.9	13.8	2.6	7.6	7.7	27
	Cm	16.6	23.1	19.5	23.1	24.3	29.1
I	Le	2.2	2.7	1.2	3.6	2.6	10.4
	Cm	32.0	22.6	20.7	20.4	29.1	29.9
J	Le	5.5	6.0	4.9	12.0	9.1	24.1
	Cm	19.0	20.0	16.2	23.6	20.9	30.5

Fig.4: Concentrations moyennes en solution (mg/l) en fonction de l'écoulement (mm) pour les crues échantillonnées (bassins sous forêt)

BASSINS	B	D	E	F	G	H	I	J
T/km ² /an	5.2	12.3	1.5	10.4	4.5	5.2	*	7.6

Dégradations Spécifiques par Charriage
 en 1979 sur les bassins ECEREX
 sous couvert forestier

* remaniement de matériaux lié à la construction du déversoir
 en 1978

La valeur élevée du bassin D, sans rapport avec les potentialités d'écoulement de celui-ci n'est probablement pas consistante et pour le moment, il semble prudent d'admettre que le chiffre de 10 t/km²/an du bassin F représente une valeur déjà élevée, pour l'écosystème dans des conditions pluviométriques moyennes.

5.3 TRANSPORTS SOLIDES EN SOLUTION

Plusieurs séries d'échantillons prélevées simultanément sur tous les bassins ont été soumises à l'analyse chimique complète (10 déterminations).

Le contenu minéral en solution a été obtenu par addition des teneurs en cations et en anions dosés et des teneurs en silice dissoute (en mg/l) à savoir : K, Na, Ca, Mg, Cl, CO₃H, SO₄, NO₃, PO₄ et SiO₂. La concentration moyenne par crue en éléments dissous est obtenue par tracé et planimétrage des solidogrammes. Les volumes des crues analysées vont de 6 à 400 m³, ce qui représente approximativement de 0,5 à 35 mm d'écoulement par évènement.

En règle générale les concentrations les plus élevées, de l'ordre de 50 mg/l se rencontrent au début de la crue puis décroissent avec la part croissante des eaux de ruissellement jusqu'à 12 mg/l puis augmentent à nouveau au cours de la décrue vers des valeurs de 20 à 25 mg/l. La silice dissoute représente environ 20% du poids total d'éléments dissous.

Les concentrations moyennes par crue ont été reportées en fonction des lames écoulées de chaque crue (fig. 4). On constate l'indépendance totale entre ces deux paramètres ($r = 0,08$) et une amplitude restreinte des concentrations de 15 à 35 mg/l. Le transport solide en solution, peut donc être estimé avec une précision raisonnable en appliquant un taux moyen de 25 mg/l à

TABLEAU VI : TRANSPORT SOLIDES EN 1979 SOUS FORÊT

BASSINS	B	D*	E	F	G	H	I**	J
EROSION MECANIQUE (tonnes/km ² /an)	24.3	31.5	20.7	70.0	44.0	53.3	12.3	52.4
dont suspension (%)	79	81	93	85	90	90	-	85
EROSION MECANIQUE ET TRANSPORTS EN SOLUTION (tonnes/km ² /an)	41.1	44.8	33.2	111	82.8	99.2	24.5	77.3
dont solutions (%)	41	30	38	37	47	46	50	48
dont solutions + suspension (%)	87	72	95	90	95	95	-	90

* transport par charriage surestimé (cf 4.2)

** transport par charriage non déterminé pour cause de réajustement du thalweg après travaux.

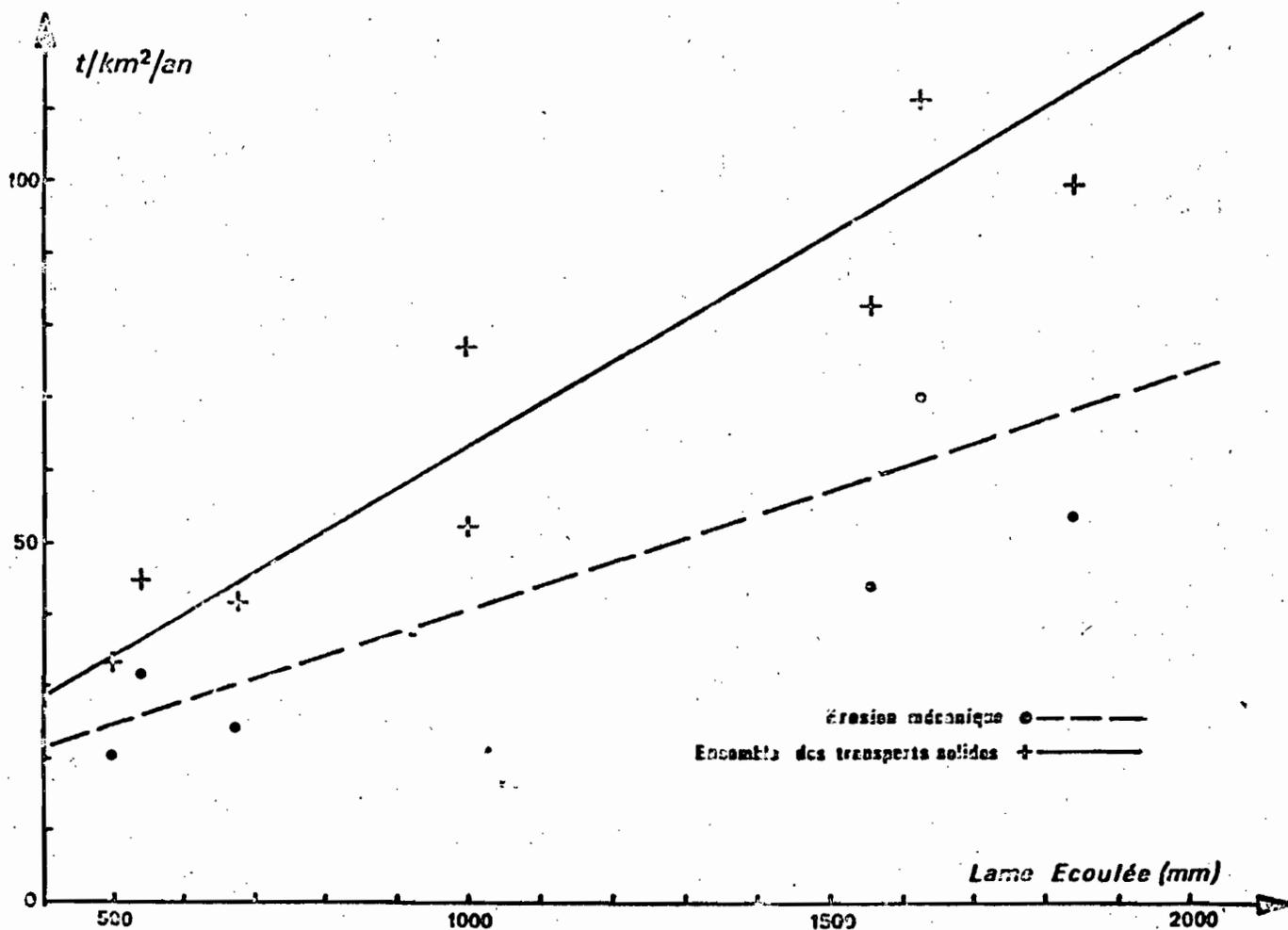


Fig. 5 : Transports solides sous forêt en 1979.

l'ensemble de l'écoulement annuel, d'où les exportations spécifiques en solution suivantes

BASSINS	B	D	E	F	G	H	I	J
T/km ² /an	16.8	13.3	12.5	40.6	38.8	45.9	12.2	24.9

Transports Solides Spécifiques en solution
en 1979 sur les Bassins ECEREX
sous couvert forestier.

5.4 LES TRANSPORTS SOLIDES DANS L'ECOSYSTEME FORESTIER

En fin de compte, les limites de l'érosion spécifique globale se situent à 33 tonnes/km²/an (BV E) et à 110 tonnes/km²/an (BV F) en 1979 (Tabl. VI). En attendant l'exploitation plus fine de ces résultats de l'année 1979 à l'échelle de la crue, on peut admettre en première approximation l'existence d'un gradient de 6 tonnes/km²/an et pour 100 mm de lame écoulée pour l'ensemble des transports solides et de l'ordre de 4 tonnes/km²/an pour l'érosion mécanique seule (fig. 5).

Le tableau fait apparaître la part importante des éléments dissous. Compte tenu de l'existence d'écoulement d'infiltration, ce mode de transport se situe au même rang et même légèrement devant les suspensions dans les phénomènes responsables de la pédogénèse et de la morphogénèse de l'écosystème forestier humide, l'érosion directe dans le fond des thalwegs, représentant alors toujours beaucoup moins de 10% de la mobilisation.

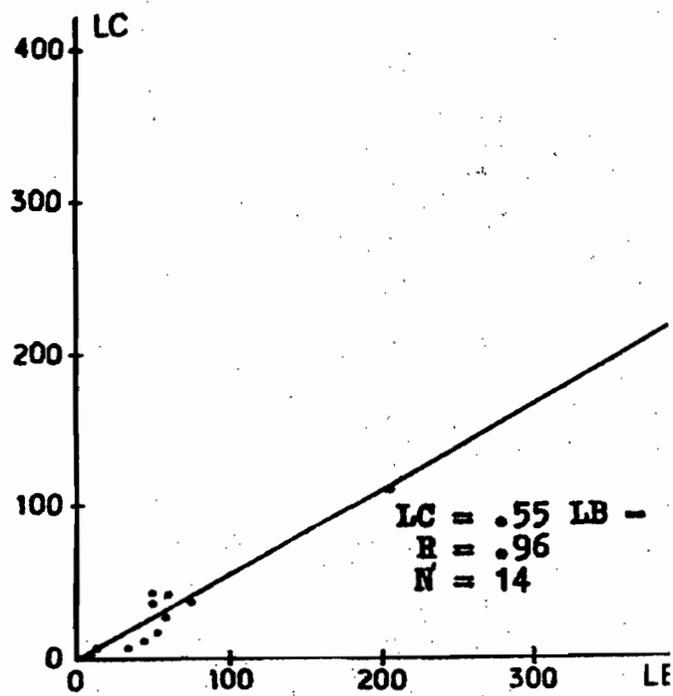
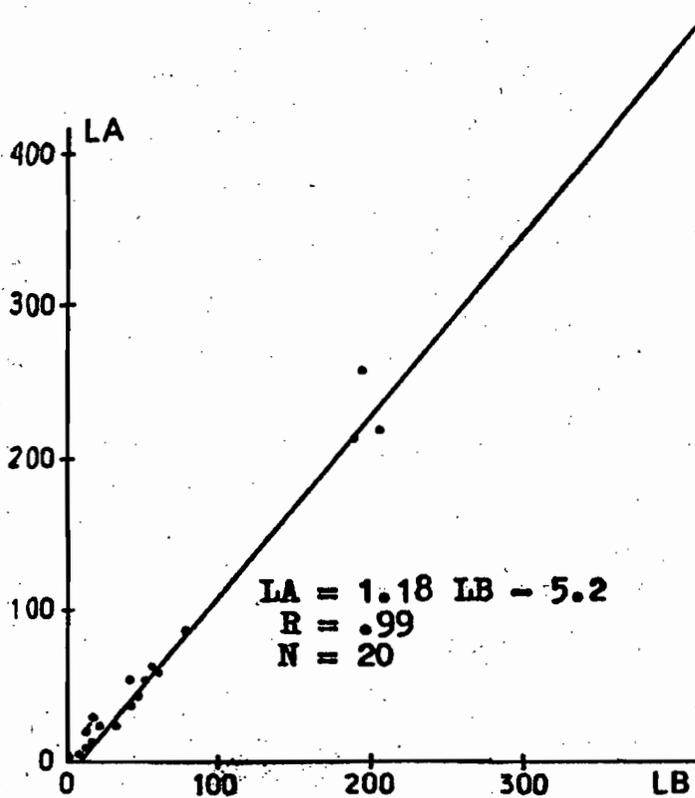
6. PROTOCOLES ET CHRONOLOGIE DES AMENAGEMENTS

La phase d'expérimentation du programme ECEREX a débuté fin 1978 sur deux bassins (A et C). L'ensemble des manipulations est fait sous le contrôle du CTFT, ou directement par cet organisme.

Le chronogramme résumé des interventions s'établit comme suit :

- octobre et novembre 1978 (saison sèche)

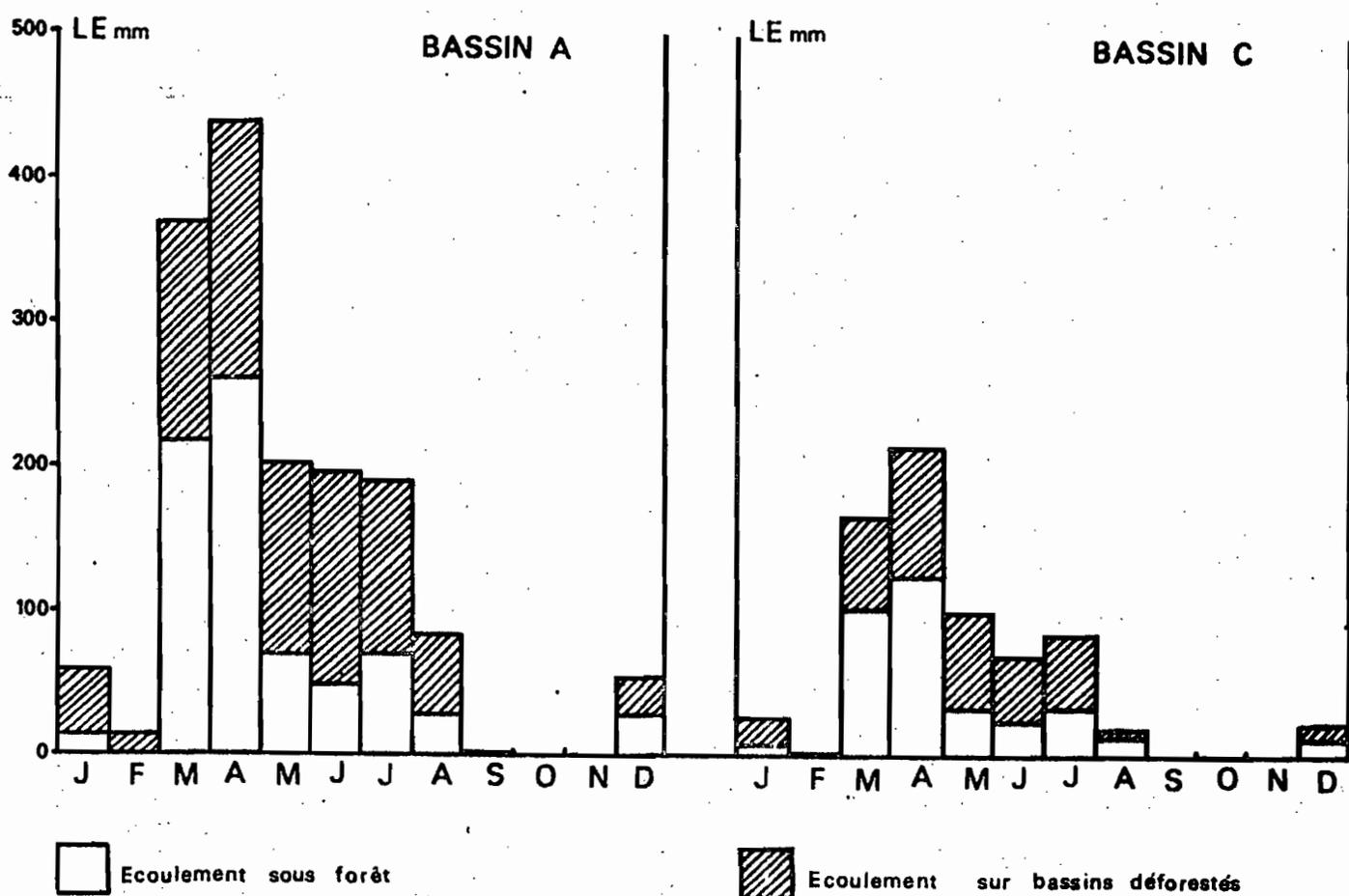
- Abattage à la scie à chaîne des arbres de plus de 20 cm de diamètre.
- Débardage des grumes en dehors du bassin par un tracteur à pneus.



ANNEE	1977											
MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	18.3	12.0	29.9	255.3	211.9	24.1	52.3	23.5	0	0	1.2	216.0
B	13.4	15.7	17.7	193.6	188.5	21.8	48.4	32.2	2.9	2.1	3.0	205.0
C	-	-	-	-	-	-	36.6	6.7	0	0	0	111.8

ANNEE	1978											
MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	35.1	58.0	4.4	50.7	7.7	41.4	62.1	85.4	DEFORESTAGE			
B	42.8	59.7	9.3	55.5	10.4	47.2	55.6	74.4	DEFORESTAGE			
C	13.5	42.7	2.3	15.5	7.5	42.7	27.1	37.4	DEFORESTAGE			

Fig. 6 : Lames écoulées mensuelles (en mm) aux bassins A et C en fonction des lames écoulées au bassin B (de l'origine des observations au déforestage).



**ECOULEMENT DES BASSINS AMENAGES ET ECOULEMENTS RECONSTITUES SOUS FORET
POUR LES BASSINS A ET C 1979**

BASSIN A

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anné	
Lame observée	62.9	15.8	367.6	438.2	201.7	196.0	190.8	85.4	.80	0	0	56.1	1615.3	
Lame reconstituée	14.9	0	216.8	262.3	70.1	50.9	71.5	31.0	0	0	0	30.8	748.3	
Limites dans l'intervalle à 90%	}+	33.1	13.0	235.0	280.5	88.3	69.1	89.7	49.2	12.9	12.9	12.9	49.0	945.6
		}-	0	0	198.6	244.1	51.9	32.7	53.3	12.8	0	0	0	12.6

BASSIN C

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anné	
Lame observée	29.3	1.8	168.1	225.5	99.9	70.1	84.6	20.6	0	0	0	24.8	724.7	
Lame reconstituée	8.34	0	103.5	125.0	34.4	25.3	35.0	15.9	0	0	0	15.8	363.2	
Limites dans l'intervalle à 90%	}+	23.6	13.5	117.8	139.3	48.7	39.6	49.3	30.2	14.3	14.3	14.3	30.0	534.9
		}-	0	0	89.2	110.7	20.1	11.0	20.7	1.6	0	0	0	1.5

TABEAU VII : - Lames observées en 1979 sur les bassins A et C et lames reconstituées que l'on aurait observées sous forêt (en mm).
- Limites de la lame calculée dans l'intervalle de confiance à 90%.

