

Les bassins versants expérimentaux Ecérex en Guyane française Étude comparative des écoulements et de l'érosion sous forêt tropicale humide

M.-A. ROCHE
Maître de Recherches principal,
ORSTOM, B.P. 165, Cayenne

RÉSUMÉ

Dans le cadre de recherches pluridisciplinaires sur les possibilités de mise en valeur de l'écosystème forestier guyanais, les écoulements et l'érosion sont mesurés sur des bassins versants expérimentaux, d'abord sous forêt primaire, puis après déforestation et aménagements.

Les premiers résultats acquis permettent de dégager une méthodologie qui sera utilisée pour l'analyse des modifications hydrologiques et de la dégradation des sols entraînées par les expérimentations. Le choix d'un bassin témoin est défini.

Sous forêt, sur des pentes maximales de 15 à 25%, les coefficients de ruissellement apparaissent en accord avec deux systèmes de sols (drainage vertical ralenti ou bloqué, drainage vertical libre). Ils peuvent atteindre 60 à 70% au cours de certaines crues, mais les taux d'érosion, de 0,3 à 1 t/ha . an, demeurent faibles.

ABSTRACT

As a part of a pluridisciplinary project study on the possibilities of development of the guyanish rainy forest, the runoff and the erosion are measured on experimental watersheds, first under forest, then after exploitation of the wood and arrangements.

The first results afford a means of establishing a method which will be used for the data analysis of hydrological modifications and of the soil erosion, caused by the experimentations.

Under the forest, on maximal slopes of 15 to 25%, the runoff appears to depend on two hydrodynamical systems of soils. The runoff coefficients can reach 60 to 70% during some floods, but the erosion rates, from 0,3 to 1 ton/ha . year, remain slight.

1. INTRODUCTION

L'étude des possibilités d'exploitation et de transformation de l'écosystème forestier tropical humide, ainsi que des effets de ces modifications, fait l'objet du programme « ECEREX » dont la réalisation a débuté en 1976 en Guyane française.

De caractère pluridisciplinaire, par l'intervention de l'ORSTOM (Botanique, Hydrologie, Pédologie), du GERDAT (CTFT), du Muséum (Botanique, Zoologie) et de l'INRA, ces recherches doivent assurer les objectifs scientifiques et techniques suivants :

- la connaissance du milieu primaire ;
- la précision et la mesure des effets que la mise en valeur est susceptible d'entraîner sur l'équilibre des facteurs

naturels de production : évolution des sols, bilan hydrique, effets sur les terres dominées, réserves génétiques, etc.;

— la définition des techniques permettant l'exploitation continue de la forêt et l'implantation d'écosystèmes simplifiés (sylvicoles, pastoraux, agricoles).

L'intérêt de ces recherches, primordial pour la Guyane où des exploitations forestières sont en projet, dépasse largement ce cadre géographique, revêtant une importance extrême dans le monde. C'est ainsi que l'opération « ECEREX » constitue un volet d'un programme plus vaste intitulé « Connaissance et amélioration de la productivité de la forêt tropicale humide en Guyane », établi dans le cadre du programme MAB 1 de l'Unesco et rattaché à l'action concertée « Gestion des ressources naturelles renouvelables » de la DGRST, qui accorde une aide financière.

Les études des différentes disciplines s'articulent autour d'une expérimentation en bassins versants comparatifs, d'une superficie de 1 à 2 ha, et des parcelles d'une centaine de mètres carrés, situés dans une zone de micascistes et de pegmatites fortement altérés (« schistes de Bonidoro »). C'est en effet sur ces terrains que seront en grande partie délivrés les permis forestiers. D'autre part, il faut noter que le choix a été guidé par l'existence dans cette zone d'une parcelle expérimentale d'exploitation papetière dite ARBOCEL, ainsi que d'une piste de pénétration, en direction du village de Saint-Elie (fig. 1).

Le programme hydrologique comprend l'étude des écoulements et de l'érosion sur dix bassins versants, menée sous forêt durant une première phase de deux ans, puis, dans un second temps, après déforestation et aménagements, selon des techniques de mise en valeur envisageables pour la région.

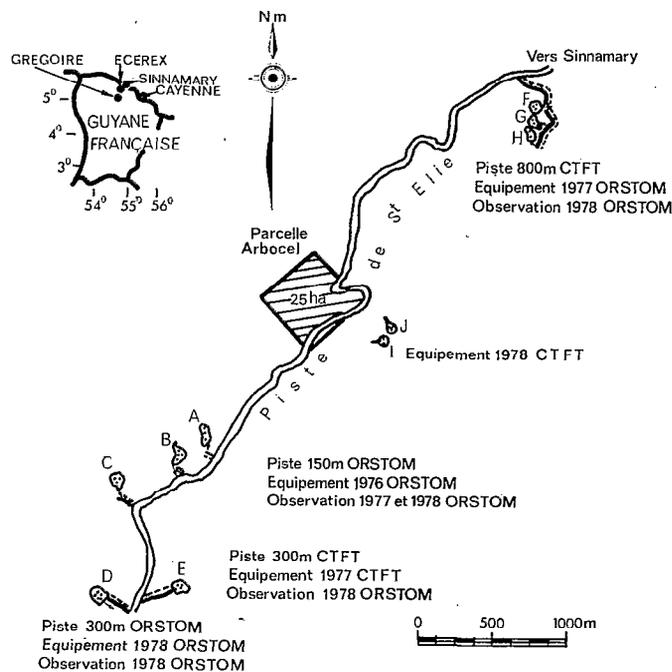


Fig. 1. — Situation des bassins versants expérimentaux Ecereux

2. DÉROULEMENT DES ÉTUDES ET TRAVAUX HYDROLOGIQUES A ECÉREX

La première tranche d'équipement hydropluviométrique, entreprise par l'ORSTOM dès 1976, avait permis la mise en service de trois bassins versants (A, B, C), en janvier 1977. La seconde tranche de travaux, qui se déroula fin 1977 — début 1978, aboutit à l'équipement de quatre autres bassins par l'ORSTOM et d'un bassin par le CTFT (fig. 1). La dernière tranche de travaux, portant le nombre de bassins à dix, sera réalisée fin 1978.

Ces équipements comportent pour chaque bassin la création d'une clairière pour l'installation d'un poste pluviographique, la construction d'un déversoir-fosse en maçonnerie à lame en V ou H-flume, pour la mesure des débits liquides et des quantités de sédiments exportés par charriage, ainsi que la construction d'abris pour le personnel et le matériel. Des pistes d'accès aux stations ont été aménagées.

