

Résumé des résultats de recherches sur le bassin représentatif de la Crique Grégoire (Guyane)

(M.) Hoepffner et (G.) Vuillaume

1. ORGANISME GESTIONNAIRE

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), Service Hydrologique, 19, rue Eugène-Carrière, 75018 Paris.

Section Hydrologique du Centre ORSTOM de Cayenne (Guyane).

2. THÈME DE RECHERCHES

Détermination analytique des caractères hydrologiques d'un bassin représentatif de la forêt dense et humide, sur terrains granitiques dans une région à climat équatorial très pluvieux.

3. DESCRIPTION DU BASSIN (voir carte topographique et d'équipement)

Situation :

Bassin hydrographique du Sinnamary.

Coordonnées à l'exutoire du bassin global : 5° 05' 42" N et 53° 03' 00" W.

Caractères physiques et morphologiques :

Le bassin global S 2 (12,4 km², altitudes 10 à 180 m) contient un bassin S 1 (8,4 km², altitudes 30 à 180 m), qui est le bassin principal de l'étude ; un petit bassin S 3 (0,24 km², altitudes 15 à 68 m) lui est adjacent.

Respectivement, pour les bassins S 1, S 2, S 3, les principaux caractères sont les suivants :

Indices de compacité : 1,22-1,52 et 1,28.

Densités de drainage : 4,8-4,9 et 6,2.

Indices de pente globaux : 15,4-11,9 et 5,0 m/km.

Le réseau hydrographique du bassin global est en arête, le lit majeur étant soumis à débordements.

Unité géomorphologique : collines.

Géologie (sols) :

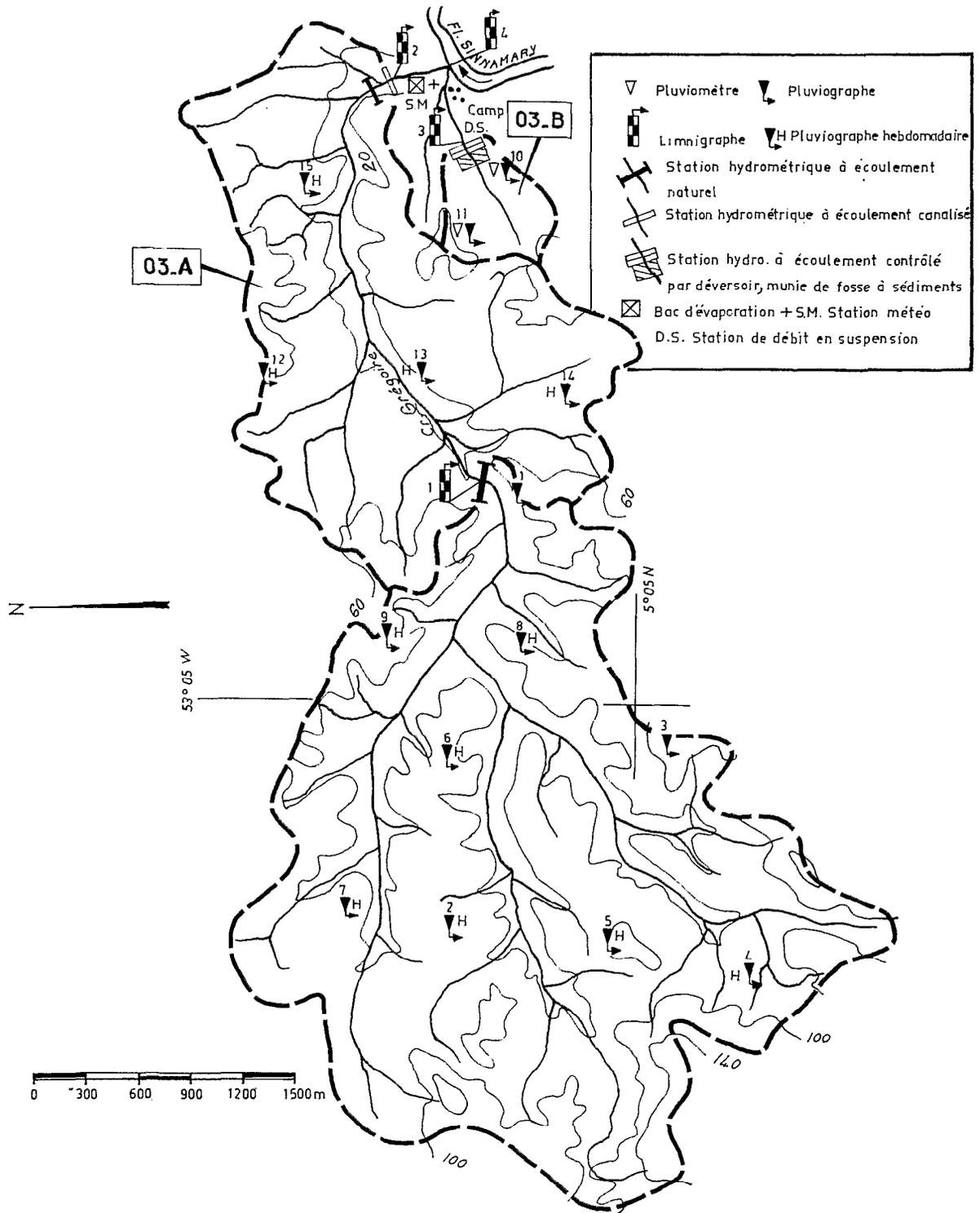
Respectivement 77-81 et 100% de sols ferrallitiques fortement désaturés sur matériau gneissique ou granito-migmatitique (10 à 20% d'argile dans l'horizon A, 25 à 45% dans l'horizon B).