. Défrichage et dessouchage, constitution de lignes d'andins sur le bassin par un tracteur à chenilles (D.8) équipé d'une lame coupante.

- 15 mai - 30 juin 1979 - bassin A

- . Bouturage d'un pâturage de *Digitaria Swaziland* (4 boutures au m²) après un léger labourage à la fourche destiné à ameublir le terrain après le passage des engins.
- . Amendements (48 kg/ha de P₂O₅, 48 kg/ha de K₂O et 1000 kg/ha de CaO).

- 30 mai - 10 juillet - bassin C

- . Plantation de 480 plants de pomelos, recevant chacun 180 gr. de P₂O₅ et 180 gr. de K₂O.

7. LES ECOULEMENTS DES BASSINS AMENAGES

Ainsi que nous l'avons déjà signalé (4.), les données du bassin B qui conserve son couvert forestier pendant toute la durée de l'expérience, ont permis de calculer les écoulements que l'on aurait observé en 1979 sur A et C dans les mêmes conditions.

Pour cela on a mis en corrélation les lames mensuelles des bassins A et C avec celles du bassin B, de l'origine des observations au déforestation. On obtient ainsi 20 couples de points pour le bassin A et 14 couples pour le bassin C. Ces corrélations montrent (fig. 6) que l'écoulement du bassin A serait de l'ordre de 115% de B et l'écoulement de C, 55% de celui-ci.

A l'échelle mensuelle et annuelle (tableau VII), l'augmentation de l'écoulement est très sensible, puisque l'expérience annuelle du gain d'écoulement est de 867 mm au bassin A et de 362 mm au bassin C, soit des augmentations respectives de 116% et de 100% par rapport à l'écosystème forestier.

Faute de disposer des caractéristiques individualisées de chaque événement, il n'est pas encore possible de préciser davantage les mécanismes de ce changement. On peut simplement constater que le gain est maximum au cours des mois les plus arrosés (+190% en mai), et qu'il s'établit donc à partir des ruissellements qui se produisent dans les meilleures conditions de saturation.

La signification écologique de ce changement n'est pas simple : à côté de la disparition de la forêt il y a le compactage des horizons pédologiques superficiels par un engin pesant 40 tonnes en ordre de marche. Ce compactage est d'autant plus efficace, que le dessouchage préalable supprime toute la porosité tubulaire liée à la présence des racines. La disparition du couvert végétal et les "façons culturales" se combinent selon une proportion inconnue et donnent aux variations d'écoulement un sens expérimental certain qu'il ne faudrait cependant pas utiliser telles quelles, pour estimer l'action de la forêt sur le bilan hydrologique par interception et évapotranspiration.

8. LES TRANSPORTS SOLIDES SUR BASSINS AMENAGES

La mesure des transports solides à l'exutoire des deux bassins aménagés, s'effectue avec les mêmes techniques que sous forêt et permet théoriquement de chiffrer les trois termes de l'érosion : suspensions, charriages et solutions. Mais alors que sous forêt le transport solide mesuré représente effectivement l'érosion régionale d'un écosystème forestier en équilibre avec une signification géodynamique bien précise, il en va tout autrement sur bassin défriché, où des modifications importantes (décapage des horizons superficiels sur les sommets, colluvionnement en bas de versant) ne sont répercutées que partiellement au niveau du débit solide qui transite à l'exutoire des bassins.

8.1 TRANSPORTS SOLIDES PAR SUSPENSION

La méthode du solidogramme a permis de déterminer un flux de 6875 kg de particules solides en suspension pour l'année 1979 en A et de 3112 kg en C. Le rapprochement de ces chiffres avec les valeurs mesurées sous forêt en 1979 sur les autres bassins et avec celle établies sur ces mêmes bassins A et C en 1977 (M.A. ROCHE 1978) qui sont respectivement de 343 kg et 40 kg, amènent à constater une multiplication par des facteurs respectifs de 20 et 78. L'explication de cette augmentation réside pour une faible part dans la croissance des écoulements qui ont doublé mais surtout dans l'augmentation des teneurs en dépôts solides des eaux de ruissellement. Alors que sous forêts (bassin B) le mode des échantillons prélevés se situait à 15 mg/l, celui-ci se déplace à 40 mg/l pour C et à 100 mg/l pour A (fig. 3). De plus les maximums instantanés qui ne dépassaient jamais 250 mg/l sous forêt atteignent des valeurs

extrêmes de 5000 mg/l au bassin A, avec une proportion non négligeable de prélèvements au-dessus de 500 mg/l (7% de la population°.

De ce fait et en même temps que l'érosion augmente en valeur absolue, celle-ci est moins diffuse et plus concentrée dans le temps : Ainsi, par exemple, les transports solides écoulés pendant que les débits dépassaient 20 l/s représentent 83% de l'érosion annuelle contre 41% au bassin B, pour une permanence des débits au-dessus de ce seuil du même ordre de grandeur (13h00 en A et 13h35 en B).

Les maximums par crue ont été de 840 kg au bassin A (28/05) et de 297 kg au bassin C (13/04), ce qui représente de 10 à 12% du transport annuel.

En valeurs spécifiques, les transports par suspension en 1979 représentent 533 t/km²/an sur A et 193 t/km²/an sur C.

8.2 TRANSPORT SOLIDES PAR CHARRIAGE

Le transport solide par charriage constitue également un phénomène remarquable du point de vue quantitatif puisqu'on a extrait 7500 kg de la fosse du bassin A et 2033 kg au bassin C pour l'ensemble de l'année 1979, alors que les valeurs mesurées sous forêt étaient partout inférieures à 100 kg.

Dans ce dépôt la matière organique après lavage et tamisage des nombreuses feuilles, brindilles et branches représente encore 10% du poids total, soit une augmentation significative par rapport aux 1,3% qui constituent la norme sous forêt. Les sables représentent 80% du dépôt minéral au bassin A ce qui correspond aux moyennes de l'écosystème forestier, mais des éléments très grossiers font leur apparition. Par exemple lors de la vidange du 2/04, soit 28% du dépôt en volume était constitué par des nodules refusés par un tamis à mailles carrées de 13 mm.

Au bassin C, la proportion de sables recueillis est plus faible (60%) et les éléments grossiers beaucoup moins nombreux bien que les horizons à nodules soient développés et proches de la surface. Ce phénomène s'explique par la modération du ruissellement qui engendre des forces tractrices inférieures à celle rencontrées sur le bassin A.

Le charriage spécifique a représenté 581 t/km²/an sur le bassin A et 126 t/km²/an sur le bassin C en 1979.

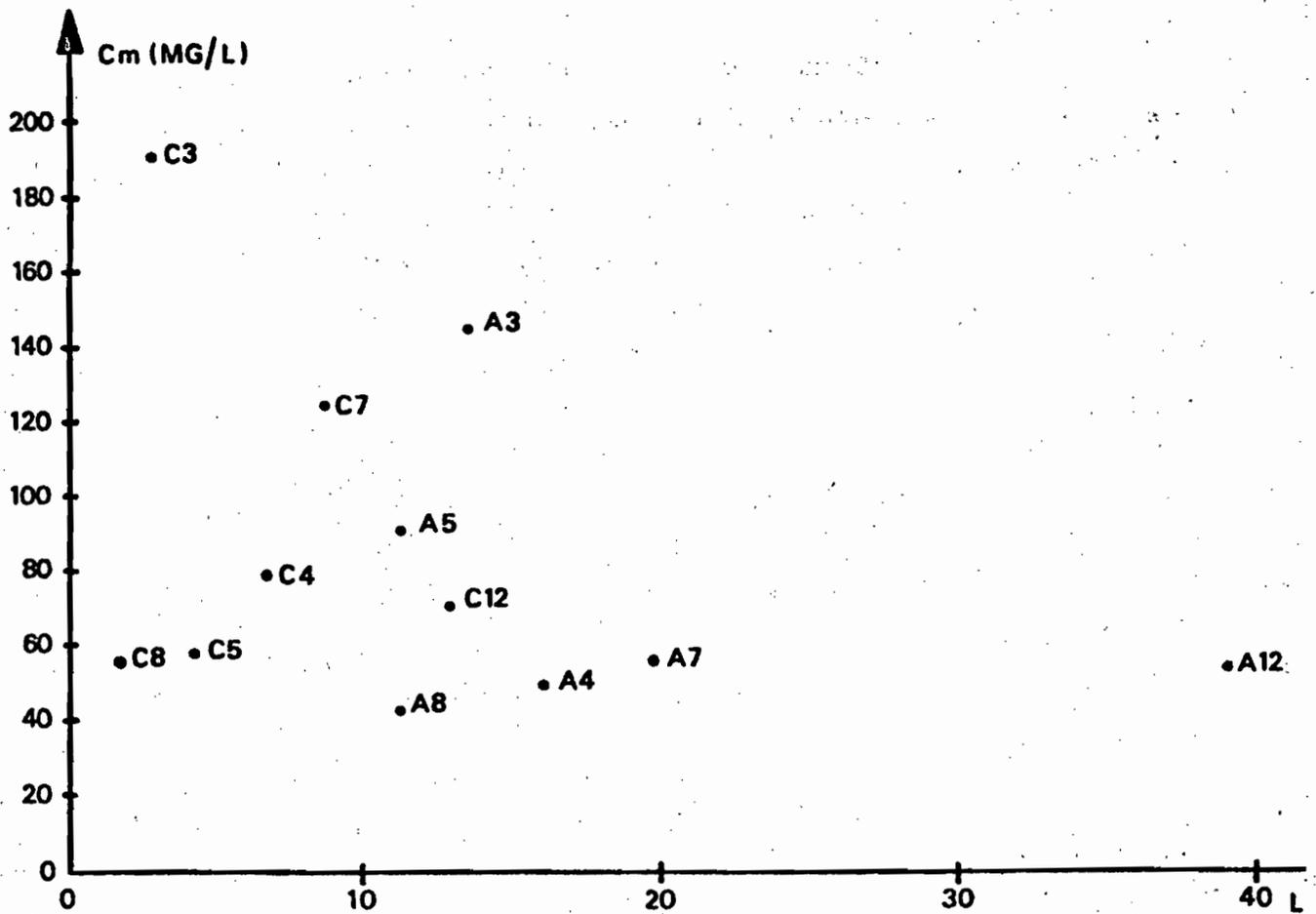
Les maximums mensuels du transport solide se situent en juin pour le bassin A et en juillet pour le bassin C et ne concordent pas avec les maximums pluviométriques, mais en se référant au protocole d'aménagement, on constate que ces deux périodes correspondent au labour et au bouturage (bassin A) et à la trouaison pour les plants d'arbres fruitiers (bassin C). Ces aménagements faits entièrement à la main ont cependant contribué à augmenter fortement la dégradation spécifique annuelle qui se manifeste sur sol nu : au bassin C par exemple on constate que le mois de juillet (169 t/km²) et le mois de mai (14 t/km²) reçoivent une pluviométrie du même ordre de grandeur (313 et 355 mm). Il semble que ce paroxysme soit temporaire et que l'érosion revienne à des valeurs plus proches de celles mesurées sur sol nu, sinon à celles de la forêt comme on peut le constater si l'on considère les chiffres du mois de décembre (tableau VII).

L'étude à l'échelle des crues individualisées permettra de préciser ces variations. Néanmoins l'importance constatée des façons culturales implique d'ores et déjà que si l'utilisation d'engins mécanisés pour le labour constituait un scénario vraisemblable pour la mise en valeur de l'écosystème forestier guyanais, celui-ci devrait être testé sur l'un des bassins pour en contrôler les effets.

La quantité de sédiments effectivement exportée en dehors du bassin au droit de la section de contrôler ne doit pas faire oublier l'importance relative des masses de terre déplacées par colmatage. Celui-ci a mobilisé de l'ordre de 50 à 100 m³ de sols sur le bassin A, soit de 5 à 10 fois plus que le transport solide mesuré à la station. L'étude de ce phénomène par des méthodes topographiques est actuellement en cours sur le bassin H, et permettra de préciser l'importance des remaniements sur place par rapport aux transports solides sortant du bassin.

8.4 TRANSPORTS SOLIDES EN SOLUTION

Comme pour les bassins forestiers, un nombre réduit de crues ont été sélectionnées, dont tous les prélèvements ont subi une analyse chimique complète c'est-à-dire qu'ont été déterminées les teneurs en cations K, Na, Ca, Mg, en anions CO₃H, SO₄, NO₃, PO₄ et en silice SiO₂.



B.V.		6 mars	12 avril	24 mai	7 juillet	12 août	17 décembre
A	Le	13.6	16.1	11.2	19.7	11.2	39.0
	Cm	145	48.6	90.3	55.5	42.9	54.5
C	Le	2.7	6.7	4.3	8.8	1.8	13.0
	Cm	190	78.3	58.0	125	55.9	70.9

Fig. 3: CONCENTRATIONS MOYENNES EN SOLUTION (MG/L) EN FONCTION DE L'ÉCOULEMENT (MM) POUR LES CRUES ÉCHANTILLONNÉES (BASSINS AMÉNAGÉS)

Les concentrations moyennes par crue démontrent une évolution complexe et une amplitude de variation importante ainsi qu'en témoigne la répartition graphique (fig. 7) des concentrations en fonction de la lame écoulee pour chaque crue. Cette méthode d'échantillonnage des crues qui a permis d'établir des valeurs annuelles de transport en solution sous forêt avec une précision acceptable, ne peut être utilisée ici pour établir un bilan, mais permet néanmoins de situer l'ordre de grandeur des changements intervenus après la déforestation.

Ce bilan n'aurait d'ailleurs pas qu'une signification assez vague, car à côté d'une mise en solution à partir d'horizons pédologiques remaniés par le défrichement mécanique et qui correspondent effectivement à un appauvrissement minéral, et d'un lessivage des amendements incorporés au moment ou après les plantations, une part très importante des éléments dissous provient des cendres des andins rassemblés et brûlés sur le bassin, soit plus de 500 tonnes de matière végétale fraîche à l'hectare (J.P. LESCURE 1981).

Les concentrations maximums ont été mesurées au cours de la crue du 6 mars avec 145 mg/l au bassin A et 190 mg/l au bassin C (fig. 7) et sont l'indice d'une augmentation sensible par rapport à la norme sous forêt qui était, rappelons-le, de 25 mg/l. Ce phénomène persiste bien après le défrichement, puisque les pluies de décembre 1978 et de janvier 1979 n'ont pas empêché le maintien de ces taux élevés jusqu'au début de la "grande saison des pluies".

Le petit nombre d'évènements analysés permet de percevoir une mise en solution et un entraînement des engrais par l'écoulement superficiel : l'introduction des amendements ayant été faite à partir du 10 mai en A et du 27 juin en C, les concentrations moyennes des crues A5 et C7 qui suivent de près chacun de ces épandages, sont en augmentation nette par rapport aux mois précédents (de 48 à 90 mg/l en A et de 38 à 125 mg/l en C), sans toutefois atteindre les valeurs initiales du lessivage "naturel".

Le comportement différentiel des deux bassins est significatif car mis à part la crue du 24 mai (A5 et C5), on notera que les eaux du bassin C sont toujours plus chargées, ce qui est une conséquence directe du type de dynamique de l'eau : Sur ce

bassin en effet, la participation dans l'écoulement, d'eaux de réessuyage des horizons pédologiques est importante vis-à-vis du ruissellement, ce qui n'est pas le cas sur le bassin A.

La discordance du 24 mai s'explique par un épandage d'engrais non synchrone entre les deux bassins, l'unité C ne recevant ses amendements qu'à partir de la fin de juin.

Dans l'état sol nu, les éléments chimiques qui font l'objet d'une mise en solution accélérée par rapport à l'écosystème forestier sont les ions SO_4 25 fois plus nombreux en A et 20 fois plus nombreux en C que dans les eaux du témoin B, puis viennent les ions K avec des augmentations respectives de 15 et 25. Les éléments les moins influencés sont le calcium (2 et 5), les ions Cl (3 et 4) et les ions PO_4 (2 et 2). La silice dissoute augmente faiblement dans les proportions de 3 et 2.

Les ions qui contribuent le plus largement à l'exportation pondérale sont Na et K d'une part, CO_3H et surtout SO_4 d'autre part, et proviennent en grande partie du lessivage des cendres des andins.

Comme nous l'avons déjà signalé, l'échelle temporelle à laquelle le phénomène a été suivi, et compte tenu de l'amplitude des variations, il n'est pas possible de 'boucler' le bilan des transports en éléments dissous ou d'estimer l'importance du lessivage des amendements apportés au milieu.

La méthode des prélèvements discrets au cours de 6 crues a néanmoins conduit à demander au laboratoire 5350 déterminations, ce qui situe rapidement les limites d'extensions du procédé. L'étude des modifications géochimiques dans les eaux de surface ne paraît envisageable à un coût réaliste, que sur des surfaces plus petites ou l'on puisse recueillir totalité ou partie des écoulements et aboutir à l'analyse d'échantillons moyens en nombre raisonnable (action CTFT sur parcelles de 200 m²), ou ce qui revient au même, disposer sur grand bassin d'un automate prélevant un échantillon moyen proportionnel au débit. Deux de ces appareils sont opérationnels en A et C et permettront d'affiner ces résultats au cours de la saison 1981, et en particulier de préciser le devenir d'un épandage NPK sur ces deux types de sol (mai 1981).

RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS

Au stade présent d'une interprétation élémentaire tribulaire de ralentissements dans les dépouillements, les résultats essentiels tirés des mesures effectuées en 1979 peuvent se résumer très brièvement de la façon suivante :

. 8 bassins ont été observés sous forêt, et on a constaté des différences importantes entre leurs écoulements, qui par exemple, à l'échelle annuelle varient entre 15 et 57% de la pluviométrie. Cette variation est en accord parfait avec les différenciations pédologiques fondées sur le comportement hydrodynamique des sols.