Les mesures hydropluviométriques et les prélèvements assurés par l'ORSTOM ont ainsi été effectués sur trois bassins dès le 1^{er} janvier 1977, puis sur six à compter du 1^{er} janvier 1978 et enfin sur huit le 1^{er} mars 1978. Les stations sont étalonnées par jaugeages volumétriques et au moulinet. Par ailleurs, des prélèvements d'eau sont effectués au cours des crues pour la mesure des teneurs de matières en suspension.

3. BILAN DES RÉSULTATS SUR L'HYDROLOGIE ET L'ÉROSION

De l'interprétation, menée par M. A. ROCHE, sur les premiers résultats acquis sur les bassins A, B, C, il ressort, d'une part, un bilan des pluies, de l'écoulement et de l'érosion sous forêt primaire, à l'échelle de la crue du mois et de l'année, d'autre part, des corrélations qui, outre l'analyse et la comparaison des caractères propres à chaque bassin en état d'équilibre, permettent d'évaluer les caractéristiques des écoulements et de l'érosion sur un bassin en fonction tant des averses que des événements similaires qui se produisent sur le témoin. Ainsi se trouve dégagée une méthodologie qui, applicable à une série de bassins expérimentaux, car basée sur un traitement mécanographique des données, permettra de mesurer les effets que pourra entraîner sur l'équilibre des phénomènes hydrologiques et érosifs, la transformation par l'homme de l'écosystème naturel.

3.1. LES PLUIES

La pluviosité de l'année 1977 (tableau I en annexe), de 3 500 mm, avec 260 jours de pluie, apparaît légèrement inférieure à la valeur pluri-annuelle estimée à 4 000 mm, d'après la corrélation ébauchée avec la station voisine de Sinnamary. Toutefois, il semble que soit survenu un nombre élevé de fortes pluies journalières puisque trois à six d'entre elles, selon les postes, dépassent 100 mm, alors qu'à la station climatologique des BVR de Grégoire de telles précipitations n'ont été observées que douze fois en neuf ans. Il est à noter que ces fortes pluies journalières, engendrées par des passages accentués de la zone intertropicale de convergence, ne constituent généralement qu'une part d'épisodes pluvieux encore plus importants. Ainsi, l'un deux, avec une hauteur de 350 mm en 54 h, présente une récurrence évaluée proche de la décennale.

L'étude des écoulements en relation avec les précipitations a conduit à individualiser 415 averses supérieures à 3 mm et séparées les unes des autres par des intensités inférieures à 1 mm/h pendant 1 h 30. Bien que des hauteurs de pluie journalière de faibles fréquences soient survenues, il s'avère que les intensités, avec des valeurs maximales de 84 à 106 mm/h en 10 mn, n'ont pas dépassé la valeur de fréquence annuelle, ne pouvant alors donner lieu qu'à quelques crues caractérisées par un débit de pointe élevé et une érosion particulièrement dense.

3.2. LES ÉCOULEMENTS

Les bassins A, B, C, à pentes maximales de 15 à 25%, couvrent des superficies respectives de 1,15 ha, 1,45 ha et 1,45 ha.

L'individualisation des écoulements sur les bassins A et C a été réalisée par similitude avec celle qui a été effectuée préalablement pour le bassin B, sur lequel les crues apparaissent les plus fréquentes et les mieux marquées et donc choisi comme témoin principalement pour ces raisons. Par la suite, ce choix devait être confirmé par les relations établies entre les bassins étudiés. De 116 à 90 crues, selon les BVE, ont ainsi été individualisées. Une méthode originale, consistant à déterminer quatre points remarquables sur l'hydrogramme de chaque crue, a permis l'évaluation des différentes lames, ruisselée, écoulee et retardée (de base), qui composent l'écoulement global.

Des termes du bilan mensuel et annuel (tableau II en annexe), établis d'après les valeurs obtenues pour tous les événements, il est à retenir que la lame écoulee a atteint 925 mm sur le bassin A, 845 mm sur le B et environ 500 mm sur le C, correspondant à des coefficients d'écoulement annuels respectifs de 27%, 24% et 16%. La lame ruisselée annuelle a varié de 655 mm sur le bassin A à 660 mm sur le B et environ 230 mm sur le C, équivalant à

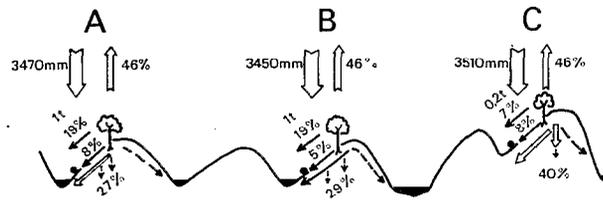


Fig. 2. — BVE Ecerex. Schéma montrant la distribution des différents termes du bilan hydrologique sur les bassins versants expérimentaux A, B et C. A titre d'exemple, sur le BVE A, il est tombé 3470 mm de pluie dont 46% environ ont été évapotranspirés, 19% ont ruisselé, 8% se sont écoulés en écoulement retardé, quelques heures à quelques jours après la pluie, 27% se sont infiltrés. L'érosion mécanique exporte 1 t de sédiment par hectare et par an.

des coefficients de ruissellement annuels respectifs de 19%, 19% et 7% (fig. 2), les coefficients de ruissellement mensuels les plus élevés ayant atteint 32% sur les A et B et plus de 8% sur le C.

Le déficit d'écoulement des bassins A, B, C, respectivement de 2 550, 2 600 et 3 000 mm/an, apparaît nettement supérieur aux valeurs pluriannuelles d'environ 1 600 mm évaluées par l'ORSTOM sur de vastes bassins versants guyanais où elles peuvent être assimilées à l'évapotranspiration réelle. Ainsi, la lame alimentant vraiment les nappes souterraines serait environ de 1 000 mm pour les bassins A et B et de 1 400 mm pour le C. Ces eaux contribuent à l'alimentation de nappes dont les résurgences se manifestent à certaines époques dans les tranchées de vidange des fosses à sédiments ou qui assurent la pérennité de l'écoulement dans les thalwegs les plus bas, tels ceux des bassins F et G. Toutefois, les pertes souterraines ne se réalisent probablement pas uniquement sous le thalweg mais aussi en certaines zones sous les lignes de crête, les limites des bassins hydrogéologiques ne correspondant vraisemblablement pas à celle des bassins versants superficiels. Quoiqu'il en soit, si l'on ajoute l'écoulement retardé à l'infiltration « plus profonde », il apparaît que les eaux souterraines non évapotranspirées représentent, par rapport au total écoulé, 65 et 64% pour les bassins A et B et 88% pour le C.

