

ETUDES D'IMPACT DE L'AMENAGEMENT
DE PETIT SAUT SUR LE SINNAMARY

LES TRANSPORTS SOLIDES

ORSTOM - Institut français de recherche
pour le développement en coopération

ELECTRICITE DE FRANCE

*ETUDES D'IMPACT DE L'AMENAGEMENT
DE PETIT-SAUT SUR LE SINNAMARY*

Les Transports Solides

J.M. FRITSCH

Maître de Recherches à l'ORSTOM

ORSTOM - Institut français de recherches pour le développement en coopération

CAYENNE - JUIN 1984

S O M M A I R E

AVERTISSEMENT	1
1. OBJET DU RAPPORT ET TERMINOLOGIE UTILISEE	2
2. MECANISMES ET FACTEURS DE L'EROSION	5
2.1 Une formulation générale	5
2.2 L'agressivité des pluies	6
2.3 Le facteur topographique	9
2.4 L'érodibilité du sol	11
2.5 La couverture végétale	12
2.6 Détermination théorique de l'érosion en GUYANE	13
3. LES MESURES D'EROSION ET DE TRANSPORT SOLIDE EN GUYANE SOUS FORET	14
3.1 L'échelle de la centaine de mètres carrés : les parcelles	14
3.2 Les petits bassins versants	16
3.3 Les grands bassins versants	20
3.3.1 Le transport solide par suspension	20
3.3.2 Les transports de fond	21
4. BILAN DES MESURES D'EROSION DANS LE MILIEU NATUREL EN GUYANE. ESTIMATION DU TRANSPORT SOLIDE DU SINNAMARY	25
5. L'EROSION EN GUYANE APRES DEFORESTAGE	27
CONCLUSION	39
BIBLIOGRAPHIE	41

AVERTISSEMENT

Ce document compose un des éléments de l'étude d'impact du projet de construction d'un barrage sur le SINNAMARY à PETIT-SAUT pour la production d'énergie électrique.

Pendant l'enquête d'utilité publique, ces études sont accessibles et peuvent être compulsées par tous, décideurs, administrateurs et simples citoyens concernés par le projet ou ses retombées.

C'est dire que ce rapport n'est pas destiné en priorité aux spécialistes des questions d'érosion et s'il est l'occasion d'une mise au point exhaustive des résultats acquis à ce jour en matière de transports en GUYANE, il constitue aussi une présentation résumée et donc simplifiée de ces travaux.

1. OBJET DU RAPPORT ET TERMINOLOGIE UTILISEE

Dans le cadre des études d'impact associées à l'aménagement hydroélectrique du SINNAMARY, ce document se propose de faire le point des connaissances sur les transports solides de la rivière à PETIT-SAUT et de prévoir leurs effets sur le lac artificiel qui sera créé en amont de ce site. Le problème sera considéré dans l'état actuel du bassin versant, pratiquement inhabité à l'exception du village de ST-ELIE et entièrement couvert par la forêt primaire. On envisagera ensuite l'évolution prévisible du phénomène après des défrichements sur le bassin versant.

Pour qu'il y ait transport de particules solides par une rivière, il faut d'abord qu'il y ait production, mise en mouvement et apport de terre à celle-ci. Cette évidence suppose l'existence de mécanismes préalables aux transports solides, mécanismes que l'on regroupe dans le terme général d'érosion

Pendant les averses, les gouttes de pluie atteignant le sol dissipent leur énergie cinétique en détachant des particules minérales et organiques de la surface, puis à la faveur des ruissellements superficiels ces particules sont mises en déséquilibre et tractées jusqu'au premier petit ruisseau rencontré, appelé talweg élémentaire. Ce processus n'est possible que grâce à la gravité et on conçoit qu'il fonctionne d'autant mieux que la pente est plus forte.

A partir du moment où les matériaux ont atteint le cours d'eau collecteur et sont susceptibles de parcourir l'ensemble du réseau hydrographique, on peut considérer que l'on quitte le domaine de l'érosion mécanique qui vient d'être décrit pour entrer dans celui du transport solide.

A ce stade, deux processus peuvent être mis en oeuvre, le transport de particules en suspension et le transport de fond :

- Le premier terme suppose que la turbulence liée à la vitesse de l'eau soit suffisante pour contrarier la vitesse de sédimentation des particules. Pour peu que les conditions hydrauliques ne varient pas trop au fil de la rivière, le transport en suspension est constant sur un tronçon donné et l'on peut parler d'un débit solide en suspension instantané exprimé en tonne ou en kilogramme par seconde, ou si l'on préfère d'une concentration moyenne des eaux en matières en suspension exprimée en kilogramme par mètre cube ou en gramme par litre d'eau.