. Deux bassins ont été aménagés en 1979, l'un sur sol à bon drainage vertical, en verger (C), l'autre sur sol à drainage bloqué, en pâturage (A). Les coefficients d'écoulement annuels de chacun d'eux ont approximativement doublé par rapport aux valeurs que l'on aurait mesurées sous forêt (+116% au bassin A et + 400% au bassin C) et sont respectivement de 47% et de 22%.

. Les transports solides mesurés sous forêt en 1979 sont faibles et en assez bonne relation avec les écoulements (6 t/km²/an pour 100 mm de lame écoulée), grâce à une part prépondérante des transports en solution et en suspension (plus de 90% du total) qui présente des variations de concentrations relativement étroites (15 à 35 mg/l pour les solutions, 10 à 30 mg/l pour les suspensions). Les valeurs extrêmes ont été relevées au bassin E (33 t/km²/an) et au bassin F (110 t/km²/an).

. Une augmentation sensible de l'érosion mécanique a été constatée sur les bassins défrichés qui sont restés à l'état de sol nu pendant la quasi totalité de la saison pluvieuse, avec une pointe bien nette au moment du travail du sol (labour ou trouaison). Le bilan annuel s'établit à 1115 t/km²/an sur le bassin A et à 320 t/km²/an sur le bassin C, selon des proportions sensiblement égales entre les dépôts piégés au fond des fosses et ceux transportés en suspension.

Qualitativement, on constate un décapage généralisé de l'horizon superficiel en haut de versant sur plus de 10 cm, et un colluvionnement important dans le thalweg qui peut représenter plus de 10 fois le transport solide à l'exutoire du bassin, bien que

débardage et défrichement aient eu lieu dans les meilleures conditions, c'est-à-dire en saison sèche.

Il n'y a pas eu d'amorce de ravinements mais les intensités pluviométriques horaires sont restées bien en deçà du seuil de fréquence annuelle.

DOCUMENTS CONSULETES

- Plans topographiques de bassins versants au 1/500. J.M. SARRAILH CTFT - Kourou - mars 1980.
- Notices et cartes pédologiques des bassins versants au 1/1000. R. BOULET, D. BRUNET, M. CHAUVEL, E. FRITSCH - ORSTOM - Cayenne.
- Les sols des terres hautes et de la plaine côtière ancienne en Guyane française septentrionale. R. BOULET, E. FRITSCH, F.X. HUMBEL - ORSTOM - Cayenne - 1979.
- Bulletins climatologiques mensuels - Météorologie Nationale - S/ Région Guyane - (1975 à 1979).
- Protocole d'aménagement des bassins versants A et C - J.M. SARRAILH - CTFT - Kourou - janvier 1980.
- Les Bassins Versants expérimentaux ECEREX. Etude comparative des écoulements et de l'érosion sous forêt en 1977 - M.A. ROCHE - ORSTOM.
Cahiers d'Hydrologie Vol. XV - n° 4 - 1978 -
- Analyse comparative des écoulements et de l'érosion sur les Bassins Versants expérimentaux ECEREX sous forêt primaire - M.A. ROCHE - Bulletin de liaison n° 2 - ORSTOM - Cayenne - 1979.

PARCELLES ELEMENTAIRES D'ETUDE DU RUISSELLEMENT ET DE L'EROSION
ANALYSE DES RESULTATS OBTENUS DURANT LES DEUX PREMIERES CAMPAGNES DE MESURE

par

JM. SARRAILH

CTFT GUYANE

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 15929, ex 2

Cote : A

Liée au dispositif de 10 bassins versants, l'expérimentation en parcelles élémentaires a pour but de permettre la caractérisation du ruissellement et de l'érosion à plus grande échelle que les bassins, sur des surfaces plus homogènes.

1 - Dispositif expérimental

La station est équipée de 11 parcelles élémentaires d'étude du ruissellement et de l'érosion répartis en deux dispositifs.

Le premier comprend trois parcelles sous forêt ; il a pour but la comparaison de sols à drainage vertical libre de ceux à drainage vertical bloqué.

Sur le second sont placées sept parcelles sur sols à drainage vertical bloqué. La comparaison porte ici sur différents pâturages. Comme pour le bassin A, un abattage suivi de défrièvement a été réalisé en Janvier 1979. L'aménagement en pâturage graminé en a été effectué en Avril 1979. Une huitième parcelle dite de Wischmeier, placée au milieu du dispositif des parcelles pâturages, doit permettre de déterminer l'érodibilité du sol.

11 Parcelles sous forêt.

Deux parcelles sont voisines du bassin A :

Elles sont toutes les deux sur sols à drainage bloqué à moyenne profondeur.

- La parcelle A de $10 \times 40 = 400 \text{ m}^2$ a une perméabilité de surface faible. Elle inclue des pentes de 18 % dans la partie supérieure jusqu'à des pentes de 35 %.

- La parcelle B de $10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$ n'est située qu'à la partie supérieure du relief sur sols à perméabilité de surface élevée (pente environ 18 %).

La troisième est voisine du bassin B.

- La parcelle C de $10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$ est située à la partie supérieure du relief où le cheminement de l'eau est vertical et libre (Pente environ 18 %)

12 Parcelles sous pâturages

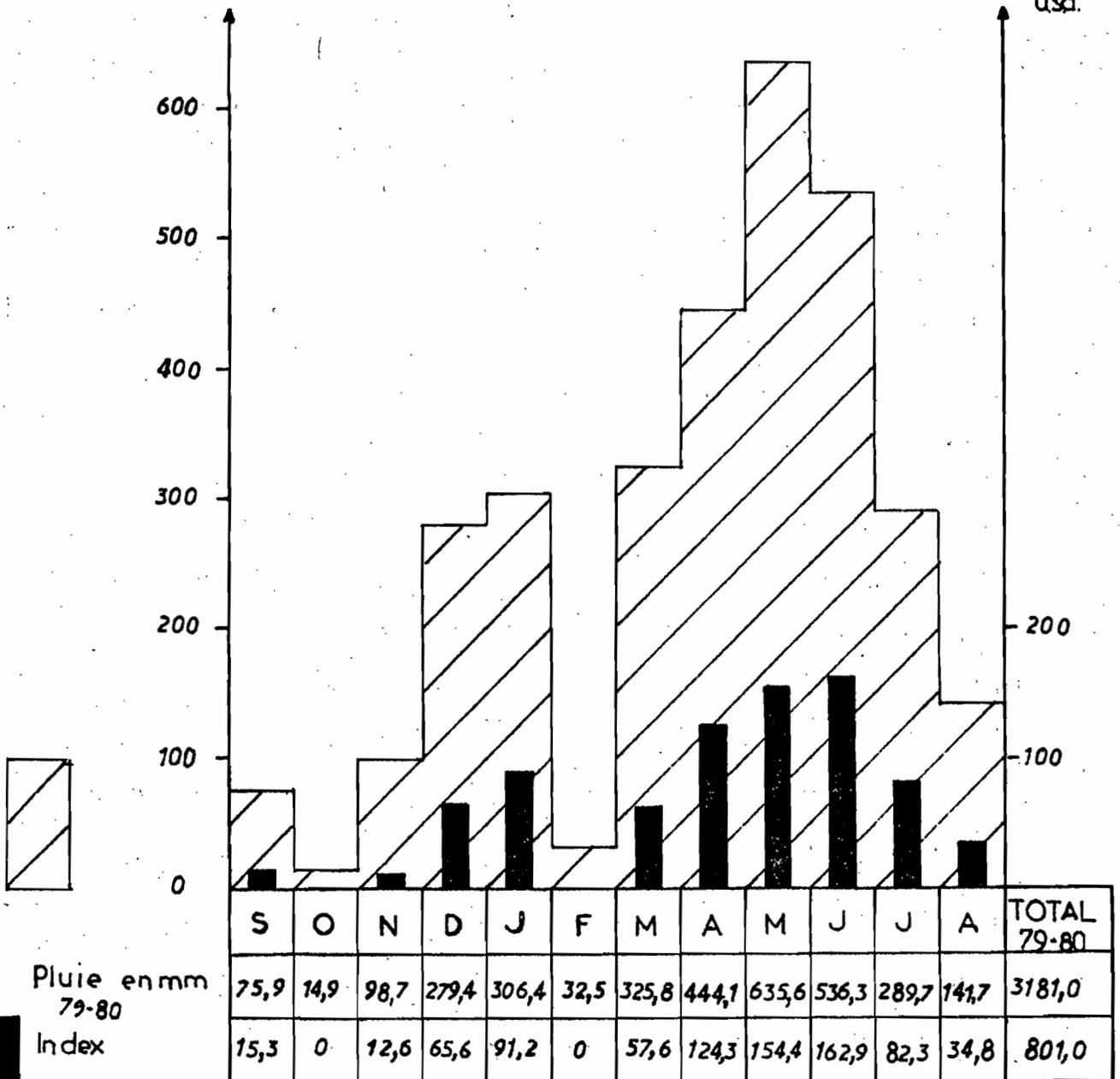
Les parcelles sont voisines du bassin F, sur sol à drainage vertical bloqué. Les parcelles 1, 2 et 3 sont d'autre part situées sur pegmatite, et on observe la présence de nodules sur une partie des parcelles 4 et 7.

Les sept parcelles ont 200 m^2 (20 m de long sur 10 m de large). Elles sont couvertes de pâturages suivants :

PLUIE ET INDEX DE PLUIE

CAMPAGNE 1979-1980

pluie en mm index de pluie usa.

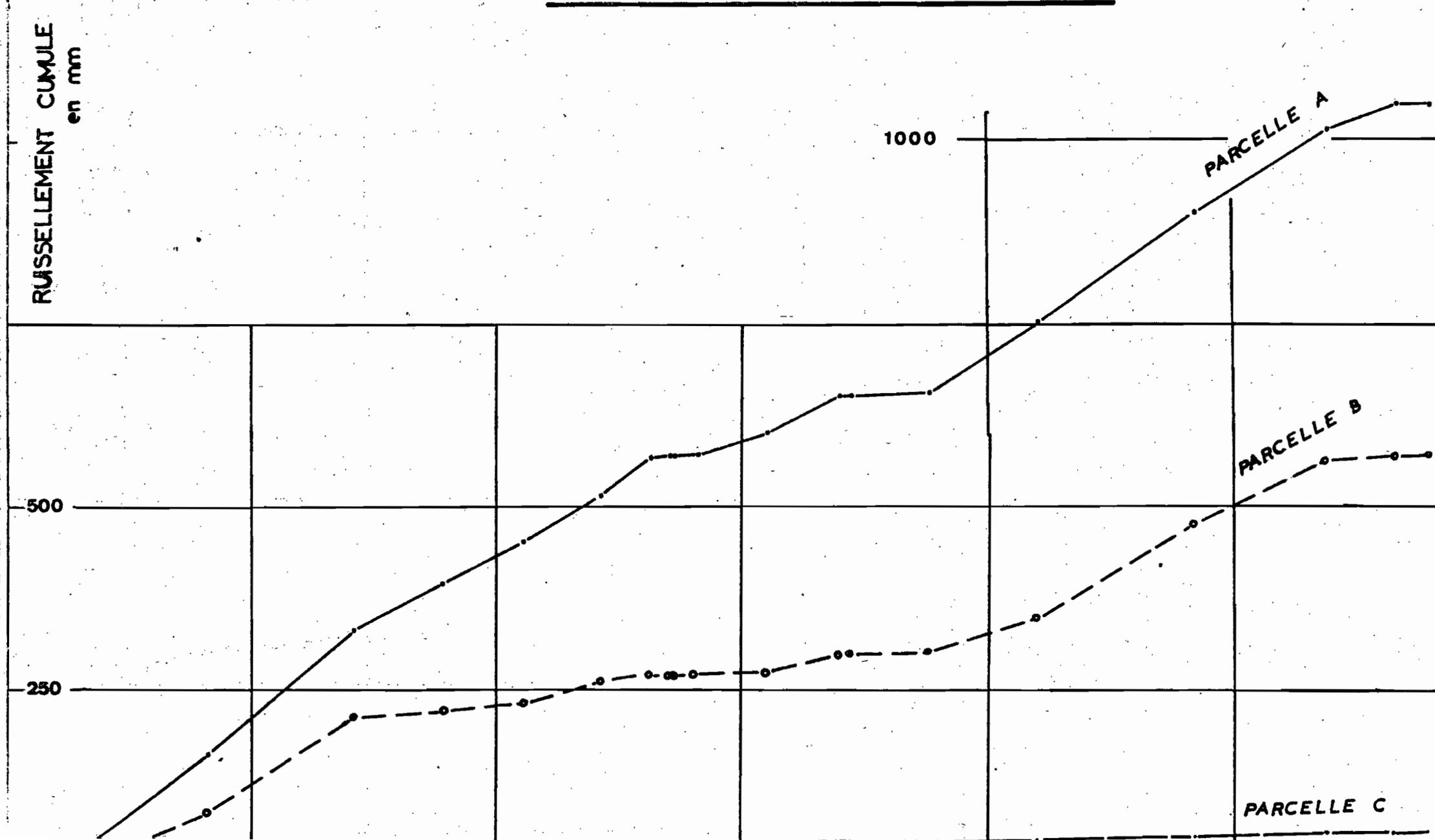


COMPARAISON AVEC L'ANNEE PRECEDENTE

Pluie en mm 78-79	166,6	94,4	88,7	601,3	250,1	157,0	520,7	605,4	360,3	324,0	324,1	202,1	3694,7
Index	119,3	20,2	33,9	242,4	46,2	52,9	131,7	182,7	86,4	63,7	87,2	75,7	1142,3

RUISSELLEMENT CUMULE EN FONCTION DE LA PLUIE

RUISSELLEMENT CUMULE
en mm



P 1 - Panicum maximum	pente : 13,8 %
P 2 - Brachiaria ruziziensis	pente : 13,4 %
P 3 - Brachiaria USDA	pente : 12,4 %
P 4 - Brachiaria decumbens	pente : 12,8 %
P 5 - Brachiaria mutica	pente : 10,6 %
P 6 - Digitaria Swazilandensis	pente : 12,3 %
P 7 - Pennisetum purpureum	pente : 13,6 %

13 Parcelle Wischmeier

La méthode d'étude en parcelle de l'érosion s'appuie sur l'équation universelle de Wischmeier. Cette équation comprend 2 paramètres mesurables :

L'indice -pluie R - calculé à partir des enregistrements pluviographiques et les pertes en terre A - recueillies dans la cuve de réception. La parcelle Wischmeier est une parcelle de sol nu, régulièrement travaillée (afin de provoquer une érosion maximale). Elle va permettre d'obtenir la valeur de l'Indice - Sol et, par la même, la prévision de l'érosion suivant la culture, le traitement et la longueur de la pente.

La superficie est de 100 m² (20 de long sur 5 m de large) et la pente de 11,5 %.

2 - Résultats

21 Pluviométrie et index de pluie Fig. 1

211 1978 - 1979 : Le total de la campagne est de 3695 mm^m ; deux mois les pluies dépassent 600 mm (Décembre-Avril)

L'index de pluie annuel est de 1142 unités ce qui montre un indice d'agressivité climatique élevé, dépassant 200 unités durant le seul mois de Décembre.

212 1979 - 1980 : Les pluies sont moins abondantes ; la pluviométrie annuelle totalise 3181 mm. Le mois de Février en particulier (32,5 mm) sépare la saison des pluies en deux épisodes distincts.

L'index de pluie annuel se limite à 801 unités.

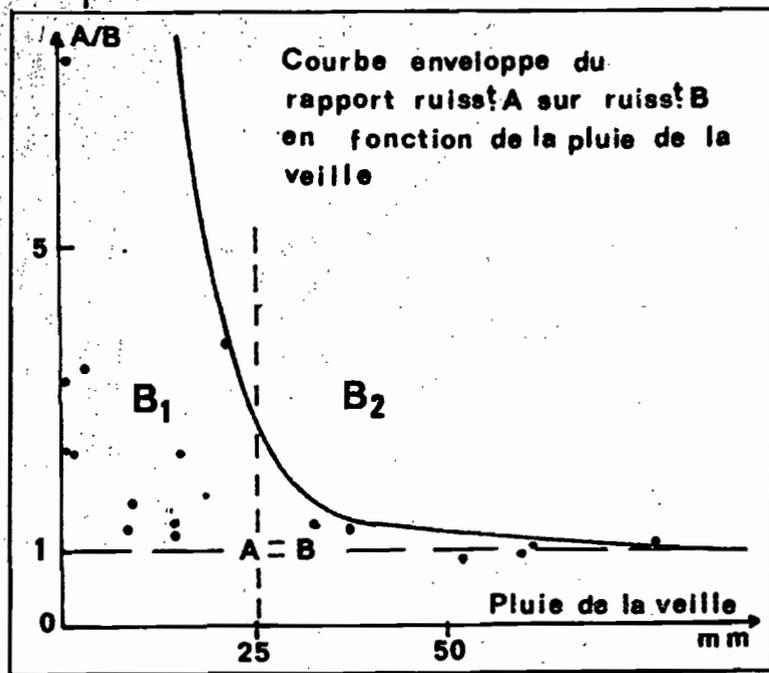
22 Ruissellement

221 Parcelles sous forêt : Tableaux n° 1 et n° 2 Fig. 2 et Fig.3.

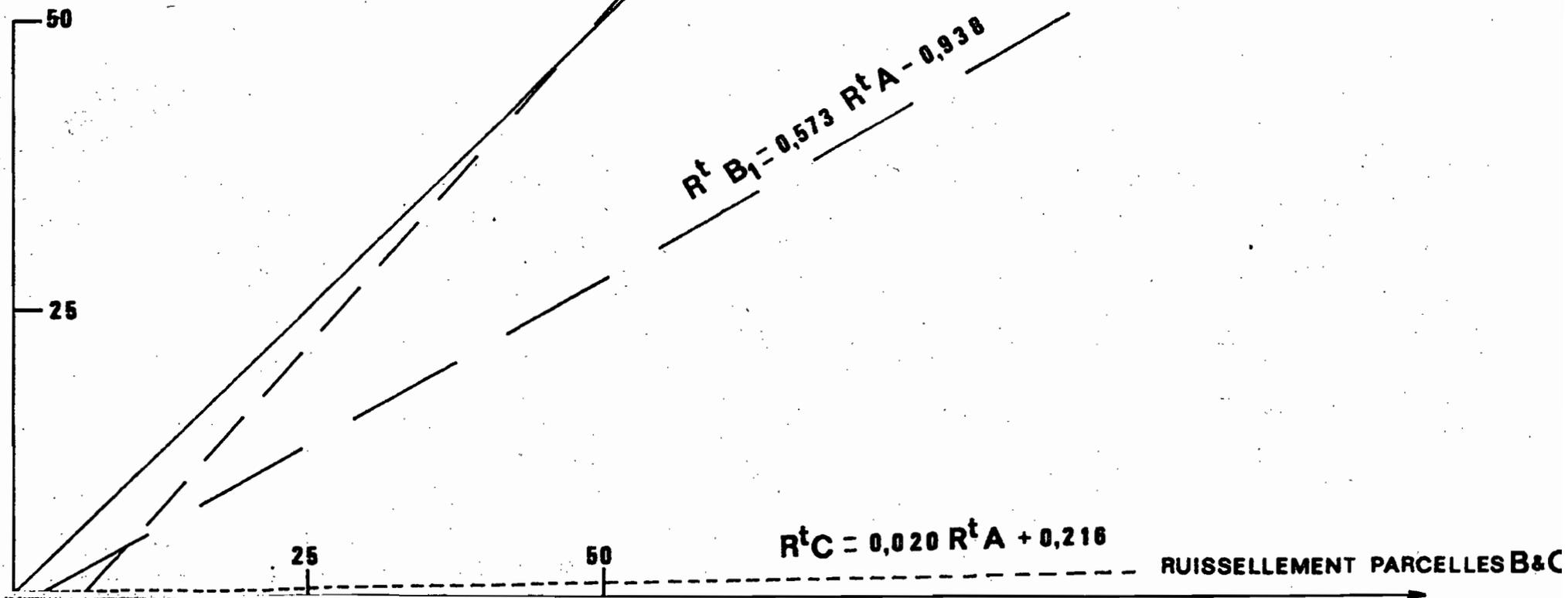
Le récapitulatif mensuel des deux campagnes fait apparaître les différences de comportement des parcelles suivant le type de sol.