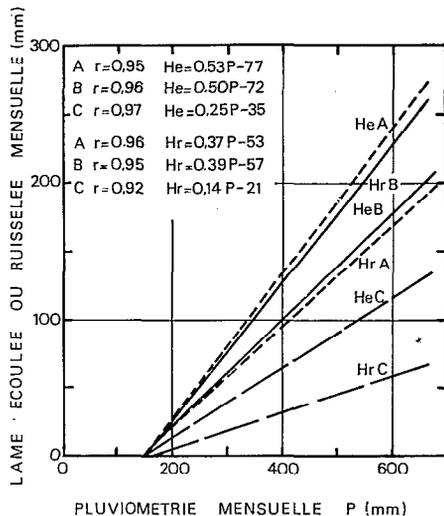


Fig. 3a

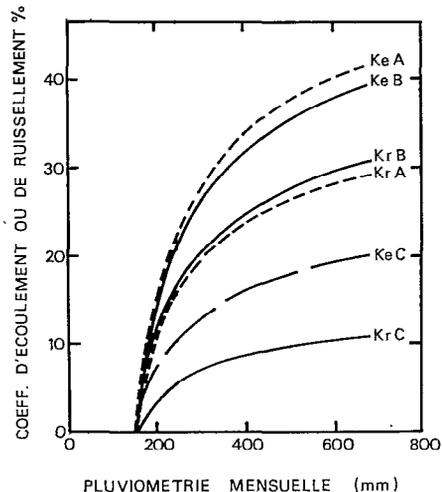


Fig. 3b

Fig. 3a. — BVE Ecerex — Corrélations entre la lame écoulee mensuelle He ou ruisselée mensuelle Hr et la pluviométrie mensuelle P sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire

Fig. 3b. — Corrélations entre les coefficients d'écoulement Ke ou de ruissellement Kr moyens mensuels et la pluviométrie mensuelle sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire. Ces courbes sont déduites des précédentes

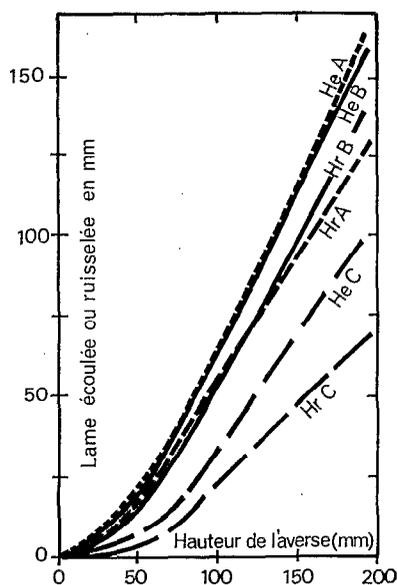


Fig. 4a

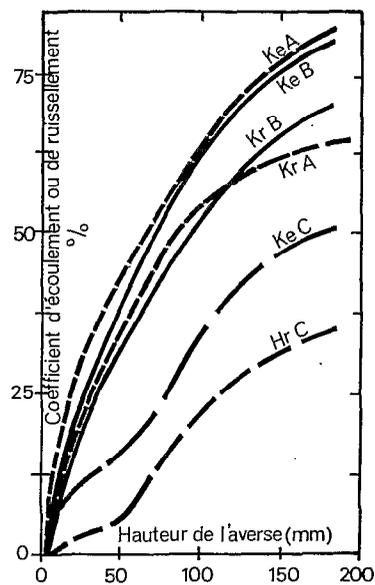


Fig. 4b

Fig. 4a. — BVE Ecérex — Corrélations entre la lame écoulee He ou ruisselée Hr au cours des crues individualisées et la hauteur des averses correspondantes, sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire

Fig. 4b. — Corrélation entre les coefficients d'écoulement Ke ou de ruissellement Kr des crues individualisées et la hauteur des averses correspondantes, sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire

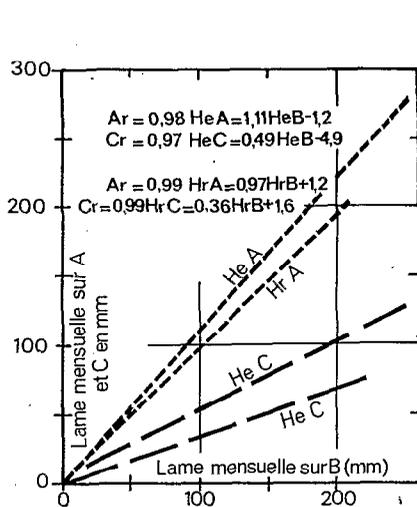


Fig. 5a

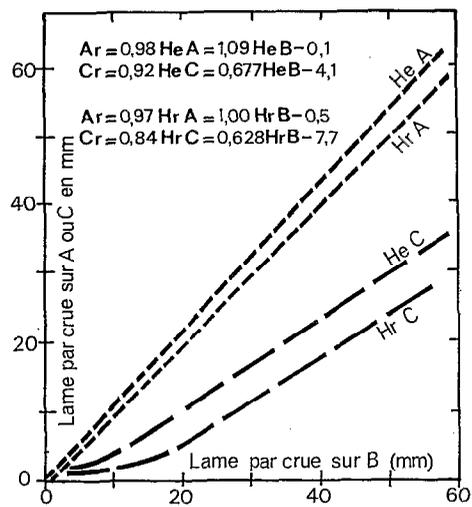


Fig. 5b

Fig. 5a. — BVE Ecérex — Corrélations entre la lame écoulee mensuelle He ou ruisselée mensuelle Hr sur les bassins A et C et la lame écoulee mensuelle ou ruisselée mensuelle sur le bassin versant témoin B, sous forêt primaire

Fig. 5b. — Corrélations entre la lame écoulee He ou ruisselée Hr lors des crues individualisées sur les bassins A et C et la lame écoulee ou ruisselée correspondante sur le bassin versant témoin B, sous forêt

Ainsi, il ressort que les bassins A et B présentent une grande analogie, les écoulements étant légèrement plus abondants sur le second. Par contre le bassin C se dégage nettement de l'ensemble par des coefficients d'écoulement, et surtout de ruissellement, moins élevés que ceux des deux premiers.