20-13 et 0% de sols ferrallitiques hydromorphes sur colluvions sablo-argileuses de bas de pente (10 à 15% d'argile).

3-6 et 0% de sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley sur dépôts sablo-argileux de fond de vallée.

L'aptitude au drainage interne et à la rétention est élevée dans l'horizon supérieur (20 à 40 cm) des sols ferrallitiques désaturés ; en-dessous, le matériau se compacte rapidement et devient imperméable vers 50-100 cm.

Nappe.



Bassin représentatif de la Crique Grégoire
Carte topographique et d'équipement

Carte de référence I.G.N. : IRACOUBO S.E. NB 22 VII 2 b 1/100 000
Photographies aériennes : I.G.N. 01-50 (Nos 405-406) Guyane Française

Climat :

Equatorial de transition à températures maximales de 29 à 32 °C et minimales de 21 à 23 °C.

Evaporation annuelle sur Piche de 970 mm.

Précipitations sous forme d'averses ou de type « mousson » dépassant 300 mm de décembre à juillet et atteignant un total annuel de 3 600 mm.

Végétation :

Forêt dense et humide.

Aucune culture.

Equipement :

1 station limnigraphique à contrôle aval par seuil naturel ; à l'amont d'une chute, pour S 1,

1 station à radier bétonné équipée de deux limnigraphes pour S 2,

1 fosse à sédiments munie d'un déversoir triangulaire, enregistrement par limnigraphe, pour S 3,

16 pluviographes à augets basculeurs,

1 station météorologique complète en clairière.

Période de fonctionnement : de 1968 (1970 pour S 3) à 1972.

Code de macroclassification internationale :

00.6.3.1.0.9.0.3.

4. PRINCIPALES PUBLICATIONS

HOEFFNER (M.) - mars 1974 - Les bassins versants de la Crique Grégoire. Rapport préliminaire. ORSTOM, Section Hydrologique du Centre de Cayenne, 2 tomes, multigr. 107 p., plus tabl. et fig.

BLANCANEUX (Ph.) - 1971 - Etude pédologique au 1/30 000 du bassin versant de la Crique Grégoire, Centre ORSTOM de Cayenne.