- La parcelle A avec des sols à drainage bloqué à moyenne profondeur et peu perméables en surface ruisselle annuellement 15 à 22 % de la pluie. Pour un mois le maximum observé est de 30 %.

RUISSELLEMENT PARCELLE A



CORRELATIONS ENTRE LES RUISSELLEMENTS AUX PARCELLES A ET B, C



1979

TABLEAU N° 1

PARCELLES FORET

Mois	Pluie	Index	Par A 400 m2			Par. B 100 m2			Par. C 100 m2			Pluies
	A et B mm	de pluie	Ruiss. mm	Coef. %	Ero. kg	Ruiss. mm	Coef. %	Ero. kg	Ruiss. mm	Coef. %	Ero. kg	C en mm
JANVIER	138,3	16,7	4,56	3,3	0	3,00	2,2	0	1,60	1,2	0	138,3
FEVRIER	157,0	52,9	28,89	18,4	3,2	7,85	5,0	0	1,35	0,8	0	159,5
MARS	520,7	131,7	125,35	24,1	3,3	75,00	14,4	0,8	4,80	0,9	0	537,6
AVRIL	605,4	182,7	178,36	29,5	3,1	127,02	21,0	0,5	10,63	1,7	0	622,4
MAI	360,3	86,4	55,93	15,5	3,1	10,35	2,9	0	5,75	1,6	0	368,4
JUIN	324,0	63,7	56,83	17,5	1,9	12,73	3,9	0,5	5,62	1,7	0,4	339,5
JUILLET	324,1	87,2	66,82	20,6	2,6	24,62	7,6	0	5,51	1,7	0	326,2
AOUT	202,1	75,7	47,86	23,7	0,2	10,35	5,1	0	2,05	1,0	0	197,2
CAMPAGNE	2631,9	697,0	564,6	21,5	17,4	270,92	10,3	1,8	37,31	1,4	0,4	2689,1

TABLEAU N° 2
PARCELLES FORET

1979 - 1980

Mois	Pluie	Index	Par. A 400 m2			Par. B 100 m2			Par. C 100 m2			Pluie C en mm
	A et B	de pluie	Ruiss. mm	Coef. %	Ero. kg	Ruiss. mm	Coef. %	Ero. kg	Ruiss. mm	Coef. %	Ero. kg	
SEPTEMBRE	75,9	15,3	2,64	3,5	0	0,32	0,4	0	0,10	0,1	0	77,8
OCTOBRE	14,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,9
NOVEMBRE	98,7	12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101,4
DECEMBRE	279,4	65,6	33,74	12,1	0,7	3,80	1,4	0	1,70	0,6	0	287,3
JANVIER	306,4	91,2	56,41	18,4	1,3	19,80	6,5	0	1,80	0,6	0	306,8
FEVRIER	32,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,7
MARS	325,8	57,6	5,25	1,6	0	1,89	0,6	0	1,09	0,3	0	322,6
AVRIL	444,1	124,3	88,28	19,9	3,3	50,06	11,3	0,5	3,43	0,8	0	437,5
MAI	635,6	154,4	145,85	22,9	1,3	137,16	21,6	0	4,41	0,7	0	608,0
JUIN	536,3	162,9	121,84	22,7	2,1	79,77	14,9	0	5,12	1,0	0	523,9
JUILLET	289,7	82,3	28,52	9,8	0,4	7,28	2,5	0	1,29	0,5	0	262,1
AOUT	141,7	34,8	6,28	4,4	0	1,50	1,06	0	0,63	0,5	0	134,7
CAMPAGNE	3181,0	801,0	488,81	15,4	9,1	301,58	9,5	0,5	19,47	0,6	0	3101,7

- La parcelle B sols plus perméables en surface ruisselle dans l'année autour de 10 % de la pluie. Le maximum mensuel est de 22 %.
- La parcelle C qui comporte des sols où le cheminement de l'eau est vertical et libre ne ruisselle plus annuellement que de 0,6 à 1,4 % de la pluie. Le maximum mensuel n'atteint jamais les 2 %.

Afin de préciser ces résultats l'étude individuelle des crues a été réalisée.

L'établissement d'une corrélation entre le ruissellement à la parcelle A et à la parcelle B met en évidence pour cette dernière deux types de comportement suivant l'humectation préalable de la parcelle.

Dès que la pluie de la journée précédente dépasse les 25 mm, les ruissellements de la parcelle A et de la parcelle B se rapprochent. Cela apparaît très bien en mettant en relation le rapport - ruissellement parcelle A sur ruissellement parcelle B et la pluie de la veille (pour simplifier seules les crues provoquées par des pluies supérieures à 50 mm sont prises en considération).

Le rapport A/B qui peut atteindre jusqu'à 12, descend de 1,35 à 0,88 dans le cas où la pluie de la veille dépasse les 25 mm.

Deux corrélations ont donc été établies : (160 couples de données au total des deux campagnes).

1° cas - Pluie de la veille inférieure à 25 mm.

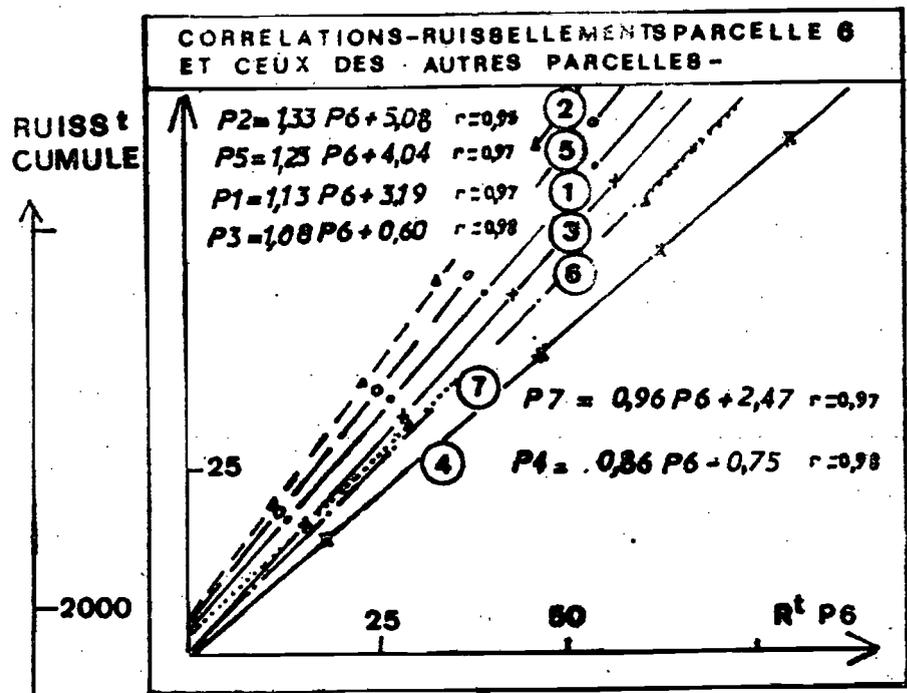
$$R^t \quad B1 = 0,573 \quad R^t \quad A - 0,938 \quad r = 0,906$$

2° cas - Pluie de la veille supérieure à 25 mm.

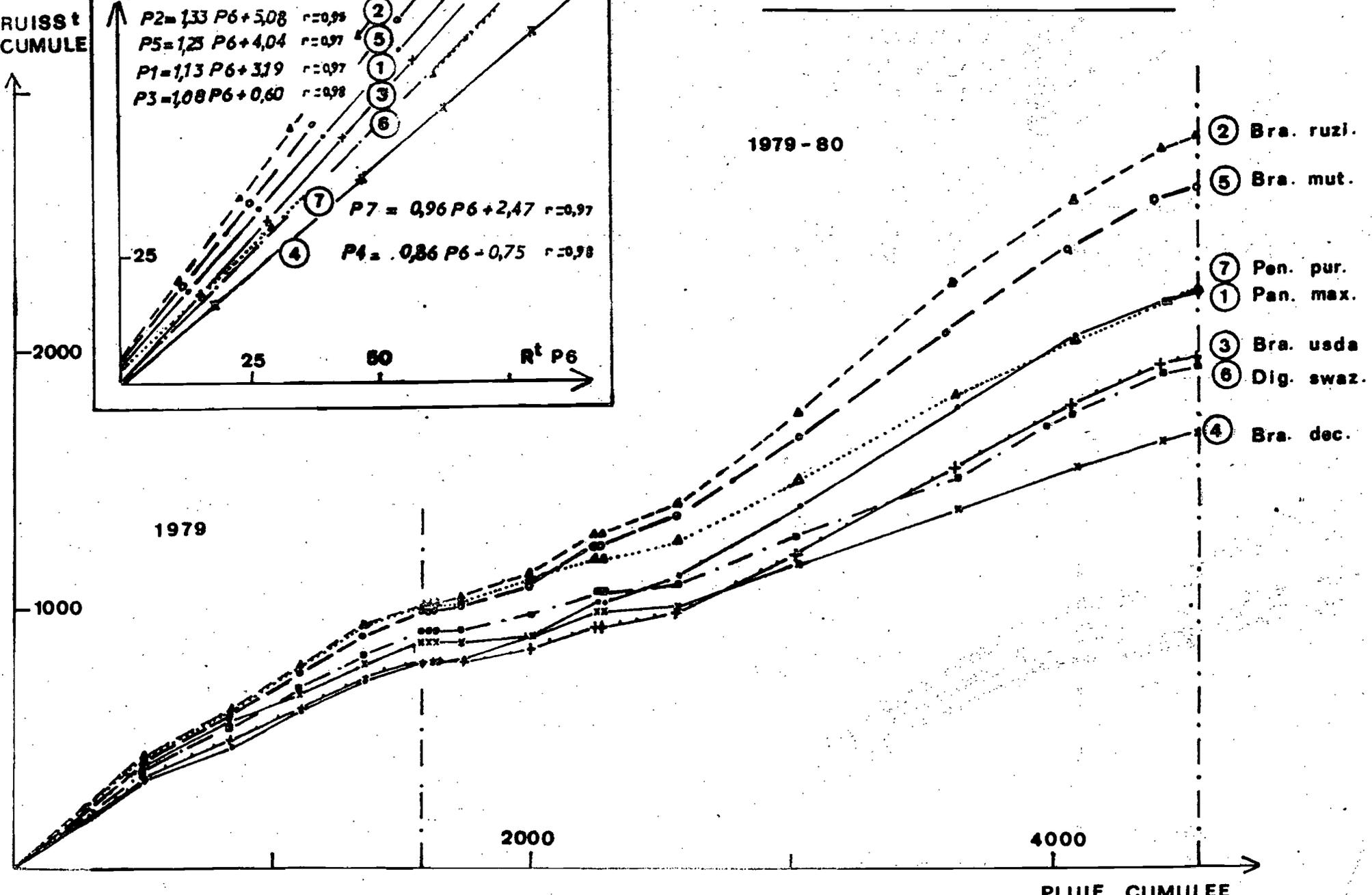
$$R^t \quad B2 = 1,157 \quad R^t \quad A - 7,726 \quad r = 0,986$$

Ce que R. BOULET explique de la façon suivante¹ : "le ruissellement est fort en A où la faible perméabilité de surface de la pente déclenche un ruissellement même pour les faibles pluies. Pour B tout se passe comme si la perméabilité convenable en surface, permettait une bonne infiltra-

1 - MM. R. BOULET, J.M. FRISTSCH, J.P. LESCURE 1980 - l'Opération ECEREX (Ecologie, Erosion, Expérimentation). Etude multidisciplinaire de l'écosystème forestier guyanais et de son évolution sous l'effet de divers types d'exploitation. Interrelation entre divers disciplines envisagées à partir de l'approche pédologique. Comm. Séminaire C.E.P.E. ORSTOM - Montpellier 8 - 9 septembre 1980.



RUISSELLEMENT CUMULE EN FONCTION DE LA PLUIE



tion jusqu'à un seuil correspondant à une quasi-saturation du réservoir que constituent les horizons fonctionnels surmontant l'horizon rouge compact. Au delà de ce seuil, le ruissellement rattrape, voir dépasse celui de A".

Pour la parcelle C le ruissellement est très faible. L'infiltration est presque totale quelque soit la pluie.

$$R^t C = 0,020 \quad R^t A = 0,216 \quad r = 0,751$$

222 Parcelles pâturages : Fig. 4

Le récapitulatif mensuel des 2 campagnes permet une première comparaison des fourrages au point de vue du total ruissellé.

Les parcelles 3 - (*Brachiaria U.S.D.A.*) 4 - (*Brachiaria decumbens*), et 6 (*Digitaria swazilandensis*) retiennent nettement mieux que les autres la pluie sur l'ensemble des 2 campagnes - de 28 % à 39 % en 1979/80.

Les pâturages de grande taille viennent ensuite : le *Panicum maximum* (herbe de Guinée) et le *Pennisetum purpureum* (herbe à éléphant) avec respectivement 48 % pour P1 et 41 % P7 en 1979/80.

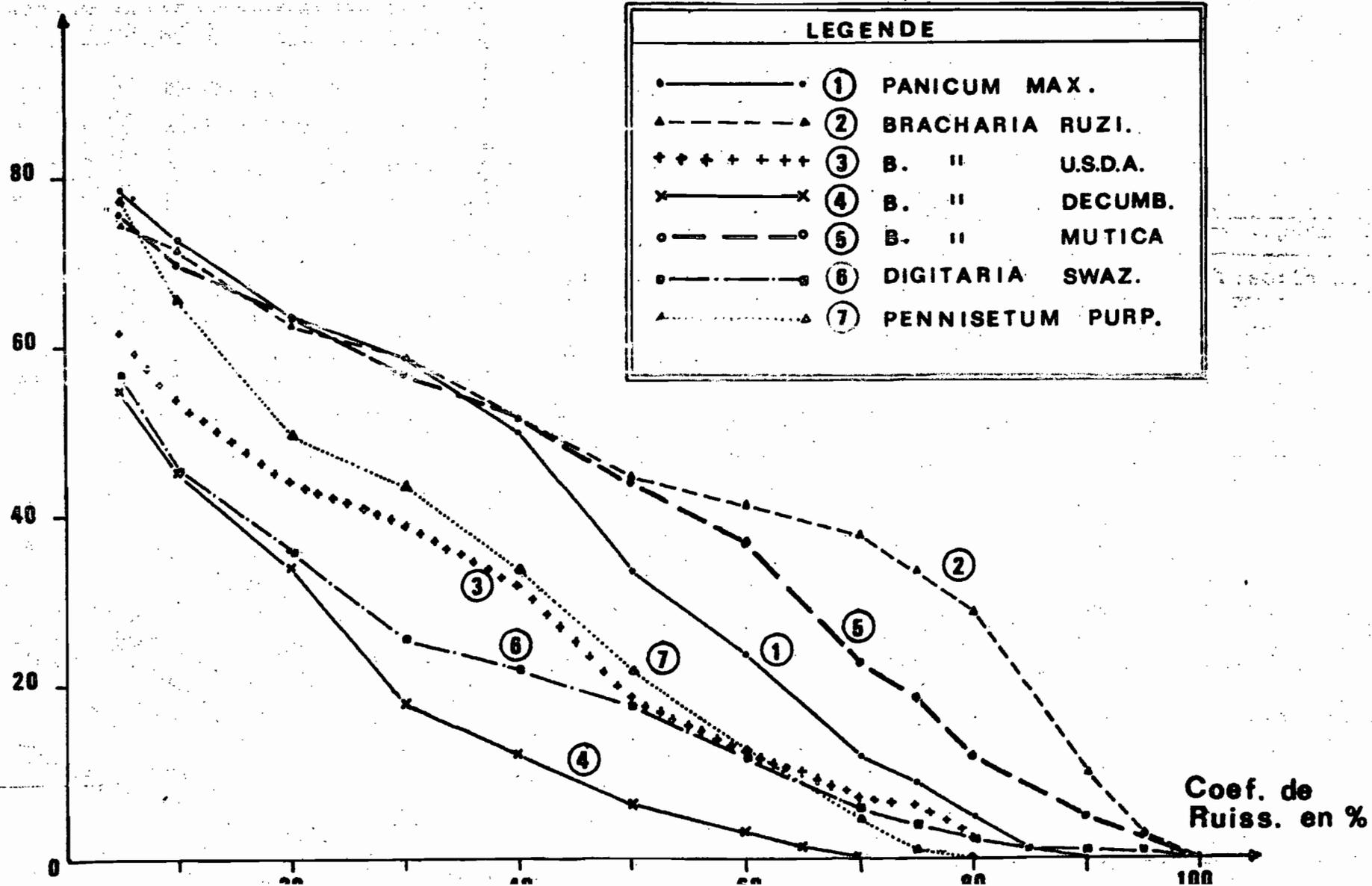
Enfin, deux parcelles ruissellent particulièrement : P5 - *Brachiaria mutica* -(Tanner) et P2 *Brachiaria ruziziensis* - ; 55 % pour P5, 61 % pour P2 en 1979/1980. A titre de comparaison, la parcelle Wischmeier en sol nu travaillé a ruissellé en 1979/80 50 % de la pluie.