Les courbes représentatives des corrélations établies entre les pluies et les crues, tant à l'échelle mensuelle qu'à celle de l'événement, ont été regroupées sur les figures 3 à 5 afin de pouvoir être facilement comparées entre elles, tandis que le graphique de chaque corrélation est reporté en annexe (fig. 1 A à 5 A). Ces courbes confirment la différenciation entre la potentialité d'écoulement du couple A, B et celle du bassin C, mais aussi un écoulement global légèrement plus fort sur A que sur B, alors que le ruissellement apparaît plus élevé sur B que sur A. Si, lors des observations ultérieures, cette distinction s'avérait significative, elle pourrait traduire que l'horizon pédologique superficiel qui crée l'écoulement retardé a une capacité de rétention momentanée plus grande sur A que sur B.

3.3. L'ÉROSION

Les quantités de sédiments exportées par charriage sont respectivement de 0,59 et 0,70 t/ha/an pour les bassins A et B, et de 0,16 t/ha/an pour le C.

Les meilleures corrélations ont été obtenues entre les poids de sédiments exportés en suspension au cours des crues et l'indice de Wischmeyer des averses correspondantes (fig. 6 et 5 A en annexe). Ces corrélations ont permis d'évaluer les quantités de sédiments évacuées hors des bassins par les crues non échantillonnées et, par suite, d'estimer les quantités exportées au cours de l'année (tableau II). Il convient de remarquer que ces corrélations constituent également des éléments de comparaison de l'érosion sur différents bassins ou sur un même bassin, avant et après aménagement.

Une exportation de sédiments en suspension de 0,34, 0,35 et 0,04 t/ha/an a été évaluée respectivement sur les bassins A, B et C, correspondant à des teneurs moyennes des eaux de ruissellement de 46, 36 et 12 mg/l.

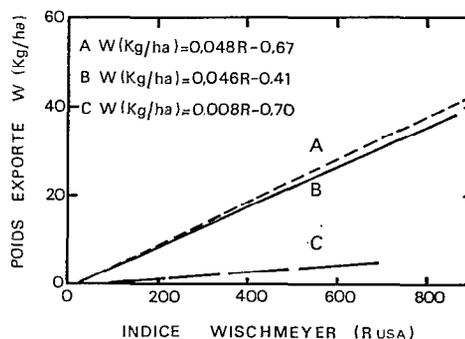


Fig. 6. — BVE Ecerex. Corrélations entre la quantité de matières en suspension exportée au cours des crues individualisées et l'indice de Wischmeyer des averses correspondantes sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire

On retiendra donc que l'érosion mécanique, comme le ruissellement, apparaît analogue sur les bassins A et B avec une valeur annuelle voisine de 1 t/ha/an, mais nettement inférieure avec 0,2 t/ha/an sur le bassin C. Ces valeurs permettent d'affirmer que l'érosion mécanique sous forêt est très faible, en raison du rôle protecteur de la végétation intervenant par son réseau de racines, sa litière et sa voûte forestière.

D'après les premiers résultats d'analyses chimiques d'éléments dissous dans les eaux de crue, les teneurs sont en moyenne de 10 à 13 mg/l pour les ions dissous, valeurs très légèrement plus faibles que celles des eaux des grandes rivières guyanaises, et de 2 à 4 mg/l de silice dissoute. Il faut s'attendre à ce que les eaux souterraines actuellement en cours d'échantillonnage, montrent des valeurs sensiblement plus élevées. Compte tenu de l'écoulement total, superficiel et souterrain, c'est donc plus de 0,5 t/ha/an d'éléments dissous qui serait exportée du bassin. Cette valeur, qui sera précisée par des analyses ultérieures, devra cependant pour représenter l'érosion chimique être diminuée des apports en sels d'origine météorologique.

4. CONCLUSION

De cette étude a été dégagée une méthodologie dans le but d'assurer l'analyse de l'évolution des écoulements et de l'érosion qui devrait se réaliser sur la série des bassins versants ECEREX au cours des prochaines expérimentations. Basée sur un traitement mécanographique d'un nombre considérable de données, cette méthodologie est axée sur l'établissement du bilan hydrologique et de corrélations entre les écoulements sur un bassin et les pluies correspondantes, ou les écoulements sur un bassin témoin. Elle sera affinée selon la nature et l'importance des effets qu'engendreront les phases successives d'aménagement.

Il est à rappeler que la potentialité d'écoulement et d'érosion sur les bassins étudiés est en accord avec les caractéristiques hydrodynamiques des sols qui définissent un système à drainage vertical ralenti ou bloqué sur la plus grande superficie, tandis que subsiste sur certaines zones de crête un système d'organisation à drainage vertical libre de plus grande perméabilité. Ce dernier système, plus étendu sur l'un des bassins, le C, y détermine un écoulement nettement inférieur à celui qui est observé sur les deux autres. Les eaux provenant pour une forte part de l'écoulement retardé, la distinction y apparaît encore plus prononcée pour le ruissellement, lequel n'entraîne qu'une érosion mécanique annuelle très faible, de l'ordre de 0,2 t/ha. Les deux bassins A et B, couverts essentiellement de sols à drainage vertical ralenti ou bloqué, présentent entre eux des caractéristiques hydrologiques analogues, nettement plus marquées que celles du précédent bassin. Les forts ruissellements qui s'y produisent, avec des coefficients pouvant atteindre 60 à 70%, déterminent une érosion annuelle d'environ 1 t/ha. Malgré ce, le taux d'érosion mécanique demeure faible sous forêt naturelle.

Le choix du bassin B comme témoin des A et C pourra probablement s'étendre aux D et E, compte tenu des premiers résultats qui y ont été acquis mais qui requièrent encore un meilleur étalonnage et des observations supplémentaires pour pouvoir être exploités définitivement. Sur ces deux bassins, les caractéristiques des écoulements semblent être intermédiaires à ceux du couple A, B et du C. Un autre témoin devra être ménagé pour le groupe éloigné F, G, H dont les crues paraissent fréquentes, en raison probablement d'une couverture de sols à drainage vertical bloqué et de l'affleurement d'une nappe souterraine dans le thalweg où elle assure un écoulement faible, mais permanent.