5. RÉSULTATS OBTENUS

5.1. L'étude de l'ensemble des bassins de la Crique Grégoire constitue le troisième volet de l'observation de bassins représentatifs sur les grandes unités géologiques du bouclier guyanais, après les bassins de la crique Virgile et de la Crique Cacao. Les mêmes difficultés d'accès, d'implantation et de maintenance ont été rencontrées et surmontées de manière identique. Les observations pluviométriques sont satisfaisantes, la longueur de l'étude palliant la faible densité du réseau au cours des deux premières années. La station hydrométrique scientifiquement la plus importante (S 1) a été parfaitement observée de mai 1968 à décembre 1972 ; les quelques rares lacunes dues à des pannes d'appareillage ont été comblées par corrélation avec les débits observés à l'exutoire du bassin global, lorsque ceux-ci étaient mesurables. En effet, cette station S 2, malgré un réhaussement artificiel du radier se trouve dans la courbe de remous des hautes eaux du Sinnamary ; lors de ce contrôle aval, la détermination du débit doit être effectuée à partir des relevés de deux limnigraphes donnant la pente hydraulique, mais à ce jour, les jaugeages ne sont pas assez nombreux pour étayer suffisamment la fonction hauteur-débit de cet écoulement non-univoque. Les lacunes à la fosse à sédiments (station S 3) ont été nombreuses au début, mais les anomalies de fonctionnement du limnigraphe ont été rapidement éliminées.

Avec une qualité constamment améliorée au cours des cinq campagnes, c'est au total 765 crues qui ont pu être analysées pour les trois bassins, dont 264 pour le bassin S 1 de 8,4 km².

L'analyse de l'information hydropluviométrique a été effectuée de manière classique ; discrimination des événements averse-crue et établissement d'un hydrogramme-type, modèle global de la transformation pluie-débit.

5.2. Bien que la capacité de rétention soit élevée dans l'horizon supérieur, la rapide décroissance de la porosité à faible profondeur des sols ferrallitiques désaturés et la proportion peu importante des sols hydromorphes font que la plupart des précipitations se traduisent par des crues à l'exutoire, cette manifestation étant liée à l'état de saturation du terrain. Ainsi, pour le bassin S 1, il suffira d'une averse de 3 mm tombant 10 heures après une pluie antérieure, 5 mm après 24 heures ou 7,5 mm après 5 jours sans pluie, pour assister à un gonflement notable du débit de base. Au cours des cinq années d'études, en moyenne 175 averses chaque année, sur un effectif de 315, ont dépassé

5 mm, générant ainsi un nombre élevé de crues. Ces crues sont naturellement composées en majeure partie de ruissellement pur qui présente généralement un volume cinq fois supérieur au ruissellement hypodermique sur le bassin S 1.

L'hydrogramme-type médian de ce bassin S 1, obtenu à partir de six crues de caractère unitaire ramenées à une lame ruisselée de 10 mm (84 000 m³), se caractérise par un temps de montée de 2 h 50, un débit maximal de 6,4 m³/s et un temps de base de 7 h 30. L'averse unitaire se signale par un corps d'intensité supérieure à 12 mm/h durant de 20 mn à 1 heure.

Sur le bassin S 3, l'hydrogramme-type médian (avec cinq crues) de même lame ruisselée (2 400 m³) dure 1 h 45, le débit maximal de 1 350 l/s étant atteint 35 mn après le début de la crue.

L'utilisation de l'ordinateur a permis une recherche originale de la fonction de ruissellement à appliquer à une quelconque averse pour en déterminer la lame ruisselée induite. Étant donné un événement averse-crue caractérisé principalement par sa lame ruisselée L et son facteur primaire pluie moyenne P, on pose comme hypothèse que le point (L, P) est situé sur une hyperbole admettant une tangente nulle à l'origine et possédant une première asymptote de pente unité coupant l'axe des P à une abscisse A positive. Si l'on se fixe une valeur B de la pente de la deuxième asymptote de l'hyperbole, l'ensemble des événements averse-crue engendrera une famille d'hyperboles, chacune étant indiquée par le paramètre A que l'on tente d'explicitier par l'introduction d'un ou plusieurs facteurs secondaires. Pour le bassin S 1, le meilleur ajustement (écart absolu moyen minimal entre les lames ruisselées observées et calculées) est obtenu pour une pente B de la deuxième asymptote égale à + 2,00 et pour un paramètre A lié à un indice de saturation :

$$\log A = - 0,00004 \text{ SAT} + 8,40880$$

avec $\text{SAT} = \sum_{t=1}^{t=5} \text{Pa}_t \cdot e^{kt}$, c'est-à-dire saturation due aux précipitations Pa des cinq jours précédant l'averse

considérée, avec un exposant de pondération k dont la valeur optimale est, dans ce cas, de - 1,0. Le logarithme de A (valeur de l'abscisse P à son intersection avec la première asymptote — de pente unité — à l'hyperbole définie plus haut) varie en sens inverse de la saturation ; pour une averse donnée, la valeur de A diminue donc lorsqu'on augmente la saturation, ce qui déplace vers le haut l'hyperbole afférente traduisant ainsi l'accroissement de la lame ruisselée.