Suivant la nature du pâturage le ruissellement annuel varie du simple au double.

Pour préciser le comportement des pâturages, le classement des crues par classes de coefficient de ruissellement est le suivant :

	crues supérieurs à				
	5 %	10 %	20 %	50 %	75 %
2 B. Ruziz	75	72	63	45	34
5 B. mutica	76	70	64	44	19
1 Pan. max.	79	73	64	34	9
7 Pen. pur.	78	66	50	22	1
3 B. USDA	62	54	45	19	6
6 Dig. swaz	55	45	36	18	4
4 B. dewumbens	57	45	34	6	0

Nb. de crues
Sup. à



La hiérarchie entre les pâturages reste donc bien la même, ce qui est confirmé par l'établissement de droites de corrélations entre le ruissellement sur les parcelles pâturages et le ruissellement sur la parcelle 6 considérée comme témoin (c'est le pâturage installé sur le bassin versant A).

Les droites sont les suivantes :

- ruissellement parcelle	1	=	1,13	R_t^t	P6 + 3,19	$r = 0,97$
- "	"	"	2	=	1,33 R_t^t P6 + 5,08	$r = 0,95$
- "	"	"	3	=	1,08 R_t^t P6 + 0,60	$r = 0,98$
- "	"	"	4	=	0,86 R_t^t P6 - 0,75	$r = 0,98$
- "	"	"	5	=	1,23 R_t^t P6 + 4,04	$r = 0,97$
- "	"	"	7	=	0,96 R_t^t P6 + 2,47	$r = 0,97$

Ce qui fait apparaître une légère différence du fait que la parcelle 7 ruisselle un peu moins que la parcelle 3 et 6 pour les forts ruissellements.

Sur l'ensemble de ces résultats les trois pâturages suivants :

Brachiaria U.S.D.A. - Brachiaria decumbens - Digitaria swazilandensis diminuent le plus le ruissellement.

On doit toutefois mentionner que le Brachiaria USDA sur ce type de sol produit moitié moins que les deux autres graminées.

23 Erosion

Sous forêt : l'érosion mesurée en parcelles élémentaires sous forêt reste modeste quelque soit la nature du sol.

- 0,44 T/Ha en 1979 et 0,23 T/Ha en 1979-1980 pour la parcelle A dont à peu près la moitié sous forme de suspensions.
- 0,18 T/Ha en 1979 et 0,10 T/Ha en 1979-1980 pour la parcelle B.
- 0,04 T/Ha en 1979 et négligeable en 1979-1980 pour la parcelle C.

Il en est tout autrement après le défrichement : la mise à nu des sols et le labour occasionnent la première année des pertes importantes aux parcelles pâturages : de 19,3 T/ha (P1 -Panicum maximum) à 44,8 T/ha (P 7 Pennisetum purpureum).

Mais dès la seconde année les pertes en terre ne dépassent pas 0,5 T/ha soit une valeur tout à fait comparable à une parcelle sous forêt.

Quant à la parcelle Wischmeier, l'érosion en 1979-1980 est de 109 T/ha/an ce qui peut apparaître considérable mais cependant ne correspond qu'à un indice inférieur à 0,10 donc une érodibilité faible, ce qui est normal car l'évolution d'une parcelle W nécessite trois à cinq ans pour fixer l'érodibilité réelle du sol.

TABLEAU N° 3

PARCELLES PATURAGES

1979

Mois	Pluie	P 1 Pann.max.		P2 Brac ruz.		P3 Br USDA		P4 Br decumb:		P 5 Tanner		P6 DigSwaz:		P7 Penn pur:	
	en mm	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %
AVRIL	519,9	332,23	63,9	419,40	80,7	350,98	67,5	400,64	77,1	411,14	79,1	382,88	73,6	414,84	79,8
MAI	311,9	127,77	41,0	184,01	59,0	134,04	43,0	130,92	42,0	172,11	55,2	162,85	52,2	184,58	59,2
JUIN	273,2	125,65	46,0	170,27	62,3	125,55	46,0	129,94	47,6	165,81	60,7	152,18	55,7	175,01	64,1
JUILLET	262,6	124,06	47,2	156,82	59,7	107,72	41,0	114,62	43,6	149,94	57,1	136,48	52,0	152,82	58,2
AOUT	201,1	67,55	33,4	80,75	40,0	65,60	32,5	71,89	35,6	91,68	45,4	81,76	40,5	96,82	47,9
CAMPAGNE	1569,7	777,26	49,5	1011,25	64,4	783,89	49,9	848,01	54,0	990,68	63,1	916,15	58,4	1024,07	65,2

3 - Conclusion

Le dispositif d'étude en parcelle élémentaires du ruissellement et de l'érosion permet bien de caractériser ces paramètres en fonction de la nature du sol et de la végétation.

On observe les différences de ruissellement entre sol à drainage bloqué et libre :

- 15 à 20 % de la pluie parcelle A
- 0,6 à 1,4 % de la pluie parcelle C

après défrichement :

- 49,5 % à 64,4 % parcelles pâturages en 1979

et l'effet des pâturages :

- 27,6 % à 60,8 % *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria decumbens* et l'érosion est faible sous forêt 0,04 à 0,44 T/ha, devient importante lors de la mise en place des pâturages - jusqu'à 45 T/ha - mais redevient du même ordre de grandeur que sous la forêt dès l'année suivante.

TABLEAU N° 4

PARCELLES PATURAGES

1979 - 1980

MOIS	Pluie	P 1 Pan max.		P2 Brac ruz.		P3 Br USDA		P4 Br decumb.		P 5 Tanner		P6 Dig Swa.		P7 Penn. pur	
	en mm	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %	Ruiss. mm	Coef. %
SEPTEMBRE	37,2	0,20	0,5	0,40	1,1	0,38	1,0	0,20	0,5	0,15	0,4	0	0	0,8	2,2
OCTOBRE	13,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NOVEMBRE	114,8	17,63	15,4	18,91	16,5	8,37	7,3	8,86	7,7	11,48	10,0	6,81	5,9	21,53	18,8
DECEMBRE	264,3	90,69	34,3	107,04	40,5	53,48	20,2	41,34	15,6	90,35	34,2	55,08	20,8	72,58	27,5
JANVIER	253,0	122,85	48,6	144,12	57,0	88,53	35,0	72,65	28,7	144,19	57,0	94,72	37,4	83,82	33,1
FEVRIER	19,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MARS	291,4	97,99	33,6	119,51	41,0	43,92	15,1	28,76	9,9	119,85	41,1	24,60	8,4	69,73	23,9
AVRIL	454,2	272,13	59,9	353,52	77,8	221,37	48,7	155,41	34,2	300,21	66,1	166,28	36,6	228,46	50,3
MAI	617,4	387,95	62,8	507,60	82,2	339,73	55,0	224,88	36,4	406,66	65,9	233,82	37,9	305,47	49,5
JUIN	447,6	277,47	62,0	318,14	71,1	238,64	53,3	162,22	36,2	314,26	70,2	247,53	55,3	227,04	50,7
JUILLET	326,5	144,92	44,4	197,13	60,3	136,91	41,9	102,83	31,5	206,50	63,2	166,69	51,1	161,94	49,6
AOUT	153,7	35,01	22,8	51,48	33,5	37,06	24,1	29,48	19,2	46,28	30,1	34,06	22,2	39,24	25,5
CAMPAGNE	2992,2	1446,84	48,4	1817,85	60,8	1168,39	39,0	826,63	27,6	1639,93	54,8	1029,59	34,4	1210,59	40,5

ETUDE IN SITU DE LA DYNAMIQUE DE L'EAU DANS LE SOL
SOUS FORET PRIMAIRE
INFLUENCE DE LA COUVERTURE PEDOLOGIQUE SUR
QUELQUES CARACTERISTIQUES DU DRAINAGE VERTICAL

J. M. GUEHL.

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

Bioclimatologie Forestière
Institut National de la Recherche Agronomique.

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 15930, ex 2

Cote : A

I - INTRODUCTION.

L'étude de l'organisation de la couverture pédologique de la zone Ecerex a abouti à la distinction de deux grands types de sols en ce qui concerne la dynamique de l'eau : dynamique verticale et profonde d'une part, dynamique latérale et superficielle d'autre part. A l'échelle d'un bassin versant, cette distinction est corroborée par les données hydrologiques.

Mais les phénomènes d'interaction entre le cycle hydrologique dans le sol et les arbres forestiers, qui sont en bonne partie responsables du comportement de la forêt en un endroit donné, et auxquelles s'adresse le bioclimatologue Forestier se situent à une échelle bien plus fine que celle du bassin versant.

A cette échelle, certaines observations de nos collègues Pédologues (HULBEL, 1978) ont déjà permis d'établir des différences entre les deux types de sols. Mais ces observations restent souvent trop qualitatives et ponctuelles dans le temps et se heurtent souvent à la grande hétérogénéité spatiale caractérisant le milieu forestier pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions définitives.

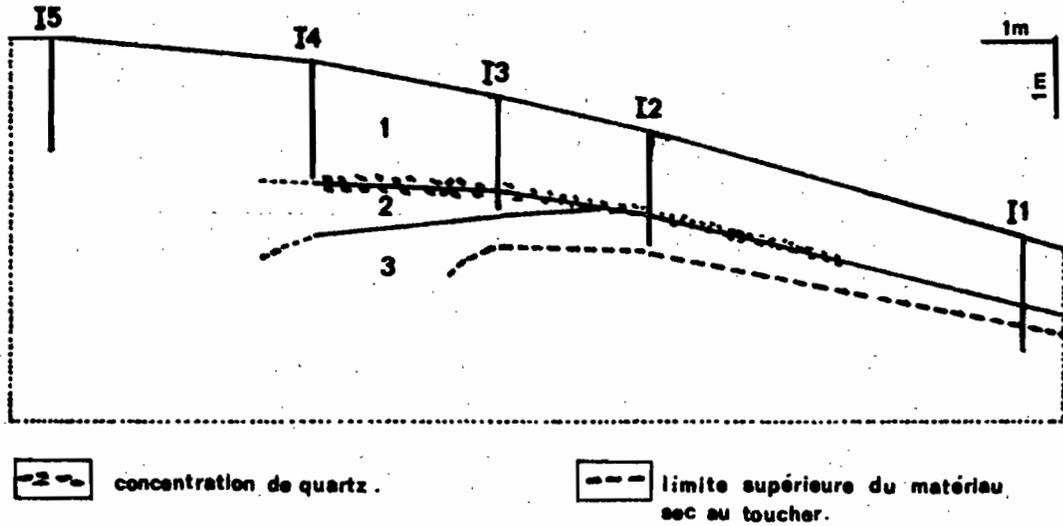
Vis à vis de l'approche pédologique, le but de notre intervention était de préciser, à l'aide de méthodes et techniques plus appropriées d'étude de l'eau dans le sol, les caractéristiques de la dynamique de l'eau en relation avec l'organisation de la couverture pédologique. En retour, pour notre approche propre des interactions entre le cycle hydrologique et la forêt, nous avons pu bénéficier d'un bon calage pédologique de nos dispositifs expérimentaux et de la possibilité d'installer ces derniers dans des zones présumées être à gradients environnementaux intéressants.

Après une première analyse des données obtenues de Mai à Septembre 1980, nous présentons ici quelques résultats qui nous semblent intéressants.

II - SITE D'EXPERIMENTATION ET METHODOLOGIE D'ETUDE.

En concertation avec R. BOULET (pédologie O.R.S.T.O.M.) nous avons choisi un transect le long duquel la figure 1 constitue une coupe topo-pédologique. Ce transect est situé légèrement en contrebas du sommet d'interfluve du bassin I et suit une ligne de plus forte pente. Il est caractérisé d'amont en aval par un amincissement progressif de l'horizon supérieur brun-jaune, bien structuré, à forte porosité interagrégats et par l'apparition et la remontée progressive du matériau d'altération de la pegmatite d'aspect compact qui, à la base du transect, arrive à 90 cm environ de la surface et serait responsable d'un basculement du drainage passant de vertical et profond à l'amont à superficiel et latéral à l'aval (BOULET et AL, 1979).

FIG:1



- Figure 1 : Schéma d'une coupe topopédologique effectuée le long du transect choisi dans le bassin I pour l'installation des dispositifs de mesure I1..... I5 sont les sites de mesures, les traits verticaux indiquent la profondeur de mesure du potentiel de l'eau.

- 1 : horizon brun-jaune bien structuré à forte porosité.
- 3 : matériau d'altération de la pegmatite d'aspect compact.
- 2 : volume de transition entre 1 et 3.

(d'après R. BOULET).

En cinq sites de ce transect (I1 à I5 sur la figure 1) ont été installés les dispositifs suivants :

- En Mai 1980, des batteries de tensiomètres destinées à établir en chacun des sites un profil vertical du potentiel de l'eau.

Le potentiel hydrique total (ψ_t) est la quantité d'énergie, comptée négativement, qu'il faudrait fournir par unité de volume d'eau pour la faire passer d'un état donné à l'état libre (eau pure à la pression atmosphérique et à une altitude de référence z_0 prise à la surface du sol dans notre cas).

Le potentiel hydrique est exprimé en unités de densité énergétique ou ce qui est équivalent en unités de pression (millibars ici). Les flux d'eau sont dirigés suivant le gradient de ψ_t (flux normaux aux équipotentiels et dans le sens des potentiels décroissants (1)). Les organes sensibles des tensiomètres sont situés aux profondeurs 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, et 150 cm, leur domaine de prospection est indiqué sur la figure 1. Les mesures se font par lecture directe (manomètre à mercure).

- En Août 1980, des tubes de sondes à neutrons (2 en I1, I2, I3, et I4 5 en I5) à une profondeur de 1,70 m destinés à la mesure de l'humidité volumique du sol (θ). Depuis mi-août 1980 des mesures sont effectuées hebdomadairement par tranches de 10 cm de sol en chacun de ces tubes.

Ces mesures peuvent donner accès directement (absence de drainage profond et de remontées capillaires, absence de drainage latéral et de ruissellement) ou par combinaison avec les mesures de potentiel et de la conductivité hydraulique du sol (K). (DAUDET ET VALANCOGNE, 1976), à l'évapotranspiration réelle de la forêt.

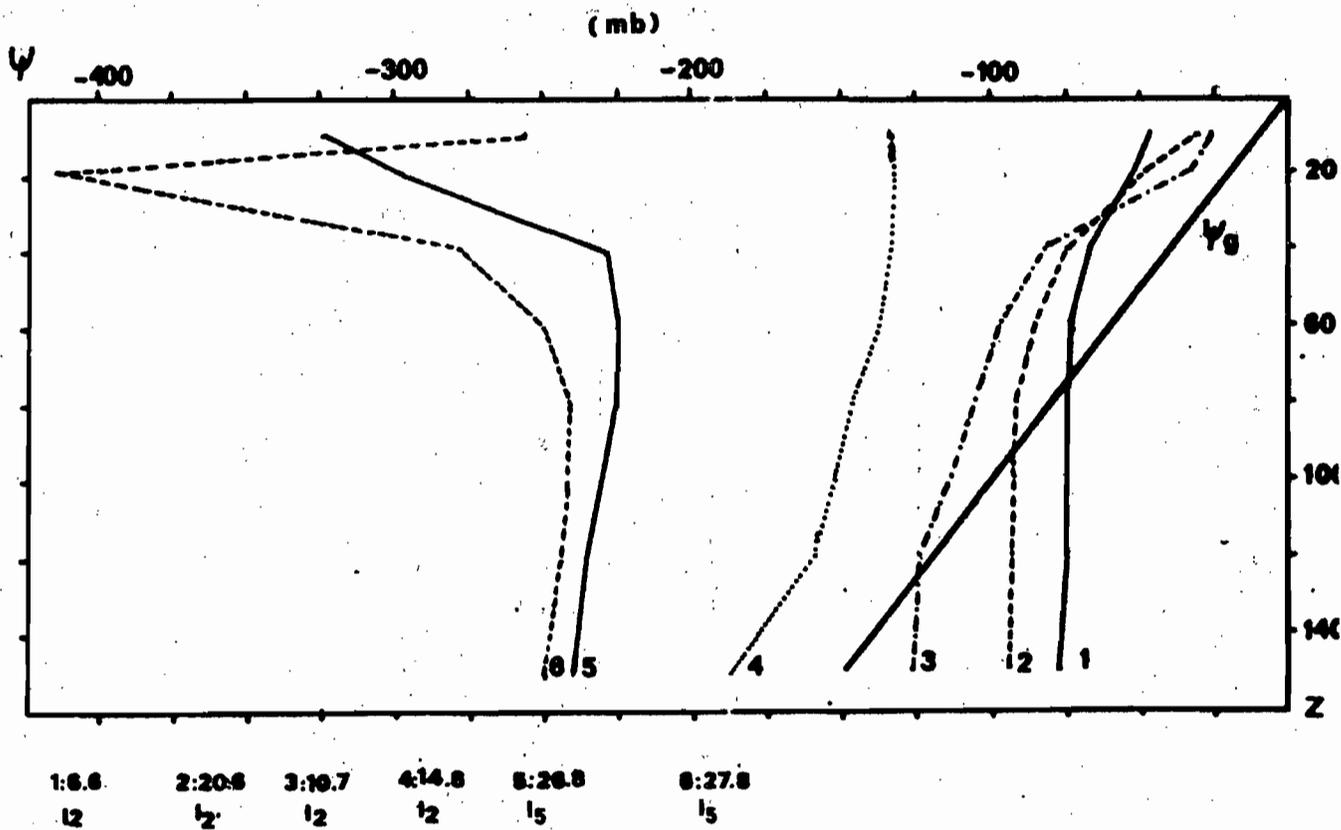
Les données neutroniques étant encore en cours d'exploitation, nous ne ferons état ici que des résultats concernant les dispositifs tensiométriques de Mai à Septembre 1980.