Cette concentration moyenne est une image de teneurs ponctuelles très variables dans une coupe en travers de la rivière et augmente généralement au fond et sur les bords où la turbulence de l'eau est plus grande ; ceci pour dire que la charge en suspension d'une rivière n'est pas très aisée à connaître puisqu'il faut prélever des échantillons d'eau sur toute la largeur et à diverses profondeurs pour approcher la teneur moyenne instantanée avec une précision acceptable.

A partir du moment où les eaux ne sont plus courantes, tous les éléments solides en suspension se décantent et finissent par se déposer au fond. C'est le phénomène de sédimentation, qui se produit par exemple lorsque les eaux de rivières se déversent dans un lac artificiel, et qui constitue une nuisance à l'aménagement en diminuant la capacité du stockage hydrique de la retenue.

- Le deuxième mécanisme du transport solide est appelé transport de fond. Il se produit par intermittence pendant les crues lorsque la force tractrice de l'eau est suffisante pour traîner sur le fond des éléments grossiers : des sables, des galets ou même des blocs. C'est un phénomène globalement facile à mesurer sur de petits bassins versants de quelques dizaines d'hectares puisqu'il suffit de barrer le lit par une fosse à sédiments qui va collecter l'ensemble du transport de fond. Par contre sur de grandes rivières la mesure de cette portion du débit solide est toujours très imprécise malgré l'emploi obligatoire de techniques difficiles à mettre en oeuvre (nasses, bennes preneuses, radio-isotopes, etc...).