Ce modèle de transformation pluie-débit, utilisé conjointement avec l'hydrogramme-type, autorise la recherche de la crue liée à une précipitation de fréquence choisie. La hauteur moyenne journalière de fréquence décennale peut être estimée à 150 mm après abattement ; cette précipitation composée de trois averses unitaires de 40, 40 et 70 mm de 1 heure chacune et espacées de 2 heures, intervenant sur un terrain moyennement saturé, donne une crue (résultante de trois hydrogrammes-types ayant respectivement des coefficients de ruissellement de 20, 40 et 60%) qui présente un débit maximal de ruissellement de 34 m³/s avec un temps de montée de 6 heures et un temps de base de 12 heures. Compte-tenu du débit de base et du débit dû à l'écoulement hypodermique, le débit maximal de la crue provoquée par l'averse décennale peut être estimé à 36 m³/s, soit 4 300 l/s.km². Le plus fort événement observé sur ce bassin S 1 a atteint 32 m³/s pour une précipitation qui peut être qualifiée de biennale quant à ses caractéristiques : 23 mm en 1 heure, 18 mm en 30 minutes, 57 mm en 2 heures. Au cours des cinq ans, six autres crues ont dépassé 20 m³/s.

Par un processus identique, la crue de fréquence décennale estimée sur le bassin S 3 (0,24 km²) doit atteindre un débit maximal ruisselé de 4,4 m³/s et un débit total de 4,6 m³/s (19 000 l/s.km²). Il a été enregistré une crue de débit maximal 3,4 m³/s, qui peut être considérée comme étant de fréquence biennale.

5.3. L'écoulement est permanent, mais en raison des caractéristiques pédologiques (cf. 5.2.) les étiages d'octobre à novembre sont relativement sévères, de 75 à 190 l/s en moyenne mensuelle pour des modules annuels de 470 à 690 l/s (étiages absolus de 52 à 115 l/s), sur le bassin S 1. Les débits spécifiques d'étiage absolu des trois bassins semblent liés entre eux par une loi linéaire bien que le bassin S 3 ne soit qu'adjacent aux deux autres (lesquels participent d'un même thalweg sans apport intermédiaire conséquent) ce qui impliquerait une alimentation du petit bassin par une nappe commune. L'étiage absolu le plus faible (52 l/s à S 1, soit 6 l/s.km²) pourrait être de fréquence décennale, eu égard à la faible pluviosité de l'année où il a été observé et surtout à la rigueur relative de la saison sèche où il s'est manifesté.

Les lames transitant annuellement par l'exutoire du bassin S 1 sont liées linéairement à la pluviosité de l'année par :

$$H_e = 0,8 P - 700$$

à condition que les six mois de saison sèche (juillet à décembre) de l'année précédente aient totalisé au moins 1 000 mm. Sinon, il est nécessaire d'introduire un facteur correctif, lié à cette donnée pluviométrique, facteur qu'il n'a pas été possible d'explicitier, une seule saison sèche n'ayant pas atteint le seuil présumé de 1 000 mm.

Les coefficients d'écoulement annuels, de l'ordre de 55 à 65%, sont naturellement liés à l'abondance de la pluviosité de l'année, mais surtout à l'intensité de la saison sèche précédente.

5.4. Le bassin S 3 de 0,24 km², équipé d'une fosse à sédiments et d'un déversoir était principalement destiné à l'appréhension du phénomène d'érosion sous forêt par la recherche de ses facteurs principaux d'ordre pluviométrique et l'essai de détermination de ses composantes (transports en suspension et charriage).