Les observations sur les derniers bassins I et J, dont l'équipement est prévu au cours de la saison sèche 1978, devraient débiter au plus tard le 1^{er} janvier 1979. Au cours de la saison sèche 1978 interviendront les premiers travaux d'aménagement sur les bassins A et C qui seront déforestés selon des techniques d'exploitation forestière. Le A, avec le concours de l'INRA, sera transformé en pâturage dont la superficie, d'environ 3 ha, débordera des limites du bassin. Le C, avec le concours de l'IRFA, sera aménagé en un verger d'agrumes.

ANNEXE
HYDROLOGIE ET ÉROSION

TABLEAU 1
BVE ECÉREX
HAUTEURS MENSUELLES ET ANNUELLES DES PRÉCIPITATIONS A ECÉREX ET SINNAMARY

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyenne 1959-1977	296	233	244	315	477	407	204	74	43	62	110	271	2 735
Sinnamary 1977	120	164	164	379	387	272	203	155	(43)	(63)	75	355	2 380
BVE A	139	225	227	536	667	271	306	195	147	80	140	535	3 468
BVE B	140	214	221	532	640	267	306	210	152	96	132	535	3 445
BVE C	137	229	228	541	630	282	309	221	158	106	128	540	3 510
BVE moyenne 1977	139	223	225	536	646	273	307	209	152	94	133	537	3 474
BVE/Sinnamary 1977	1,16	1,36	1,37	1,41	1,67	1,00	1,51	1,35	—	—	1,77	1,51	1,46

TABLEAU 2
 BVE ECÉREX A, B, C 1977, SOUS FORÊT PRIMAIRE
 ELÉMENTS DU BILAN HYDROLOGIQUE MENSUEL ET ANNUEL

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Pm	A	139	225	227	536	667	271	306	195	148	80	140	535	3 468
	B	140	214	221	532	640	267	306	210	153	96	132	535	3 445
	C	137	229	228	541	630	282	310	221	158	107	128	540	3 510
He	A	20,6	15,0	32,0	268	240	20,5	59,0	26,3	0	0	1,3	242	925
	B	15,0	19,5	17,5	213	212	22,5	56,7	32,5	3,1	2,3	3,4	246	843
	C	—	—	—	—	111	42,1	40,3	7,4	0	0	0,05	122	—
Hr	A	20,5	10,1	27,5	170	180	10,1	37,5	24,0	0	0	0,5	174	654
	B	9,3	14,3	11,5	168	164	15,8	39,9	30,8	2,4	2,1	3,1	200	661
	C	—	—	—	—	52	10,5	10,1	3,6	0	0	0,03	75	—
Hb	A	0,1	4,9	4,5	97,4	60,2	10,4	21,5	2,4	0	0	0,8	68,8	271
	B	5,7	5,2	6,0	44,2	48,6	6,7	16,9	1,7	0,7	0,2	0,3	45,8	182
	C	—	—	—	—	59	31,7	30,1	3,8	0	0	0,01	47,5	—
Ke	A	14,8	6,7	14,1	50,0	36,0	7,6	19,3	13,5	0	0	0,9	45,3	26,7
	B	10,7	9,1	7,9	40,0	33,1	8,4	18,5	15,5	2,1	2,4	2,6	45,9	24,5
	C	—	—	—	—	17,6	14,9	13,0	3,3	0	0	0,04	22,7	—
Kr	A	14,7	4,5	12,1	31,7	27,0	3,7	12,3	12,3	0	0	0,4	32,5	18,9
	B	6,6	6,7	5,2	31,7	25,6	5,9	13,0	14,6	1,6	2,2	2,3	37,4	19,2
	C	—	—	—	—	8,2	3,7	3,3	1,6	0	0	0,03	13,9	—
Kb	A	0	2,2	2,0	18,2	9,0	3,8	7,0	1,2	0	0	0,6	12,9	7,8
	B	4,1	2,4	2,7	8,3	7,6	2,5	5,5	0,8	0,5	0,2	0,2	8,6	5,3
	C	—	—	—	—	9,4	11,2	9,7	1,7	0	0	0,01	8,8	—
Wc (kg/ha)	A	—	—	—	> 45	333	17	43	56	0	0	2	90	> 585
	B	—	—	—	> 88	319	15	55	99	1	1	9	110	> 695
	C	—	—	—	—	> 22	62	11	11	0	0	1	55	> 160
Ws (kg/ha)	A	3	3	2	77	128	17	41	19	0	0	6	47	343
	B	3	4	3	72	92	19	40	48	10	10	3	41	345
	C	0,1	≠ 0	≠ 0	15	7	3	4	3	0	0	1	7	40
Wt (kg/ha)	A	> 3	> 3	> 2	> 122	461	34	84	75	0	0	8	137	> 930
	B	> 3	> 4	> 3	> 160	411	34	95	147	11	11	12	151	> 1 045
	C	> 0,1	≠ 0	≠ 0	> 15	> 29	65	15	14	0	0	2	62	> 200