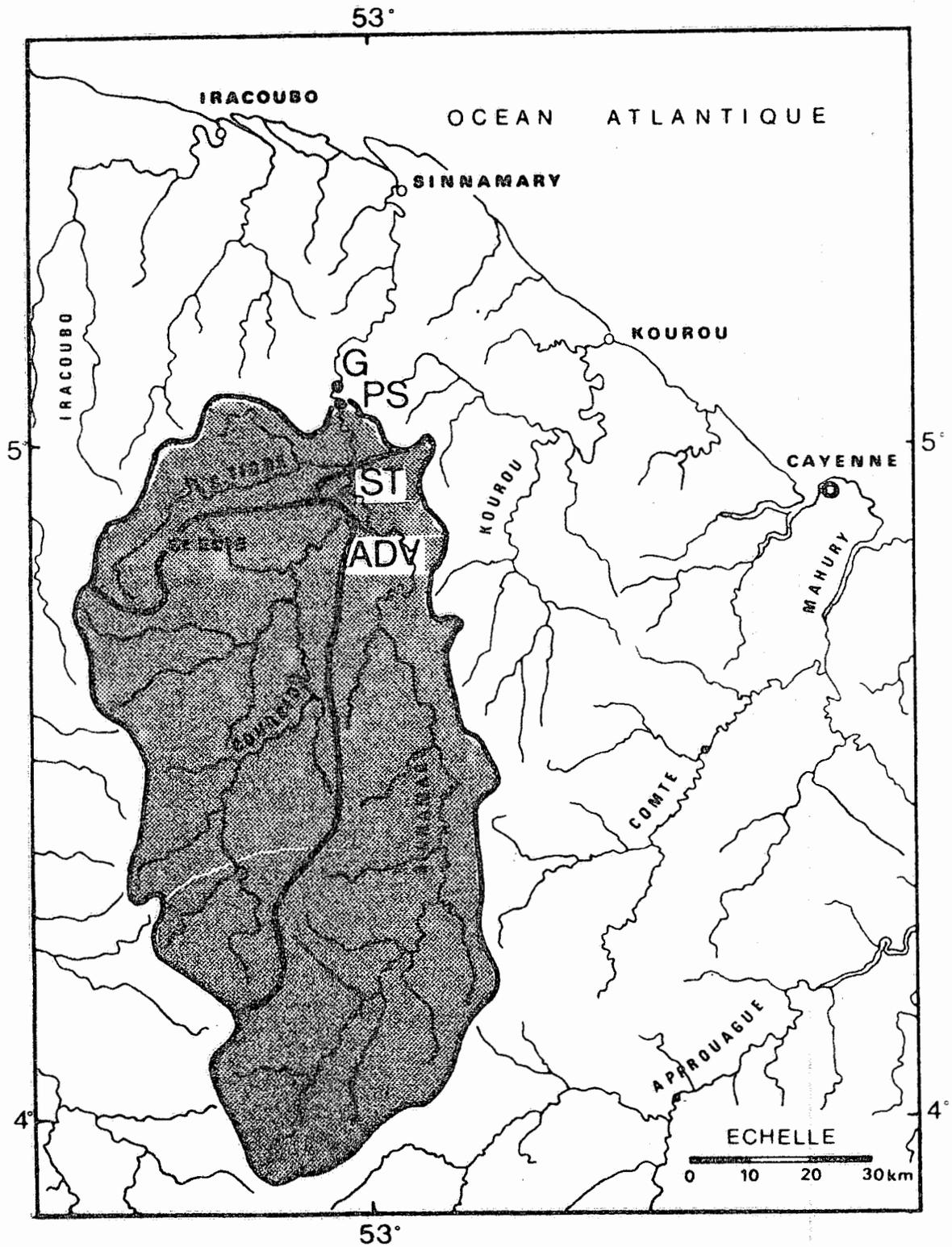


Fig.1 : Situation du bassin-versant du Sinnamary

ADV - Adieu-Vat , **ST** - Saut Tigre , **PS** - Petit- Saut

G - Gregoire

Enfin il existe une dernière filière de transport solide par les eaux de surface : le transport en solution. Des ions peuvent être dissous lorsque l'eau chemine dans les couches pédologiques et géologiques avant qu'elle ne rejoigne le réseau hydrographique. En principe les matières dissoutes ne se déposent que très partiellement dans un réservoir mais on constate souvent un enrichissement relatif de la concentration des éléments en solution dans les lacs par suite de l'évaporation, si une bonne part de l'eau n'est pas restituée à l'aval de la retenue.

2. MECANISMES ET FACTEURS DE L'EROSION

2.1 Une formulation générale

On peut se faire qualitativement une certaine idée des causes de l'érosion, de la nature et du nombre de paramètres qui interviennent dans ce phénomène. C'est la démarche suivie par WISCHMEIER W.H. et SMITH D.D. (1960), lors de l'établissement de l'"Equation Universelle des pertes en terre", qui s'écrit :

$$E = R \times LS \times K \times C \times P$$

avec

- E = pertes en terre sur le versant par unité de surface
R = facteur d'agressivité des pluies
LS = facteur topographique : L : longueur du versant
S : pente du versant
K = facteur d'érodibilité du sol
C = facteur d'utilisation du sol
P = facteur de réduction induit par des pratiques anti-érosives.

Cette expression permet de constater que l'érosion résulte de facteurs naturels : climatiques (R), géomorphologiques (L et S), pédologiques (K), et de facteurs liés à l'activité humaine par la mise en valeur agricole (C et P).

Ces auteurs, suivis par un grand nombre de scientifiques dans le monde entier, ont établi expérimentalement sur des parcelles les valeurs que pouvaient prendre les paramètres de l'équation dans des situations données. La démarche scientifique adoptée par WISCHMEIER et ses collaborateurs étant par nature empirique, celle-ci fait l'objet de critiques très vives formulées par les tenants de la méthode explicative ou analytique. Certains paramètres de l'équation sont cependant commodes pour permettre des comparaisons immédiates entre différentes régions, et celle-ci demeure une des méthodes possibles pour estimer à priori l'érosion d'un biotope donné. C'est dans cet état d'esprit que nous discuterons des valeurs numériques susceptibles d'être adoptées en GUYANE pour l'équation des pertes en terre.

2.2. L'agressivité des pluies

"C'est l'énergie des gouttes de pluie sur le sol qui est l'agent causal principal de l'érosion" (ROOSE E. 1981).

Selon WISCHMEIER, la meilleure expression paramétrique de l'action de la pluie sur le sol, appelée par lui indice d'agressivité, était le produit de l'énergie cinétique de la pluie d'une averse, multipliée par l'intensité maximale de celle-ci en 30 minutes.

Si l'on dispose d'enregistrements continus des pluies, interprétables avec un pas de temps suffisamment petit (inférieur à 5 minutes), cette méthode permet de calculer un indice d'agressivité annuel de la pluie R , qui est la somme de tous les indices des averses de plus de 12 millimètres pour l'année considérée.