A partir d'environ 80 événements étudiés, on peut résumer les observations suivantes :

— La proportion de l'érosion par charriage par rapport à l'érosion totale reste à peu près constante (environ 40%) quelle que soit la crue ;

— L'érosion par mise en suspension sera d'autant plus brutale (rapport élevé des concentrations maximale et moyenne) que la lame ruisselée est importante, suivant la relation :

$$\frac{C_M}{C_m} = 0,14 H_r + 0,67 ;$$

— Dans un système de coordonnées E_T (H_r), les points représentant l'érosion totale par rapport à la lame ruisselée forment un nuage à tendance hyperbolique dont la dispersion peut être réduite en utilisant un facteur de correction prenant en compte l'important du débit maximal liquide de la crue.

On remarque, par ailleurs, que les concentrations des matières en suspension, très variables au cours d'une crue (de 10 à 300 mg/l) atteignent leur valeur maximale en même temps que le débit liquide et restent relativement stables (2 à 5 mg/l) lors des étiages.

A l'échelle de l'année, l'érosion n'est pas un phénomène spectaculaire, de l'ordre de 0,55 t/ha en 1972 (ou 0,03 mm d'ablation par ha). Cela tient aux caractéristiques pédologiques (peu d'éléments fins en surface, compacité des sables et des argiles en place, densité du réseau racinaire subhorizontal) et à la présence d'une végétation aérienne épaisse et continue qui amortit les intensités des averses. Dans le bilan général, on remarque qu'il suffit de quelques précipitations importantes pour assurer la quasi-totalité de l'érosion.

Les matériaux charriés présentent des courbes granulométriques dont les médianes se situent à 0,4-0,6 mm en étiage et à 0,7-1,4 mm en crue ; le pourcentage en éléments fins (< 50 μ), négligeable en crue (1%) atteint au maximum 12% en étiage ; la proportion de sables grossiers est remarquablement stable (70%) alors que celle des refus à 2 mm croît de 15% (étiage) à 25% (crue) au détriment des sables fins.

Les sédiments transportés en suspension sont composés en majeure partie d'éléments fins (38% de MO, 35% d'argile), les éléments supérieurs à 200 microns ne représentant que 12%.

5.5. Les mesures d'infiltration indiquent une forte propension au cheminement horizontal des eaux dans le sol, déplacement facilité par la présence des racines qui ne peuvent se développer en profondeur. Les vitesses de percolation enregistrées sont en moyenne de 2.10⁻⁶ m/s avec l'appareil Muntz à anneau de garde, de 5.10⁻⁵ m/s à une profondeur de 20 cm et de 2.10⁻⁵ m/s à 60 cm avec la méthode Porchet.

Des profils hydriques ont été mensuellement relevés à 50 m à l'amont de l'exutoire (au même site que les mesures d'infiltration), pendant 18 mois. Les valeurs extrêmes des humidités se caractérisent par un stock d'eau d'environ 400 mm (sur 2 m) en étiage avec une teneur en eau à peu près constante sur tout le profil (10-12%) d'une part, et d'autre part, par un stock d'environ 650 mm avec des teneurs de 15 à 18% jusqu'à 1 m et supérieures ou égales à 20% de 1 à 2 m ; dans l'un et l'autre cas, la teneur minimale se situe à 30-50 cm.

6. CONCLUSION

Cinq années d'étude, dont trois vraiment complètes donnent une connaissance presque totale des régimes hydrologiques des bassins guyanais sur socle granitique et forment une approche acceptable de l'érosion de ces bassins.

Pour plus de rigueur, il a été décidé :

— De poursuivre ces études pendant au moins deux années, en souhaitant que l'une d'elles soit pluviométriquement déficitaire afin d'établir les lois de tarissement ;

— De préciser les caractéristiques des averses sous couvert végétal par l'installation de pluviographes en forêt, les appareils étant jusqu'alors en clairière artificielle ;

— D'intensifier les prélèvements d'éléments transportés en suspension sur le bassin S 3 pour évaluer plus précisément l'érosion totale ;

— d'installer une parcelle expérimentale de 150 m² où seront étudiés le ruissellement, l'érosion et le lessivage oblique dans les sols ferrallitiques fortement désaturés ;

— De mettre au point un modèle déterministe continu applicable à la transformation pluie-débit sur le bassin S 3.

En possession de ces résultats complémentaires, il sera intéressant d'effectuer la synthèse des recherches sur les bassins guyanais en tentant la liaison des phénomènes de ruissellement au niveau de l'influence de substratum.