(1) dans le sol le long d'un axe vertical, le flux instantané traversant le plan de profondeur z est relié au gradient du potentiel total par la loi de DARCY étendue aux conditions non saturées.

$$\phi = - \frac{Kd \psi_t}{dz}$$

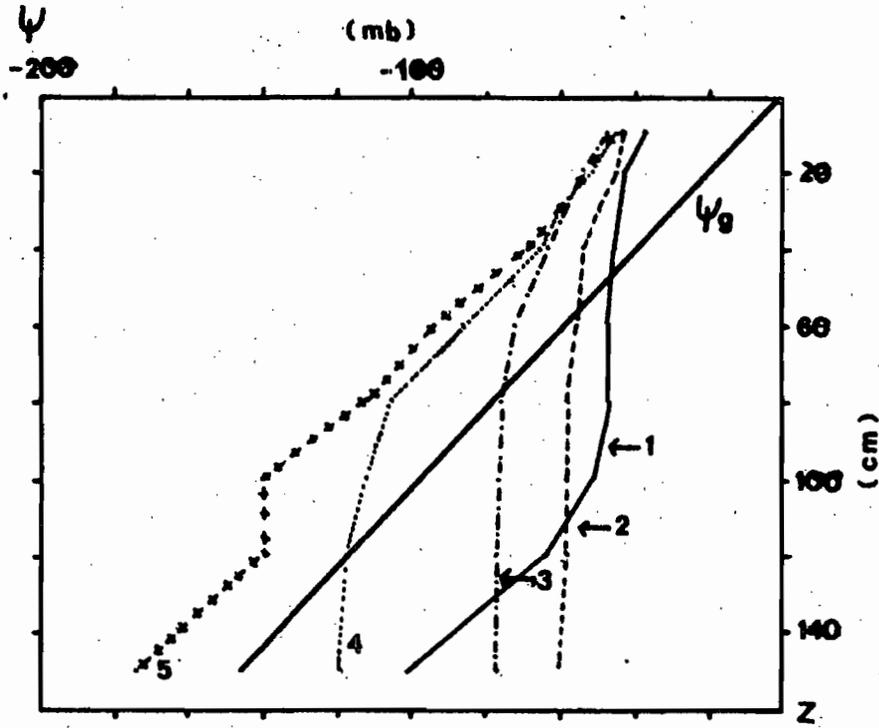
K : conductivité hydraulique du sol.

FIG: 2



- **Figure 2** : Quelques exemples de profils verticaux du potentiel total de l'eau dans le sol (Ψ_t) (courbes 1 à 6). z est la profondeur de mesure. Ψ_g est la composante gravitationnelle de Ψ_t (par convention pour $z = 0$, $\Psi_g = 0$).

FIG: 3



- **Figure 3** : Profils $\Psi_t(z)$ établis au 31.05.80. (10 h 07) aux différents sites de mesure. 1 : I1....., 5 : I5. Les flèches indiquent le niveau d'apparition du matériau d'altération de la pegmatite. Ψ_g est la composante gravitaire du potentiel total Ψ_t .

III - INTERPRETATION DU PROFIL DU POTENTIEL HYDRIQUE DANS QUELQUES CAS PARTICULIERS.

La figure 2 représente des exemples de profils verticaux du potentiel total Ψ_t de l'eau du sol établis à différentes dates durant la période de mesure. Ψ_t a une composante gravitationnelle (Ψ_g) que nous convenons d'annuler, en chacun des sites de mesure, à la surface du sol ($z=0$).

Cette composante a alors pour valeur : $\Psi_g = - \lambda gz$ (λ : masse volumique de l'eau, g : accélération de la pesanteur, z : profondeur de mesure). Ψ_g est représenté en trait gras sur la figure 2.

Considérons d'abord le cas de la courbe 4 (14.8 en 12). Pour toute profondeur z , $\Psi_t - \Psi_g = 0$, l'eau est sous tension. La différence $\Psi_t - \Psi_g$, appelée potentiel matriciel (Ψ_m) est un terme exprimant la liaison de l'eau avec la matrice du sol (adsorption et tension capillaire). On remarque que le terme Ψ_m augmente avec z mais que par suite d'un gradient négatif plus important de Ψ_g les flux d'eau sont descendants par gravité sur l'ensemble du profil.

La courbe 1, établie au 6.06 en 12 durant une période de fortes précipitations (le régime des précipitations apparaît sur la figure 5) est d'un type fondamentalement différent.

- Au-dessus de $z = 75$ cm, on est qualitativement dans la situation de la courbe 4. Ψ_m augmente à partir de $z = 10$ cm.
- Pour $z = 75$ cm, $\Psi_m = 0$, l'eau est à l'état libre dans le sol. Ce niveau singulier sera appelé z^0 ci-dessous.
- Sous le niveau z^0 on se trouve en conditions de sol saturé. En sol saturé, Ψ_t est appelé charge hydraulique totale. Outre la charge gravitaire (Ψ_g) elle fait intervenir un potentiel $\Psi_p > 0$ lié à la pression hydrostatique exercée par la colonne d'eau au-dessus du point de mesure. Dans notre cas pour $z > z^0$, $\Psi_t = \Psi_g + \Psi_p$ est constant (abstraction faite de la légère chute de Ψ_t entre 120 cm et 150 cm sur laquelle nous revenons ci-dessous). Cela exprime le fait que le gradient vertical du potentiel de gravité (Ψ_g) est exactement compensé par le gradient de la charge hydrostatique (Ψ_p), nous sommes en présence d'une nappe d'eau qui s'étend de z^0 à une profondeur supérieure à 150 cm et qui jusqu'à cette profondeur se caractérise par l'absence de flux verticaux.

Les courbes 2 et 3 sont du même type que 1 avec des différences quantitatives portant sur la profondeur de z^0 , mais aussi sur la partie "non saturée" du profil. En effet pour ces courbes on note entre 20 et 40 cm de profondeur, une diminution de Ψ_m qui, s'ajoutant au gradient négatif de Ψ_g , entraîne une plus forte valeur absolue du gradient vertical de Ψ_t ; Une telle situation est caractéristique d'un état transitoire de redistribution d'eau après une averse récente ayant conduit à une accumulation d'eau au voisinage de la surface (augmentation de Ψ_m), le sol étant initialement ressué.

Le profil observé au 26.08 en I5 (courbe 5, figure 2), après une période de 5 jours sans pluie présente une inversion dans le signe gradient vertical de Ψ_t au niveau $z = 60$ cm. En dessous de ce niveau il subsiste un faible gradient négatif vers le bas correspondant à un flux gravitaire. Au-dessus de ce niveau il existe un gradient négatif vers le haut d'origine matricielle, important au-dessus de $z = 40$ cm. Ce gradient est lié au départ d'eau par l'évapotranspiration (évaporation à la surface du sol et absorption racinaire) se produisant plus particulièrement au voisinage de la surface où les racines sont plus nombreuses. En l'espace de 29 heures (courbe 6 : 27.08 en I5) ce profil évolue considérablement, le gradient devient négatif vers le haut au-dessus de $z = 80$ cm, et jusqu'à $z = 20$ cm, est plus fort que celui enregistré au 26.08. Au-dessus de $z = 20$ cm, on note une seconde inversion du signe du gradient liée à la réhumectation de la surface consécutive à l'averse de la soirée du 26.08 (4 mm).

En phase de dessèchement du sol, de forts gradients de Ψ_t , d'origine matricielle, apparaissent (courbes 5 et 6), par rapport aux gradients observés par exemple pour la courbe 4. Cependant il n'est pas permis d'en tirer des conclusions relatives aux flux puisque la conductivité hydraulique k du sol à un niveau z donné diminue fortement lorsque Ψ_m diminue.
(DAUDET et VALANCOGNE, 1976)

IV - VARIATION DES PROFILS $\Psi_t(z)$ LE LONG DU TRANSECT ETUDIE.

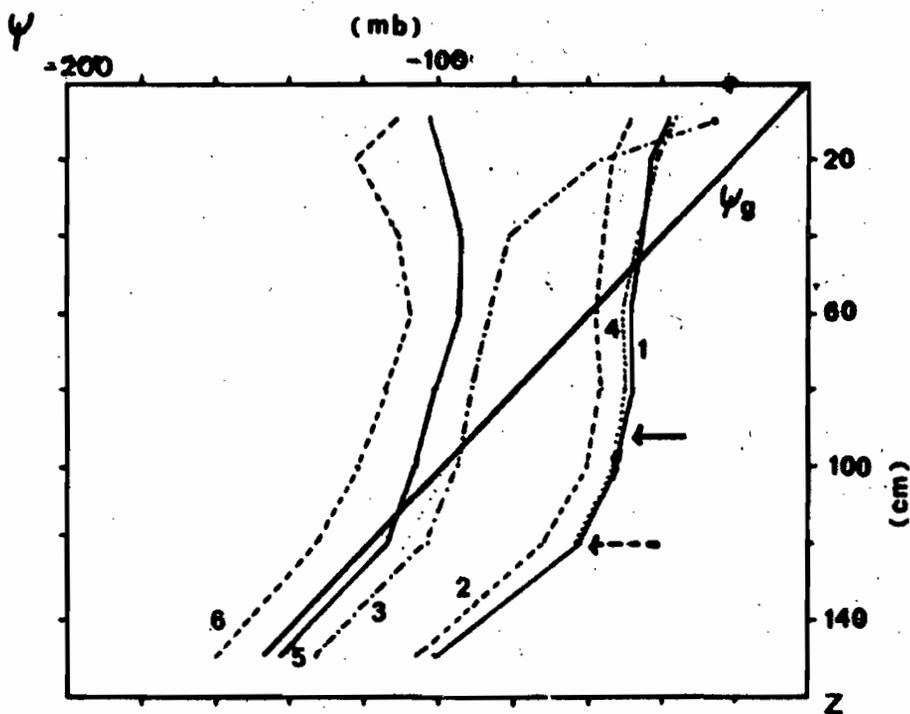
1. Analyse d'une situation de drainage.

La figure 3 montre les profils $\Psi_t(z)$ observés aux différents sites de mesure au 31.05 (10 h 07) peu après des précipitations importantes (figure 5). L'altitude de référence ($\Psi_g = 0$) est différente d'un site à l'autre et correspond pour chacun d'eux à la surface du sol ($z = 0$). Ce mode de représentation permet de comparer à une profondeur z donnée le terme $\Psi_t - \Psi_g$ exprimant le degré de liaison de l'eau à la matrice du sol.

En I5 on n'observe la présence d'eau libre en aucun niveau du profil. Le gradient négatif vers le bas de Ψ_t est sensiblement le gradient de gravité avec cependant une augmentation de Ψ_m entre $z = 100$ cm et $z = 120$ cm. Entre $z = 10$ cm et $z = 40$ cm les profils I3, I4 et I5 restent très voisins. A partir de $z = 80$ cm, Ψ_m augmente rapidement en I4. I3 présente un comportement analogue à partir de $z = 40$ cm seulement. En I1 et I2, Ψ_m augmente de façon sensible dès $z = 10$ cm, cela traduit un début d'engorgement dès cette profondeur. Le niveau z^0 d'apparition d'eau libre dans le profil (toit de la nappe) augmente progressivement entre I1 ($z^0 = 47$ cm) et I4 ($z^0 = 122$ cm).

Dans le domaine d'existence d'eau libre dans le sol (zone $\Psi_t - \Psi_g > 0$ sur la figure 3) en I3 et I4, Ψ_t reste rigoureusement constant pour $z \geq z^0$, cela apparaît sur l'exemple de la figure 3 mais reste valable pour l'ensemble des situations observées. En I2, comme nous l'avons déjà signalé ci-dessus, Ψ_t chute légèrement mais systématiquement entre $z = 120$ cm et $z = 150$ cm.

FIG. 4



- **Figure 4** : Profils $\Psi_t(z)$ établis en I1 à différentes dates. 1 : 31.05 (10 h 07), 2 : 13.06 (18 h 00), 3 : 18.06 (16 h 15), 4 : 21.06 (10 h 00), 5 : 2.07 (11 h 40), 6 : 4.07 (13 h 45).

La flèche en trait plein indique le niveau d'apparition du matériau d'altération de la pegmatite, celle en trait discontinu le niveau d'apparition du matériau sec au toucher.

FIG:5

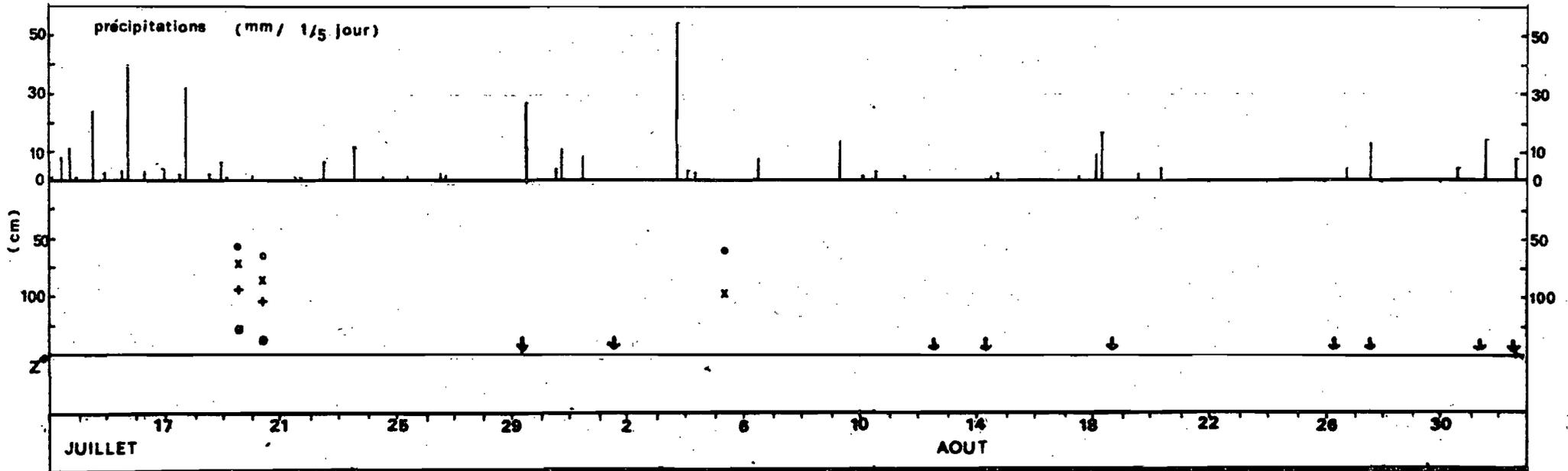
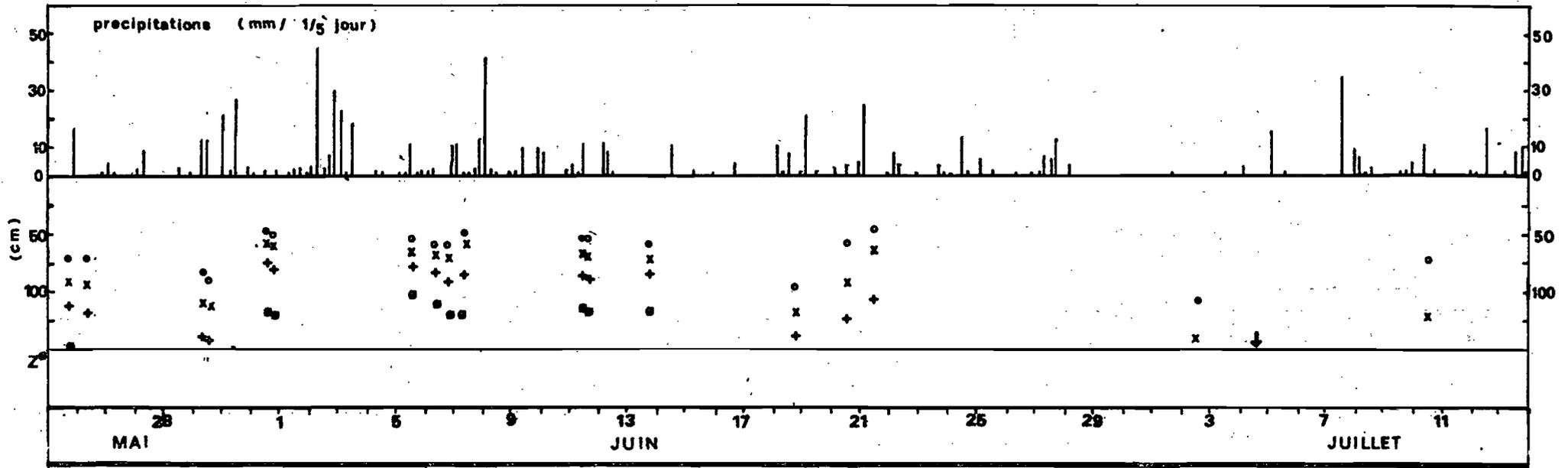
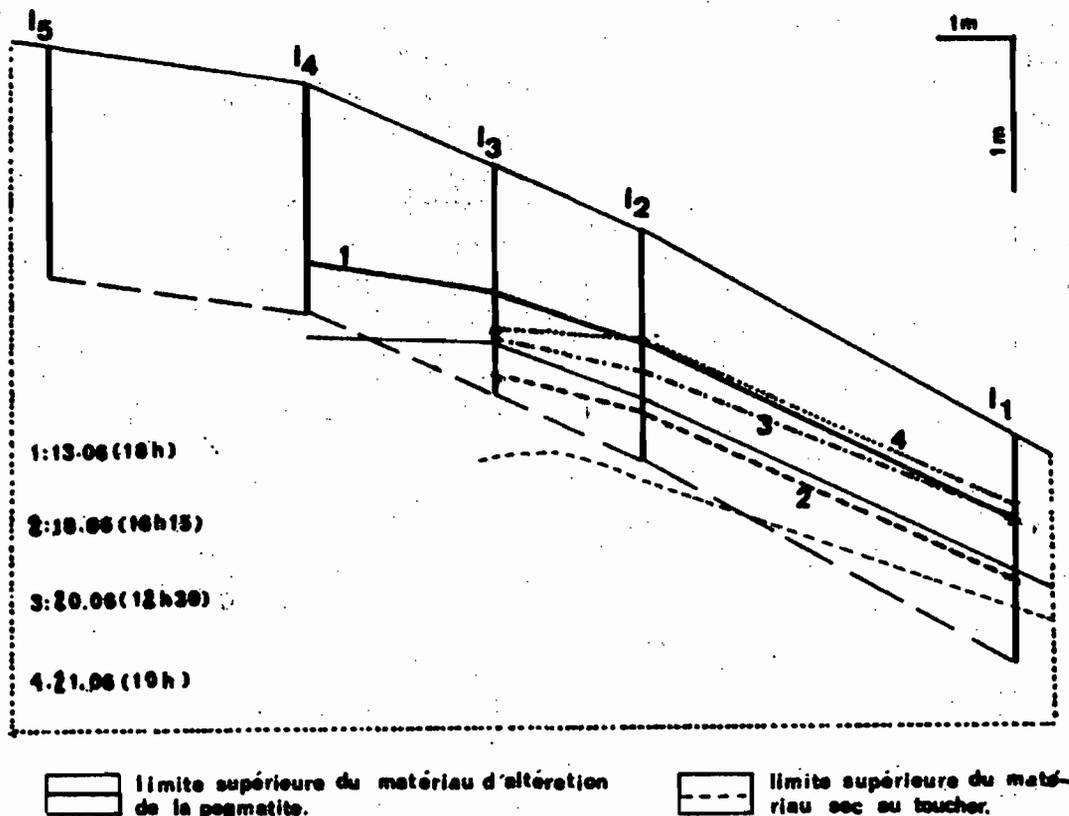


FIG: 6



- Figure 6 : Différents états (courbes 1 à 4) du toit de la nappe (z°) entre le 13.06 (18 h) et le 21.06 (10 h) en relation avec la topographie et l'organisation de la couverture pédologique. L'échelle verticale est exagérée 2 fois par rapport à l'échelle horizontale.