Ce paramètre, exprimé en unités américaines, a été calculé pour différentes régions climatiques, d'où une gamme de variations possibles pour R USA : (unité = tons • foot / acre *)

20 à 550	aux USA
20 à 120	en climat tempéré européen
50 à 350	en climat méditerranéen
200 à 600	en zone tropicale sèche africaine
500 à 1400	en zone humide de Côte d'Ivoire

(valeurs étalées par différents auteurs et citées par ROOSE - 1983)

* 1 ton = 0,907 tonne ; 1 acre = 4047 m² ; 1 pied = 0.305 m

En ce qui concerne la GUYANE, cet indice a été calculé pour une station pluviographique du bassin représentatif de la Crique GREGOIRE, opérationnelle de 1968 à 1976 et qui était situé à l'aval de PETIT-SAUT, à moins de 4 km en ligne droite. La pluviométrie interannuelle moyenne à ce point est de l'ordre de 3750 mm (Tableau I).

La colonne 3 du tableau contient les totaux annuels des indices d'agressivité de toutes les averses de plus de 12 millimètres (R12). WISCHMEIER considérait en effet que ce seuil devait être dépassé pour qu'une averse soit érosive, quelle que soit sa forme ou son intensité. Avec cette troncature, la valeur interannuelle moyenne de l'indice d'agressivité serait de 770 unités américaines.

En fait dès qu'il y a ruissellement, il peut y avoir transport solide et érosion, et en GUYANE où beaucoup de sols ruissellent très bien et sont souvent très proches de la saturation en saison des pluies, des averses de 5 millimètres ou moins peuvent provoquer des écoulements.

C'est pourquoi nous avons calculé R5, somme des indices par averses qui ont précipité plus de 5 millimètres. Cette fois la moyenne augmente de 15% et est proche de 900 unités américaines, chiffre qui nous semble plus proche du potentiel érosif régional. La prise en compte de toutes les pluies (> 1 mm) ne fait pratiquement plus varier le résultat ($R_1 = 940$), la participation des averses de moins de 5 mm représentant moins de 5% dans l'indice annuel.

Année	Pluie mm	R12 USA	R5 USA	R1 USA
1968	3856	870	1015	1102
1969	3036	658	767	818
1970	4003	735	859	910
1971	4119	659	808	860
1972	3900	798	905	941
1973	3534	912	1041	1069
1974	3282	582	701	737
1975	3340	827	953	1000
1976	4668	885	1008	1050
Moyenne	3749	770	895	940

TABLEAU I : Pluviométrie annuelle et indice de WISCHMEIER pour les averses supérieures à 12 mm (R12), supérieures à 5 mm (R5) et supérieures à 1 mm (R1).

Ces résultats tendent à fixer la moyenne interannuelle de R USA à GREGOIRE à 900 avec une variabilité possible de 650 à 1130 (variation à deux écarts-types de la moyenne).

La station de GREGOIRE est située dans des conditions d'abondance pluviométrique très favorables probablement aux environs du maximum de la "dorsale" parallèle au trait de côte. La pluviométrie augmente en effet rapidement vers l'intérieur des terres pendant une quarantaine de kilomètres pour décroître ensuite, phénomène illustré par les chiffres suivants (Tableau II) :

Station	Pluie annuelle	distance à la mer
SINNAMARY	2700 mm	5 km
D21/PK 16	3250 mm	18 km
GREGOIRE	3750 mm	37 km
ST-ELIE	2560 mm	75 km

TABLEAU II : Pluviométrie moyenne interannuelle et distance à la

L'indice d'agressivité moyen du bassin versant du SINNAMARY serait donc un peu inférieur à celui calculé à GREGOIRE, de l'ordre de 850 unités américaines environ.

La conclusion qui s'impose en comparant ce chiffre aux diverses valeurs mondiales est que l'agent causal initial de l'érosion et du transport solide en GUYANE est très actif : l'agressivité des pluies y dépasse très significativement et sans ambiguïté possible celle de régions que le sens commun associe généralement au concept d'érosion (domaine méditerranéen ou semi-aride).