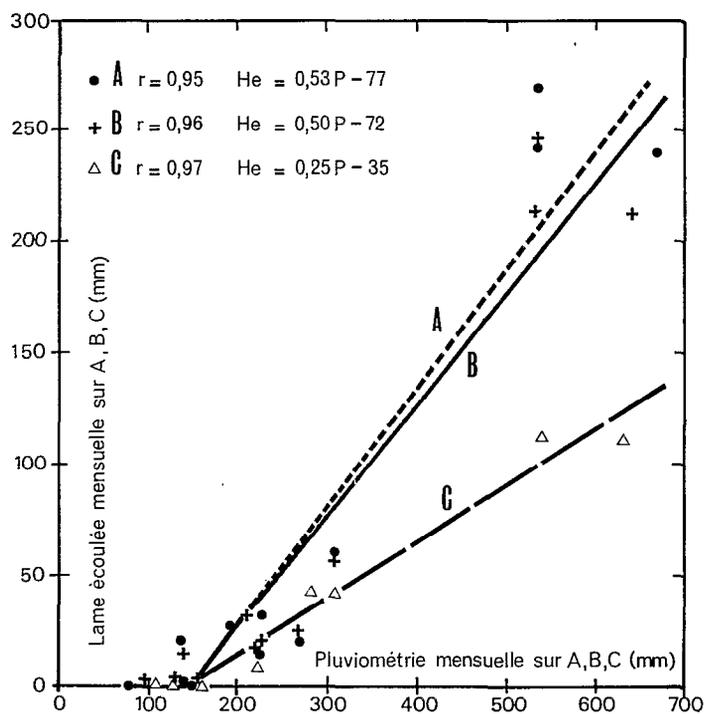


Fig. 1Aa

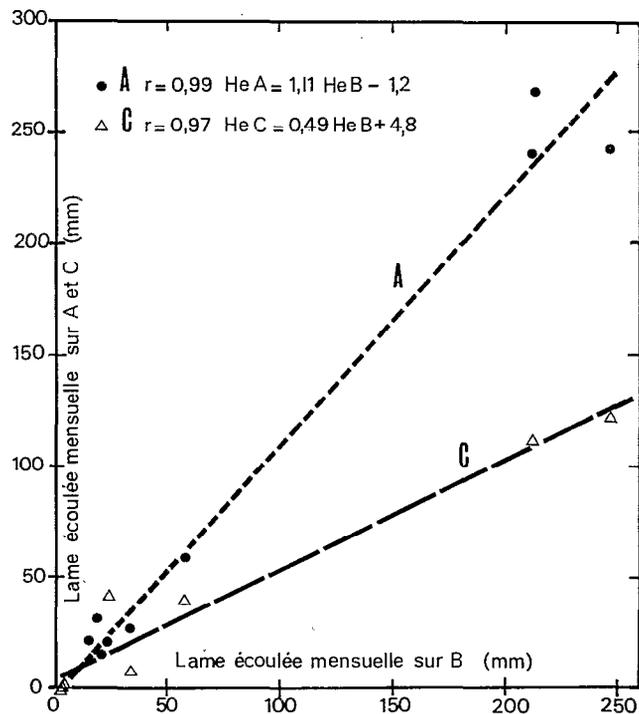


Fig. 1Ab

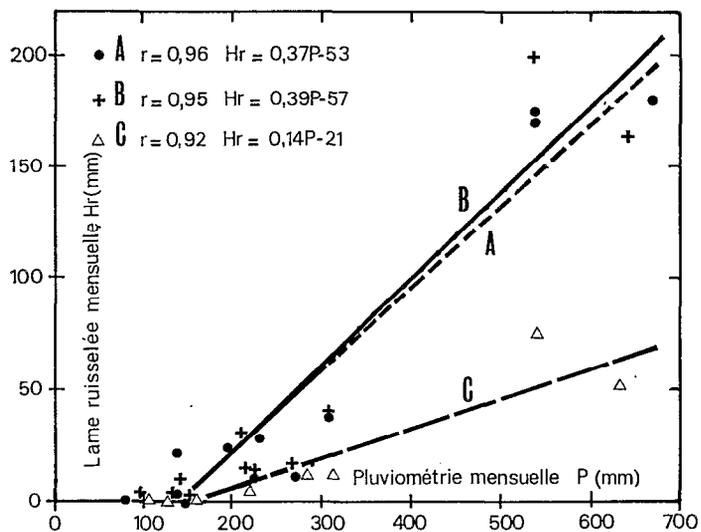


Fig. 1Ac

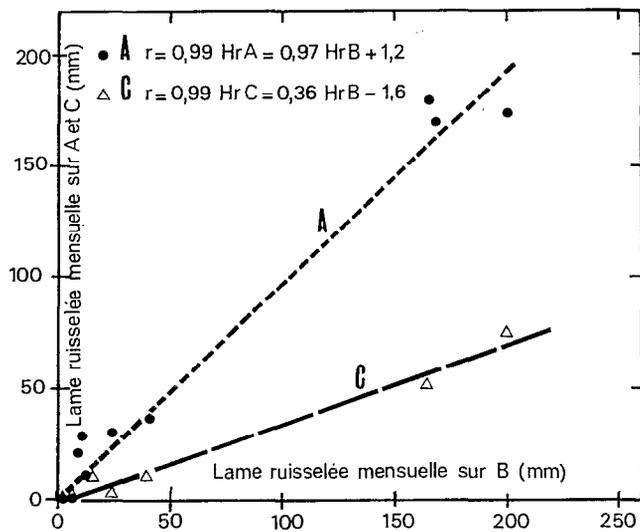


Fig. 1Ad

Fig. 1A. — BVE Ecerex. Corrélations entre la lame écoulée ou ruisselée mensuelle et la pluviométrie mensuelle sur les bassins A, B, C, sous forêt primaire.
Corrélations entre la lame écoulée ou ruisselée mensuelle sur les bassins A et C et la lame écoulée ou ruisselée mensuelle sur le bassin témoin B, sous forêt primaire.