En I1 ce comportement apparaît à une profondeur moindre (environ 90 cm) et s'exprime de façon très marquée en dessous de $z = 100$ cm. Ce comportement s'observe pour l'ensemble des profils établis en I1 dont la figure 4 représente quelques exemples.

2. Le cas particulier des profils établis en I1 (figure 4).

Pour les cas 1, 2, et 4, relatifs à des périodes très pluvieuses, ψ_t reste constant pour $z^0 \leq z \leq 80$ cm. Au-delà de 80 cm de profondeur, il y a perte de charge hydraulique totale ψ_t . La charge hydrostatique ($p = \psi_t - \psi_g$) continue à augmenter jusqu'à $z = 120$ cm environ, puis semble rester sensiblement constante entre 120 cm et 150 cm (dans la mesure où l'interpolation entre ces deux niveaux n'est pas abusive). Le niveau z à partir duquel il y a perte de la charge hydraulique totale correspond grossièrement sur la figure 4 à l'apparition du matériau d'altération de la pegmatite décelé à 90 cm de profondeur en I1. Le niveau z auquel la charge hydrostatique ($\psi_t - \psi_g$) semble amorcer une diminution (ou reste constante) correspond sur la figure 4 à l'apparition du matériau sec au toucher. En I2 (figure 3) le décrochement de ψ_t se produit de façon beaucoup moins marquée, bien que le matériau d'altération y soit décelé à $z = 110$ cm. En I3 et I4 (matériau d'altération à 125 cm et 165 cm) aucun décrochement de ψ_t ne se manifeste en profondeur.

Les courbes 3 (18.06) et 5 (2.07) de la figure 4 montrent des exemples de profils observés en I1, après une période de plusieurs jours sans pluies importantes (figure 5), le niveau z^0 se trouve alors à l'intérieur du matériau d'altération alors que l'horizon supérieur brun-jaune est totalement hors de saturation. Au 4.07 (courbe 6) l'eau libre a totalement disparu de la partie prospectée du sol.

V. - VARIATIONS SPATIALES ET DANS LE TEMPS DU NIVEAU DU TOIT DE LA NAPPE D'EAU (z^0)

1. Evolution dans le temps. Relations avec le régime des précipitations.

L'évolution dans le temps du niveau z^0 en chacun des sites de mesures apparaît sur la figure 5 en relation avec le régime des précipitations (précipitations par tranches de 1/5 de jour en plein découvert au voisinage du bassin I, données HYDROLOGIE O.R.S.T.O.M.). En I5, z^0 n'apparaît jamais au-dessus de $z = 150$ cm. Pour l'ensemble des mesures le toit de la nappe, lorsqu'il existe à moins de 150 cm de profondeur, est atteint à une profondeur croissante de I1 en I4. Les fluctuations du toit de la nappe apparaissent nettement en relation avec le régime des précipitations. Ainsi, dès la fin du mois de Mai et jusqu'à la mi-juin environ, période très pluvieuse, le toit de la nappe se situe à moins d'un mètre de profondeur en I1, I2 et I3 (au voisinage de 50 cm en I1). Hormis une période de quelques jours au début de Juillet, la nappe semble exister en I1 jusque vers la fin du mois de Juillet, et réapparaît ensuite temporairement (ainsi qu'en I2) à la faveur de la forte pluie orageuse du 3 Août. En I4 le toit de la nappe n'est plus décelable dès le mi-juin, il remonte à moins de 150 cm de profondeur uniquement à la faveur des fortes pluies de mi-juillet.

2. Variations spatiales de z^0 . Quelques aspects des relations avec l'organisation de la couverture pédologique et la topographie.

Par la figure 6 nous avons visualisé le toit de la nappe dans 4 états du 13.06 au 21.06 sur le schéma de la coupe topo-pédologique du transect étudié. Dans le cas 1 et 2 les variations spatiales de z^0 épousent de façon satisfaisante les variations de la limite supérieure du matériau d'altération de la pegmatite. Dans le cas 2, z^0 se situe à l'intérieur du matériau d'altération de la pegmatite. Les états 3 et 4 présentent une image intéressante de remontée de la nappe à partir du niveau 2. De 2 à 3 la nappe augmente de façon plus sensible en I1 qu'en I2 et I3, de 3 à 4 elle augmente de façon plus sensible en I2 qu'en I3.

Les données du tableau 1 concernent un évènement du même type.

date et heure d'observation	I1	I2	I3	I4
06.06 (8.30)	59	68	84	113
06.06 (17.30)	59	73	92	121
07.06 (8.30)	48	60	86	122

tableau 1 : profondeur (en cm) du toit de la nappe d'eau au cours des 06 et 07 Juin au divers sites de mesure.

Les précipitations (22 mm) se produisant entre la mesure de 6.06 (17 h 30) et celle du 7.06 (8 h 30) entraînent une remontée de z^0 de 11 cm en I1, 13 en I2, 6 en I3 et une baisse de 1 cm en I4 où les apports d'eau ne suffisent donc pas à compenser entièrement l'écoulement de la nappe dont la composante latérale alimente probablement les sites aval, ce qui expliquerait les remontées importantes du niveau de z^0 qu'on y observe. Une seconde hypothèse pour l'explication de ces différences inter-sites est une diminution du flux de drainage vertical profond de I4 à I1. Ces deux hypothèses ne sont d'ailleurs pas exclusives.

En l'absence de précipitations, au 6.06 entre 8 h 30 et 17 h 30, z^0 reste constant en I1. De I1 à I4 par contre on note une diminution de plus en plus importante de z^0 du niveau du toit de la nappe. Les hypothèses émises ci-dessus restent également valables ici pour l'explication de ces différences.

VI - CONCLUSIONS

L'analyse succincte de ce premier ensemble de données tend à confirmer les hypothèses de nos collègues pédologues relatives à la dynamique de l'eau en situation de drainage dans la zone Ecerex et permet de préciser les phénomènes de l'échelle du profil lorsque la roche-mère est de nature pegmatitique.

Dans les zones où l'horizon supérieur brun-jaune poreux est développé sur une épaisseur importante (15, le matériau d'altération n'est pas détecté dans les deux premiers mètres de sol), le drainage vertical assure un écoulement profond de l'eau sans accumulation d'eau libre dans la partie supérieure du profil. Lorsque le matériau d'altération de la roche-mère arrive à 1,70 m de la surface (I4) on note une accumulation d'eau libre dans le profil sous forme de nappe temporaire dont le toit dépasse le niveau $z = 150$ cm lors des périodes à forte pluviosité. Le parallélisme entre les différentes positions du toit de la nappe et la limite supérieure du matériau d'altération (figure 6) confirme le rôle de matériau-plancher que semble jouer ce dernier. Un autre indice d'un tel rôle est fourni par l'interprétation de l'allure des profils $\mu_t(z)$ dans cette zone (figure 4). Dans ce cas, en effet, pour $z > z^0$ la charge hydrostatique n'exprime que partiellement la pression à la base d'une colonne d'eau de hauteur $z - z^0$.

Cela traduit une perte de charge importante ; elle peut être due à un léger écoulement vertical dans un milieu à très faible perméabilité.

L'étude expérimentale de la dynamique de l'eau en situation de drainage sera poursuivie durant la saison des pluies 1980/81 et renforcée d'une part par l'installation d'un site de mesure supplémentaire en aval de I1, où le matériau d'altération se rapproche davantage de la surface du sol, et d'autre part par les données neutroniques de mesure de l'humidité volumique du sol. Un autre volet important, dans ses répercussions sur le comportement de la forêt, des relations entre l'organisation de la couverture pédologique et le cycle hydrologique est l'étude de l'économie de l'eau dans les situations de déficit hydrique (P. ETP). A cet égard un ensemble de données relatives à la saison sèche 1980 est en cours de traitement.

Références bibliographiques

F. A. DAUDET et CH. VALANCOGNE, (1979). Mesure de flux profonds de drainage ou de remontées capillaires. Leur importance dans le bilan hydrique. Ann. Agron. 27(2), 165-182.

R. BOULET, J. M. BRUGIERE, F. X. HUMBEL. (1979). Relations entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane Française septentrionale :

Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. Science du sol - Bulletin de l'A. F. E. S. n° 1, 3 - 18.

F. X. HUMBEL (1978). Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. Science du sol - Bulletin de l'A. F. E. S. n° 2, 83-93.

ETUDE DE L'HUMIDITE ET DE LA RESERVE EN EAU DES SOLS
DES BASSINS VERSANTS F, G ET H

M. DUCREY.

Bioclimatologie forestière
Institut National de la Recherche Agronomique.

=====

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 15931, ex 2

Cote : A

INTRODUCTION.

La nature même des dispositifs expérimentaux qui ont été retenus dans le cadre de cette station concertée donne une importance toute particulière aux facteurs hydriques. En effet, l'utilisation de bassins versants expérimentaux privilégie l'étude des phénomènes hydrologiques.

Au niveau d'un bassin versant, on peut établir un bilan hydrique entre ce qui arrive sous forme de précipitations et ce qui ressort du bassin versant sous forme de ruissellement, de drainage et d'évapotranspiration réelle.

Dans le cas des bassins versants Ecerex, l'individualisation de ces différents paramètres est assez complexe en raison de la petite taille des bassins et de la non concordance entre les bassins versants superficiels et les bassins hydrologiques correspondant aux nappes d'eau souterraines (ROCHE, 1979).

C'est ainsi que dans le bassin F, pour lequel l'écoulement est permanent la quantité d'eau écoulée représente le ruissellement, la totalité du drainage mais aussi une part non connue du drainage de zones extérieures au bassin. Par contre, dans les bassins G et H qui n'ont pas d'écoulement permanent, la quantité d'eau écoulée comprend le ruissellement et seulement une fraction du drainage, le drainage profond rejoignant des nappes situées au-dessous du niveau de base des bassins.

Le terme d'évapotranspiration réelle ne peut donc pas être déduit du bilan hydrologique et, de fait, il a été seulement estimé.

Les mesures que nous avons faites sur l'évolution de l'humidité dans les sols nous permettront de donner des résultats complémentaires sur les variations du stock d'eau contenu dans le sol à un instant donné et, dans certains cas bien particuliers d'avoir une mesure plus précise de l'évapotranspiration réelle.

I - DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET METHODES D'ETUDES.

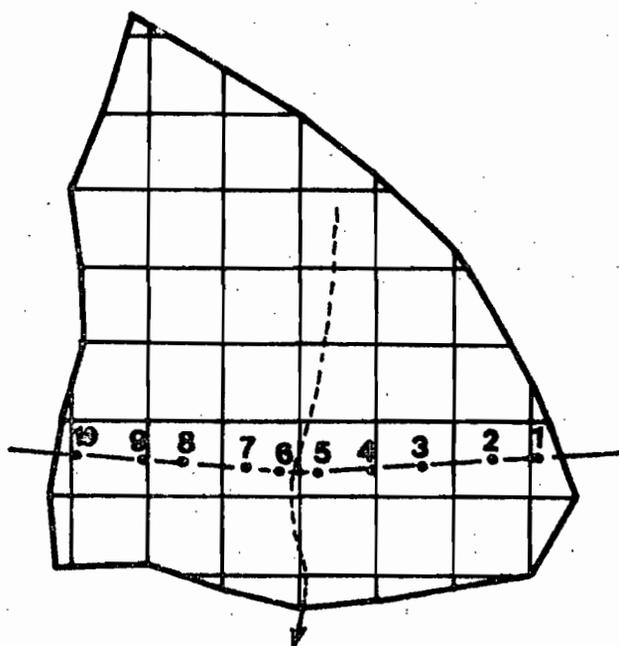
L'étude en cours concerne les caractéristiques hydriques des sols des bassins F, G et H afin de permettre la comparaison entre ces trois bassins, mais aussi de déterminer l'effet du défrichement et de la plantation d'espèces forestières à croissance rapide, pins caraïbe en G. eucalyptus en H sur ces caractéristiques hydriques.

1. Les mesures neutroniques d'humidité.

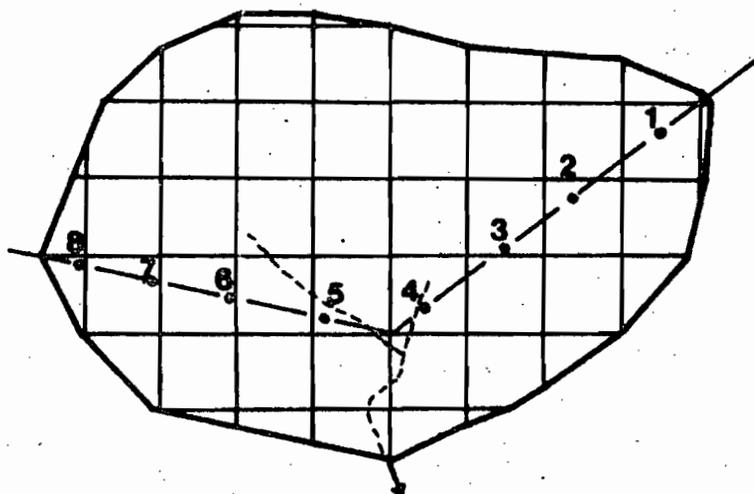
La mesure de l'humidité dans le sol est réalisée grâce à un humidimètre à neutrons. Le principe de fonctionnement est succinctement le suivant :

Les neutrons à haute énergie émis par une source radioactive d'Américium-Beryllium de 40 m Ci sont ralentis ("thermalisés") par les noyaux des atomes rencontrés dans le sol et plus particulièrement par les noyaux d'hydrogène. Comme l'hydrogène est essentiellement présent dans le sol sous forme de molécules d'eau, on peut donc déterminer l'humidité du sol en mesurant le flux de neutrons ralentis au voisinage de la source radioactive. En réalité il faut procéder

Bassin F



Bassin G



Bassin H

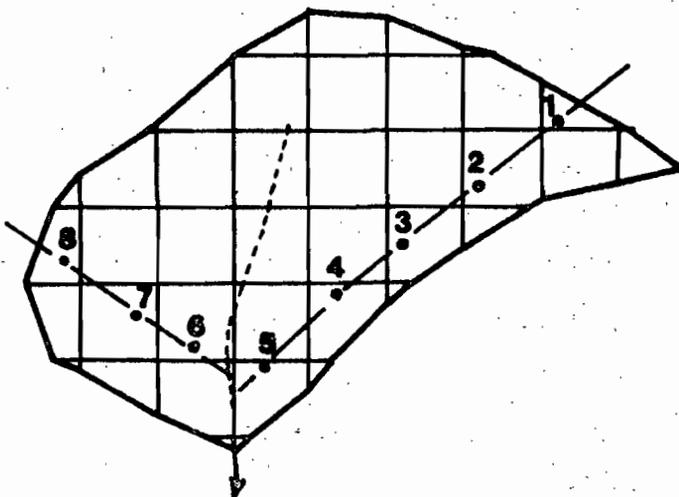


Figure 1 - Emplacement des tubes de sonde à neutrons dans les bassins versant F, G et H. (échelle 1/2000).