2.3 Le facteur topographique

Le coefficient topographique de l'équation des pertes en terre LS associe deux notions, la valeur de la pente et la longueur du versant, selon la combinaison suivante :

$$100 LS = \sqrt{L} \times (0,76 + 0,53 S + 0,076 S^2)$$

L étant la longueur du versant en pieds (1 pied \approx 30,48 cm)

S étant la pente en %

Cette équation représentée graphiquement (fig. 2) pour différentes valeurs de S et L montre la variation parabolique rapide du coefficient topographique selon la pente, qui passe par exemple de 0,75 sur une pente de 5% à 1.9 pour 10% et à 6 pour 20% de pente, sur un même versant de 200 pieds de long. Toutes choses étant égales par ailleurs, l'érosion croîtrait ainsi d'un facteur 8 lorsque la pente augmente dans un rapport 4, de 5 à 20%.

Le paramètre L, induit par la longueur du versant, croît comme une fonction racine, et son action est moins sensible que celle de la pente. Sur une même pente de 10%, deux versants de 100 et 400 pieds (rapport 4) verraient leur coefficients L dans un rapport 2, soit respectivement 1,37 et 2,74.

L'examen des potentialités érosives du bassin versant du SINNAMARY vis-à-vis de ce facteur topographique appelle à des considérations d'ordre géologiques et géomorphologiques. Le bassin versant est constitué essentiellement