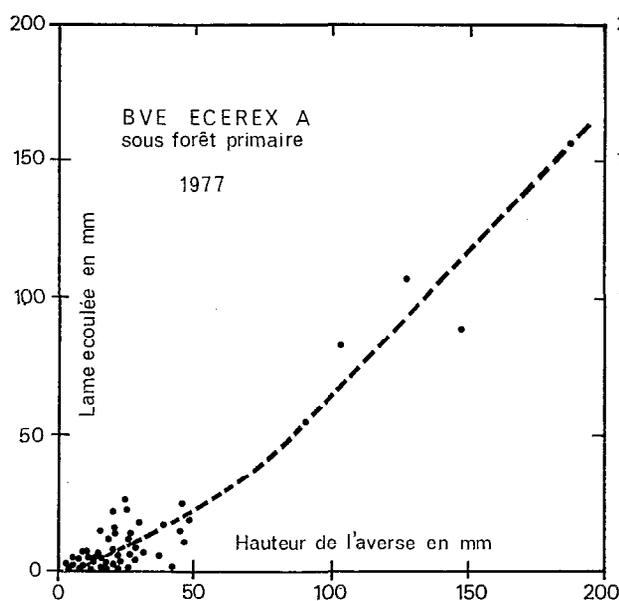


Fig. 2Aa

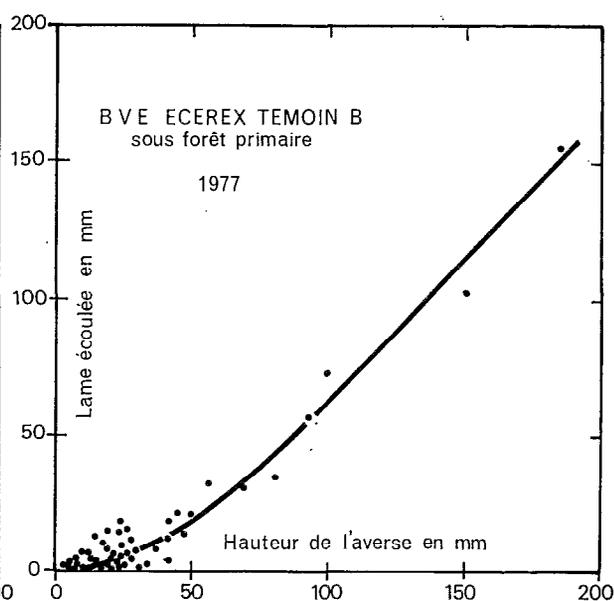


Fig. 2Ab

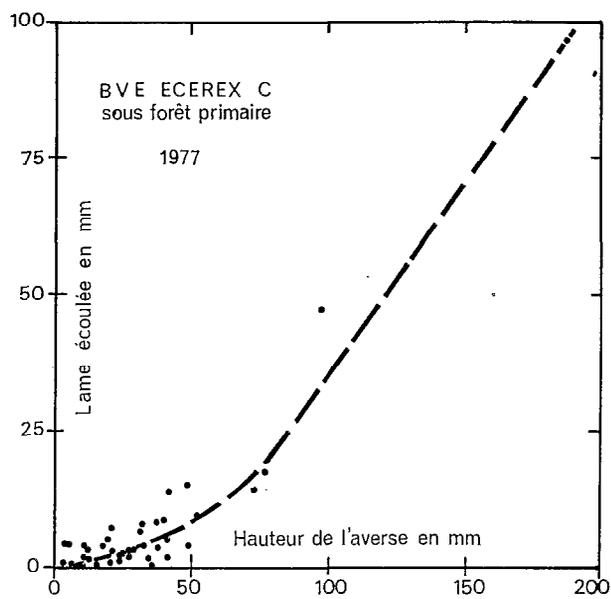


Fig. 2Ac

Fig. 2A. — BVE Ecérex. Corrélations entre la lame écoulée au cours des crues individualisées et la hauteur des averses correspondantes, sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire

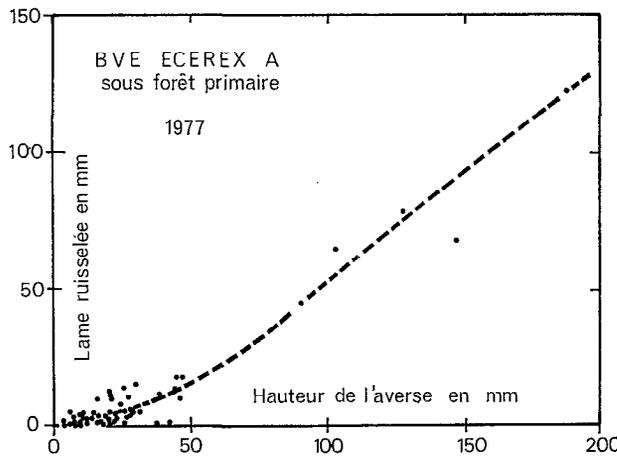


Fig. 3Aa

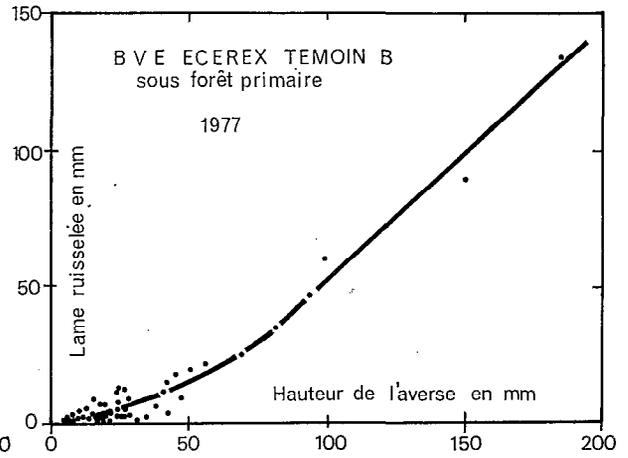


Fig. 3Ab

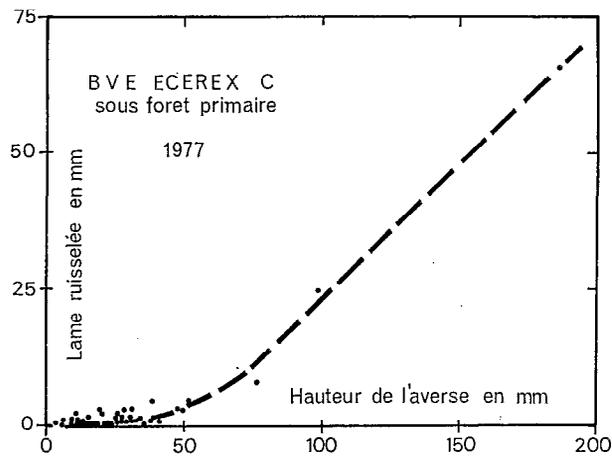


Fig. 3Ac

Fig. 3A. — BVE Ecerex. Corrélations entre la lame ruisselée au cours des crues individualisées et la hauteur des averses correspondantes, sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire

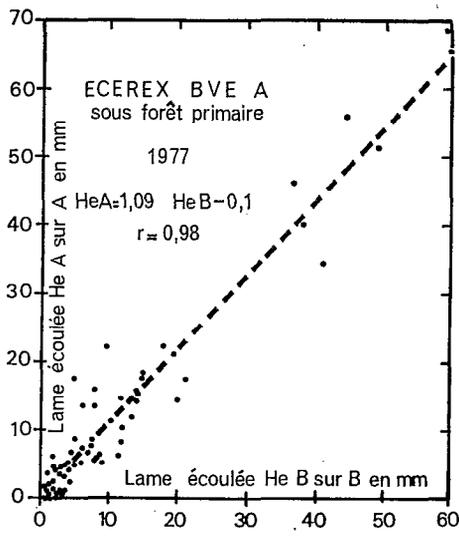


Fig. 4Aa

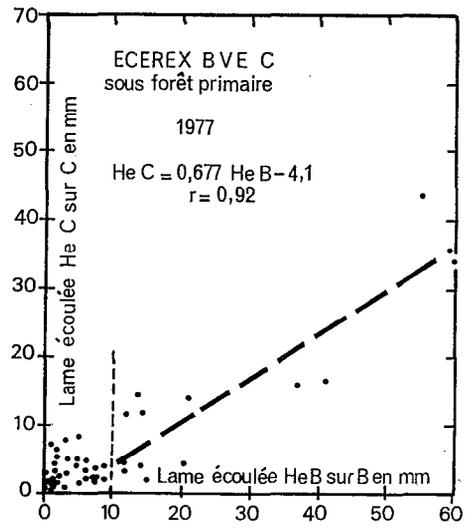


Fig. 4Ab

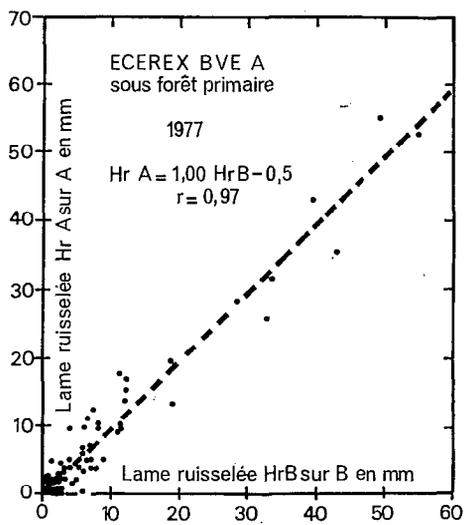


Fig. 4Ac

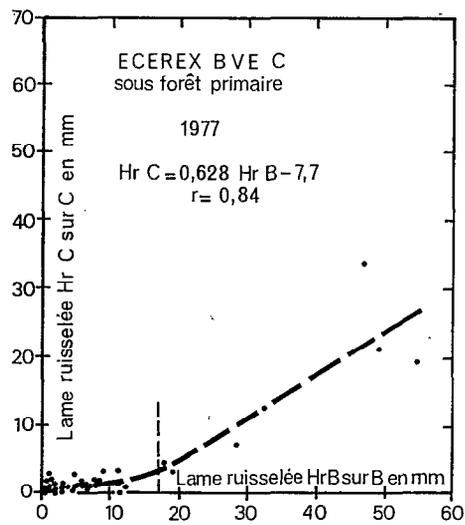


Fig. 4Ad

Fig. 4A. — BVE Ecérex. Corrélations entre la lame écoulee ou ruisselée au cours des crues individualisées sur les bassins versants A et C et la lame écoulee ou ruisselée correspondante sur le bassin versant témoin B, sous forêt primaire

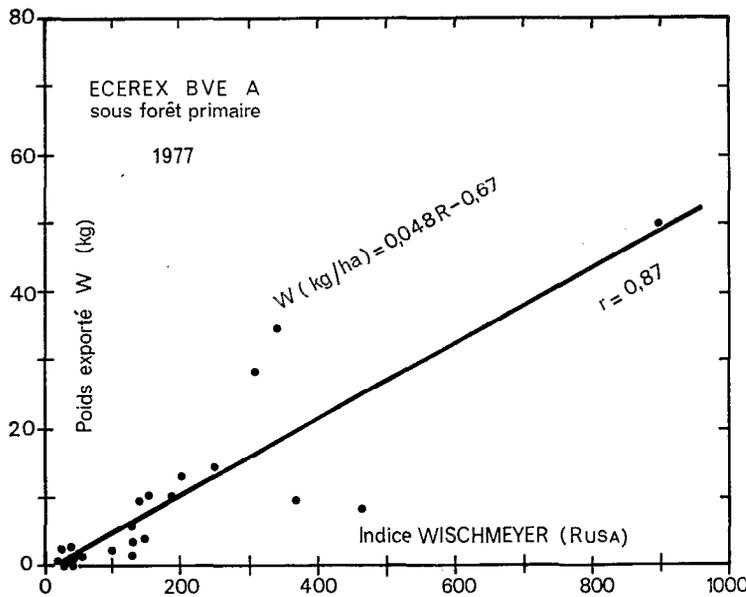


Fig. 5Aa

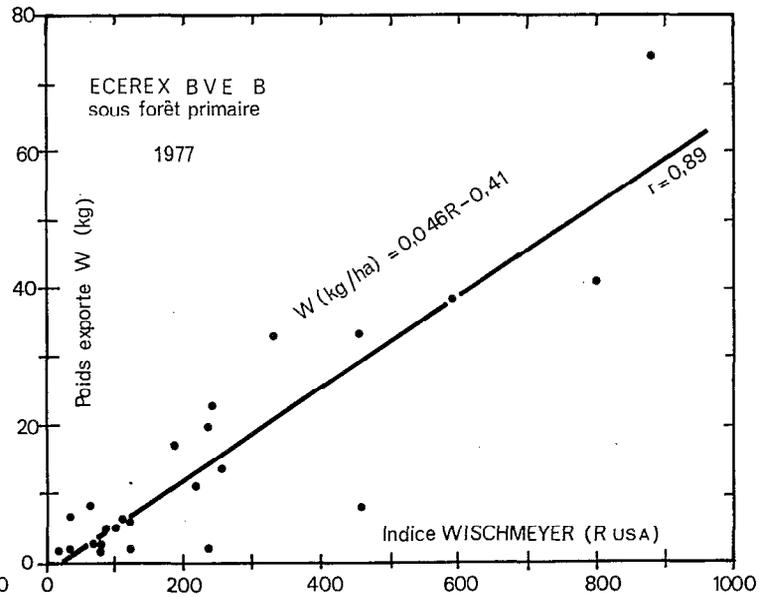


Fig. 5Ab

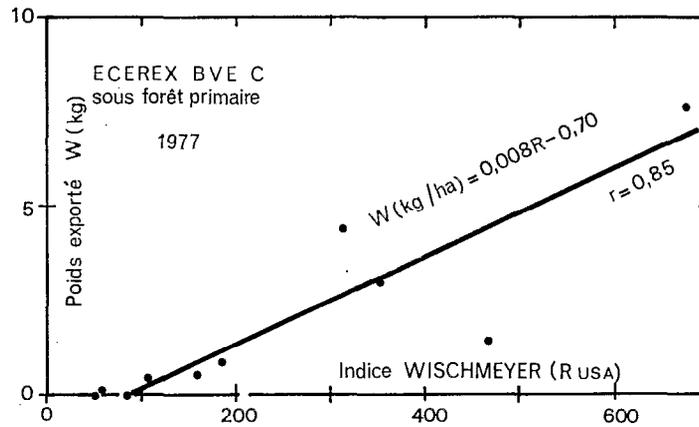


Fig. 5Ac

Fig. 5A. — BVE Ecerex. Corrélations entre la quantité de matières en suspension exportée au cours des crues individualisées et l'indice de Wischmeyer des averse correspondantes sur les bassins versants A, B, C, sous forêt primaire