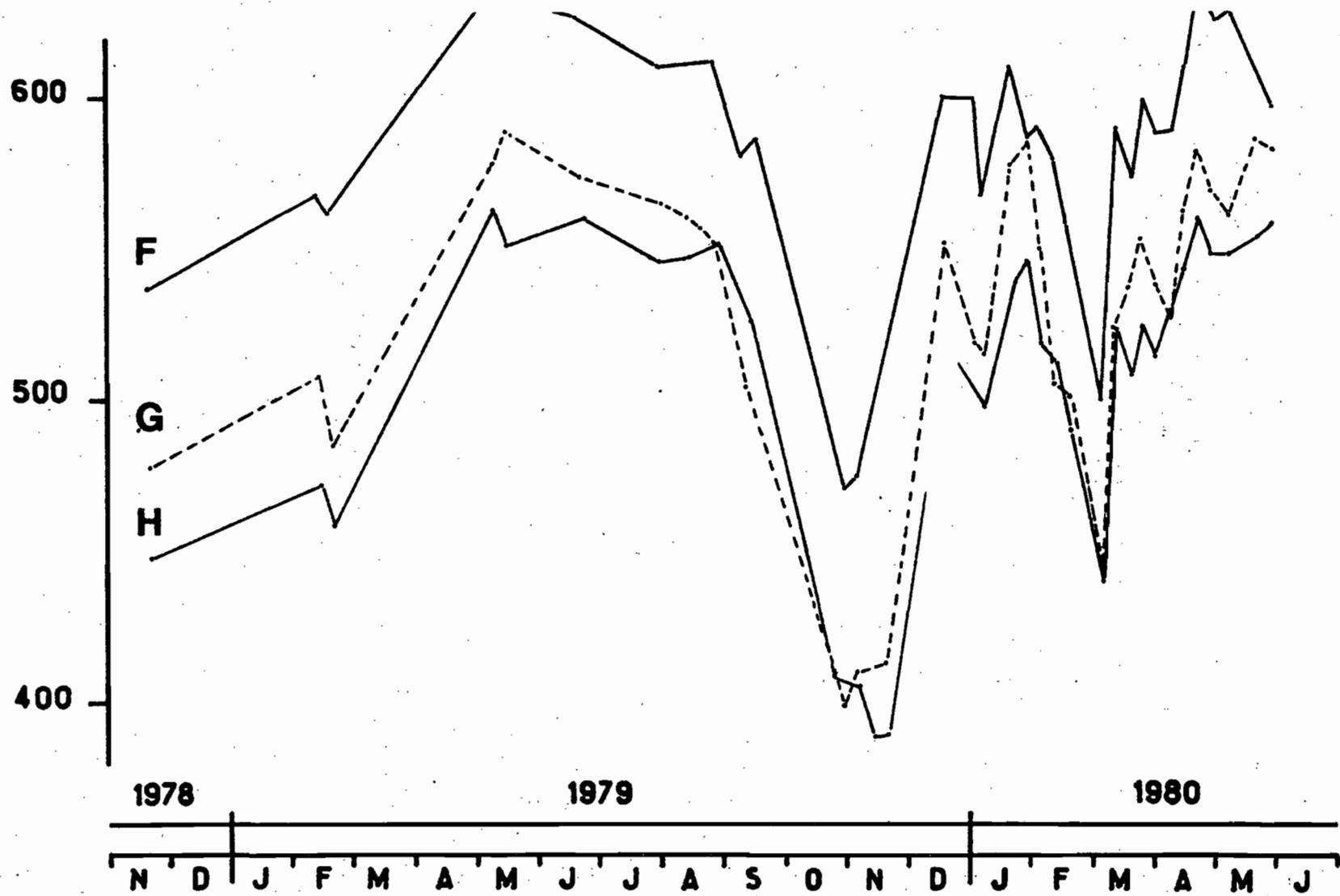


Figure 2 - Evolution au cours du temps de la réserve en eau totale (exprimée en mm) dans la tranche de sol 0 - 170 cm, pour chacun des bassins versants F, G et H.

à un étalonnage pour chaque type de sols pour tenir compte de l'eau de constitution du sol et de la présence d'autres corps qui absorbent les neutrons.

Nous avons réalisé cet étalonnage en nous servant des droites d'étalonnage calculées par le C. E. A. de Cadarache à partir d'échantillons de sols caractéristiques des différents volumes pédologiques. Nous n'avons retenu de cet étalonnage que la pente des droites d'étalonnage. L'ordonnée à l'origine a été déterminée grâce aux relations comptage - humidité pondérale qui ont été établies lors de l'installation des tubes en saison sèche ainsi que plus tard pendant la saison des pluies.

2. Implantation du dispositif expérimental.

Les tubes d'accès neutronique ont une profondeur utile de 170 centimètres. Ils sont au nombre de 10 dans le bassin F et de 8 dans chacun des bassins G et H.

Dans le bassin F, la cartographie pédologique étant déjà réalisée lors de la mise en place des tubes, nous les avons installés le long des transects C et D (voir carte pédologique) de manière à ce qu'ils soient situés dans les différents types d'organisation pédologique.

Pour les bassins G et H nous avons réalisé une implantation à peu près analogue à celle de F. La cartographie pédologique a été réalisée postérieurement ce qui a permis de réaliser des transects pédologiques sur l'emplacement des tubes neutroniques.

La caractérisation des profils pédologiques à l'emplacement des tubes a été réalisé par BOULET d'après les échantillons prélevés pendant l'installation.

La figure 1 indique l'emplacement des tubes sur les bassins F, G et H en fonction du layonnage C T F T, seul visible sur le terrain au moment de l'installation.

II - LA RESERVE TOTALE D'EAU DANS LE SOL.

Les mesures par humidimétrie neutronique permettent de calculer l'humidité volumique du sol en un point donné. Chaque tube permet donc de réaliser un profil d'humidité volumique, de 10 en 10 cm jusqu'à 170 cm de profondeur. On en déduit alors immédiatement la quantité d'eau totale contenue dans cette tranche de sol.

Des mesures répétées entre Novembre 1978 et Juin 1980 permettent de suivre l'évolution des stock d'eau moyens (moyenne des 8 ou 10 points de mesure) des bassins F, G et H. Les mesures n'ont pas été aussi fréquentes que ce qui aurait été souhaitable. On peut cependant en tirer des renseignements intéressants. La figure 2 montre que les réserves maximum enregistrées pendant la saison humide en Mai 1979 et Avril - Mai 1980 sont à peu près identiques et que le sol a atteint sa capacité maximale de rétention.

Tableau 1. Variations extrêmes de la réserve totale en eau (exprimée en mm) dans la tranche de sol 0 - 170 cm pour chacun des points de mesure des bassins versants F, G, et H (maximum pendant la saison des pluies en Mai 1979 et minimum pendant la saison sèche en Octobre - Novembre 1979).

Numéro des tubes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne
BASSIN F. Réserve totale.											
Réserve maximum	634,9	696,3	635,7	662,3	669,0	651,3	681,4	609,2	595,1	496,3	633,2
Réserve minimum	489,2	565,8	474,1	477,7	497,9	511,6	475,1	439	497,7	279,1	470,7
BASSIN G. Réserve totale.											
Réserve maximum	604,3	636,6	575,3	483,6	648,9	606,5	669,7	483,4			588,5
Réserve minimum	447,5	464,0	366,5	224,2	473,1	387,0	504,5	327,0			399,2
BASSIN H. Réserve totale.											
Réserve maximum	491,3	551,3	593,0	526,1	(1) 317,5	612,2	614,8	549,0			562,5
Réserve minimum	339,1	401,0	441,8	361,2	(1) 95,2	384,7	406,0	391,9			389,4

(1) valeurs calculées sur la tranche du sol 0 - 100 cm.

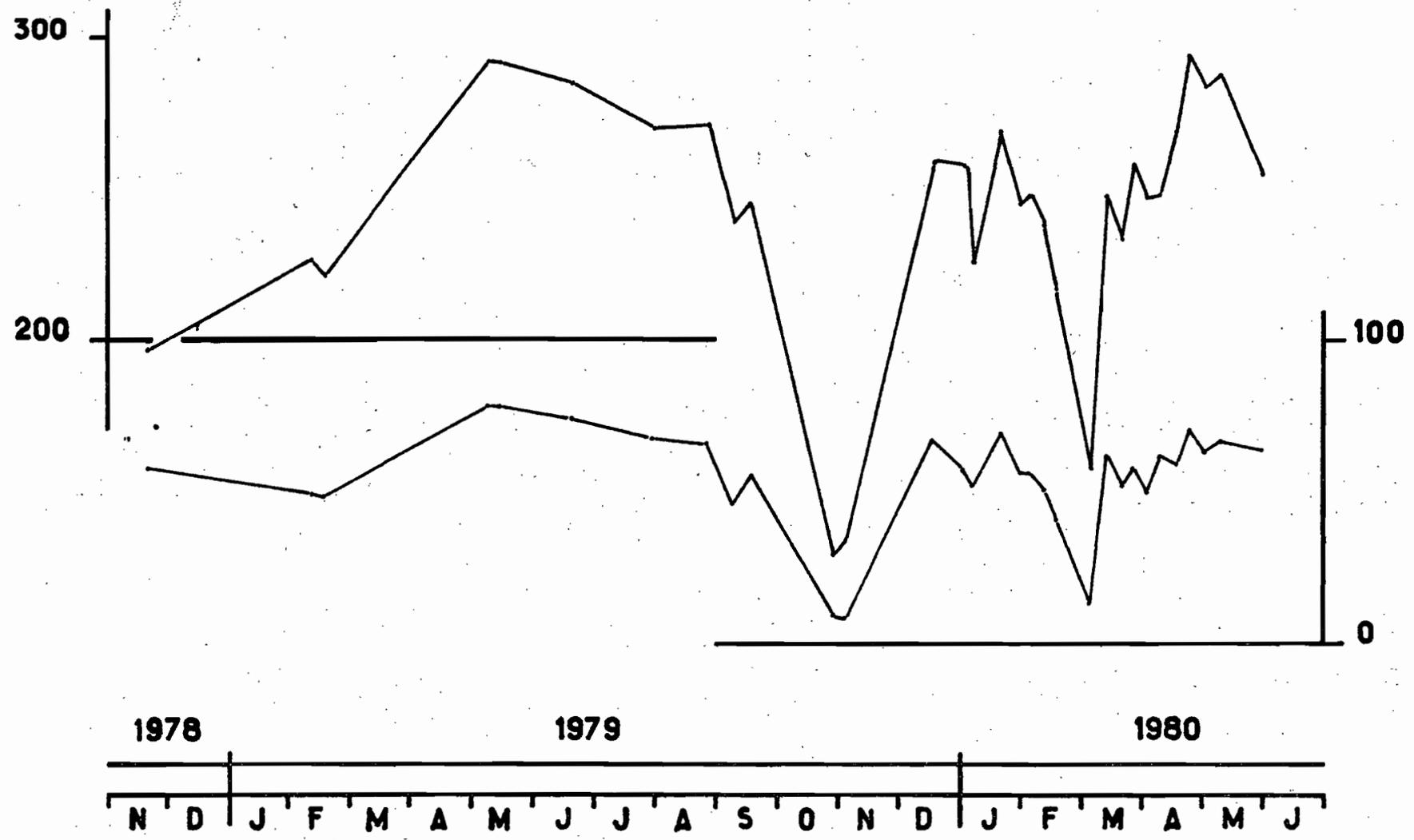


Figure 3 - Evolution au cours du temps de la réserve utile en eau (exprimée en mm) dans le bassin versant F pour les tranches de sol 0 - 170 cm (échelle en haut et à gauche) et 0 - 40 cm (échelle en bas et à droite).

Tableau 2 : Profils d'humidité pondérale (en pour cent de la terre sèche) mesurée à pF 4,2 pour les 10 points de mesure du bassin versant F.

Profondeur	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
0 - 10	7,6	10,3	8,7	10,0	8,8	8,7	7,3	11,3	(8,2)	9,5
10 - 20	11,6	13,9	8,2	10,4	9,6	9,3	7,4	9,5	8,2	8,5
20 - 30	18,2	16,8	10,0	10,6	10,9	11,6	8,9	11,5	10,0	9,9
30 - 40	19,6	20,2	12,4	11,6	11,7	16,2	11,2	14,3	13,3	12,1
40 - 50	19,5	19,3	14,8	15,3	13,1	20,9	14,3	18,8	15,5	13,7
50 - 60	16,9	18,5	16,8	20,5	11,9	22,0	19,8	18,7	19,9	11,8
60 - 70	17,6	18,6	15,9	21,4	14,0	22,0	21,1	17,9	16,7	10,1
70 - 80	18,1	17,5	19,1	20,8	13,8	21,2	21,7	17,5	16,1	6,8
80 - 90	18,0	18,1	19,9	19,8	11,9	19,8	21,7	16,6	15,7	5,7
90 - 100	18,0	17,4	20,6	18,4	11,7	19,4	22,9	15,9	12,2	6,2
100 - 110	16,5	16,3	21,4	17,8	11,8	16,4	21,7	15,7	10,8	5,0
110 - 120	16,9	15,6	21,1	18,5	10,4	16,3	20,0	15,8	13,2	4,9
120 - 130	17,1	17,3	(20,3)	17,5	9,4	14,3	20,1	16,3	13,6	7,6
130 - 140	17,8	18,5	19,4	15,5	9,2	13,3	21,7	(16,7)	15,5	8,8
140 - 150	17,3	19,8	18,8	14,7	8,7	12,4	24,2	17,0	13,3	8,4
150 - 160	17,7	18,3	18,7	13,7	8,5	12,4	21,7	16,1	12,4	9,0
160 - 170	19,3	19,3	17,5	13,5	9,8	13,6	14,3	13,5	13,5	8,3
170 - 180	20,7	22,2	17,2	13,0	11,5	11,1	18,7	12,7	11,8	7,2

Pendant la saison sèche 1979 qui a été bien marquée climati-
quement on observe en Octobre - Novembre les réserves minimum en eau.
Il faudra cependant analyser les données pluviométriques pour sa-
voir si le dessèchement n'a pas été encore plus important.

Le tableau 1 récapitule les données tube par tube, des résér-
ves maximum et minimum dans les 3 stations. Les variations sont as-
sez importantes d'un tube à l'autre mais les valeurs moyennes pour
chacun des 3 bassins ne sont pas très différentes. Le contenu en
eau maximum est plus important en F (633,2 mm) qu'en G et H (respec-
tivement 588,5 mm et 562,5 mm). L'amplitude des fluctuations du con-
tenu en eau (différence entre les maximum et les minimum) est de
162,5 mm pour F, 189,3 mm pour G et 173,1 mm pour H.

III - LA RESERVE D'EAU UTILISABLE PAR LA FORÊT.

Toute l'eau contenue dans le sol n'est pas utilisable par les
plantes et lorsque le potentiel de l'eau dans le sol dépasse 16 at-
mosphères (en valeur absolue) les plantes ne peuvent plus l'absorber.
En réalité l'absorption devient de plus en plus difficile dès que
le potentiel augmente mais en particulier pour les arbres elle n'est
pas entièrement nulle quand il dépasse 16 atmosphères. C'est cepen-
dant cette valeur, correspondant à un p F de 4,2 qui est couramment
admise comme limite.

L'humidité pondérale correspondant au p F 4,2 a été calculée
de 10 en 10 cm pour tous les points de mesure du bassin F. Les ré-
sultats figurent sur le tableau 2. Les humidités volumiques peuvent
alors être calculées en faisant intervenir la densité sèche apparen-
te. Elle a été estimée à 1,35 dans l'ensemble des cas grâce aux me-
sures que nous avons faites et en tenant compte des indications de
BOULET.

Ceci nous permet de calculer la fraction de la réserve en
eau directement utilisable par les arbres. La figure 3 montre l'évo-
lution de cette réserve utile entre Novembre 1978 et Juin 1980.

Nous avons fait figurer d'une part la réserve utile contenue
dans la tranche de sol 0 - 170 cm et d'autre part la réserve utile
contenue dans la tranche de sol 0 - 40 cm qui dans le cas des sols
à drainage bloqué de Guyane contient plus de 90 % de la masse raci-
naire. (HUMBEL, 1978).

Le tableau 3 indique les variations extrêmes de cette résér-
ve utile pour chacun des 10 points de mesure de bassin F. Elle varie
entre 129,2 mm et 291,7 mm pour la tranche de sol 0 - 170 cm ce qui
montre que sur l'ensemble du profil il y a toujours de l'eau dispo-
nible même en pleine saison sèche. Par contre la réserve utile de-
vient pratiquement nulle dans les 40 premiers centimètres pendant la
grande saison sèche en Octobre - Novembre 1979, mais aussi pendant
la petite saison sèche de Février - Mars 1980.

L'examen des profils d'humidité pour chacun des tubes des 3 bassins versants permet de voir ce qui se passe en phase de dessèchement. En dehors des 40 premiers centimètres pour lesquels les variations d'humidité sont plus importantes on constate que le dessèchement se fait de manière pratiquement uniforme sur l'ensemble du profil jusqu'à 170 cm de profondeur. Ceci montre qu'en phase de dessèchement l'ensemble du profil participe à l'alimentation en eau des couches supérieures.

IV - CONCLUSIONS.

Cette première exploitation succincte des mesures d'humidité effectuées pendant 18 mois dans les bassins versants F, G et H nous apporte un certain nombre de renseignements intéressants concernant les variations d'humidité du sol et l'évolution des réserves en eau.

Une étape prochaine consistera à analyser les résultats pour chaque jour de mesure en fonction de la pluviométrie pour mettre en évidence les périodes où le drainage domine et celles où les seules pertes d'eau se font par l'évaporation du sol et de la transpiration des arbres ce qui fournira la possibilité de calculer dans ces conditions, l'évapotranspiration réelle de la forêt. Cette interprétation sera facilitée grâce aux mesures de potentiel hydrique qui sont réalisées actuellement par GUEHL dans le bassin versant I.

La caractérisation pédologique des profils ayant été effectuée par BOULET il sera aussi intéressant d'interpréter les profils hydriques en fonction de l'organisation pédologique. Il ne semble pas pour l'instant y avoir de relations évidentes entre eux mais l'interprétation pourra être facilitée grâce aux mesures de p F 4,2 et de granulométrie.

Enfin il ne faut pas perdre de vue le but final qui est d'analyser l'effet du défrichement sur l'ensemble des facteurs étudiés ci-dessus. Les mesures après défrichement recommencent actuellement - début 1981 - et elles devront être poursuivies au minimum pendant une année. C'est seulement à ce moment-là qu'une analyse globale pourra être proposée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

HUMBEL F. X. - 1978 - Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane Française à dynamique de l'eau superficielle.

Science du sol. n° 2, 83 - 94.

ROCHE M. A. - 1979 - Analyse comparative des écoulements et de l'érosion sur les bassins versants expérimentaux Ecerex sous forêt primaire - Bulletin de liaison Ecerex n° 2, 4, 11.