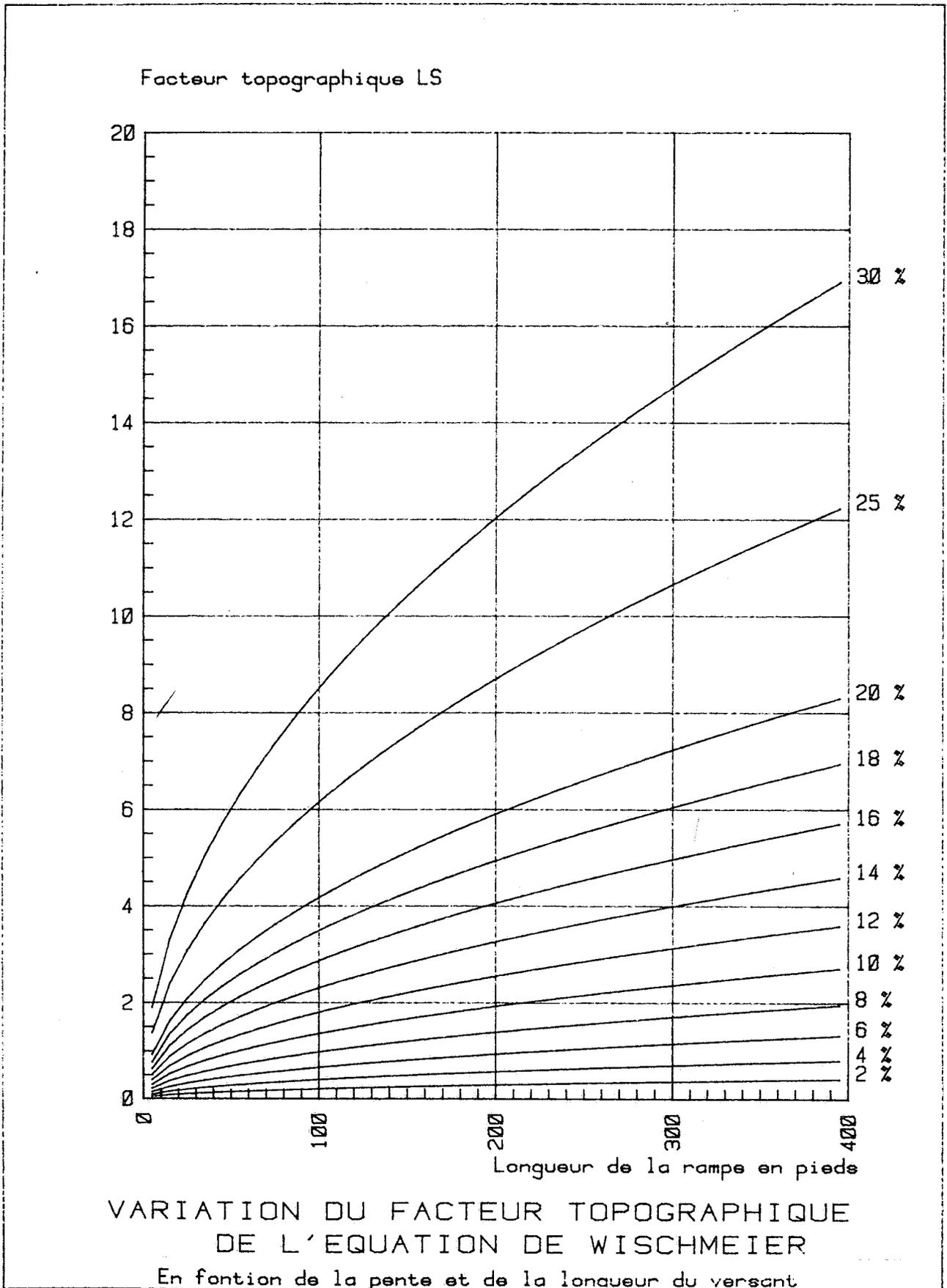


Figure 2

de roches éruptives et cristallines, parfois fortement métamorphisées (granites caraïbes, gneiss et migmatites). Le modelé associé à cette structure géologique donne des versants à profil quasi-rectiligne, à pentes fortes mais d'extension limitée. Ces versants se terminent sur des talwegs dont le profil en long s'amortit rapidement dans des bas-fonds plats, marécageux en saison des pluies. La carte de la retenue à la côte 35 m, établie par EDF, montre une géométrie du plan d'eau très digitée, d'où émergent de très nombreux reliefs en mornes ou tabulaires, qui ne parviennent que très rarement à composer de petites chaînes de collines ou de montagnes. Ce modelé, composé d'unités de taille réduite a maintes fois été décrit et cartographié par les géomorphologues et les géologues sous le nom de relief en "demi-orange" (BOYE M. 1976).

En résumé, on retiendra que vis-à-vis de l'érosion le bassin du SINNAMARY présente des caractéristiques topographiques antinomiques : des pentes fortes à très fortes, terrain de prédilection pour l'érosion, dont l'effet est contrarié par l'extension limitée des versants.

2.4 L'érodibilité du sol

/Le facteur K, dit facteur d'érodibilité du sol, a été imaginé par les concepteurs comme étant une combinaison des paramètres physiques du sol en liaison avec l'érosion. Interviennent dans le calcul de K, la granulométrie du sol, la quantité de matière organique, la structure de l'horizon superficiel et la perméabilité de surface. Le coefficient adimensionnel qui en résulte varie entre 0 et 1.

Pour permettre ce calcul, le facteur K a d'abord dû être déterminé expérimentalement sur des parcelles selon un protocole standard. Une vingtaine de type de sols testés aux ETAT-UNIS ont révélé des facteurs K oscillant entre 0,03 et 0,6. ROOSE (1981) cite des chiffres déterminés en AFRIQUE qui pourraient mieux caractériser le milieu guyanais étudié : K = 0,12 à 0,15 sur sols ferrallitiques issus de migmatites et K = 0,15 à 0,18 sur sols ferrallitiques issus de schistes.

Il faut préciser que ce facteur a été mesuré dans un contexte scientifique dans lequel on sépare la classification 'stationnelle' des sols de

la genèse et de l'évolution de ceux-ci. En GUYANE, des travaux récents ont montré que c'était le fonctionnement des systèmes pédologiques, en particulier le régime hydrique des sols, qui constituaient un critère de différenciation fécond et significatif entre différents types de sols.

Malheureusement nous ne disposons que d'une seule référence selon cette pédologie "new look", établie dans la région de SINNAMARY, plus précisément en bordure du D21 où le CTFT exploite une parcelle de 200 m² (20 m x 5 m), sur une pente de 11%, selon le protocole préconisé par WISCHMEIER.

Les sols de cette parcelle sont dits "à drainage bloqué", c'est-à-dire que les mouvements de l'eau y sont superficiels (ruissellement) ou latéraux à faible profondeur (écoulement hypodermique rapide). Ces sols semblent être les plus fréquents en GUYANE et les caractéristiques physiographiques du bassin versant du SINNAMARY laissent à penser qu'ils y seraient prédominants.

La valeur de K établie sur la parcelle, la première année après le défrichement est de 0,10 (SARRAILH J.M. 1981). Ce chiffre est susceptible d'augmenter avec le temps par dégradation du sol (appauvrissement en matière organique, destruction de la structure).

2.5 La couverture végétale

Tout un chacun connaît le rôle de protection assuré par la couverture végétale vis-à-vis de l'érosion, mais sans doute ne soupçonne-t-on pas le poids relatif primordial de ce paramètre vis-à-vis de ceux déjà décrits.

Les essais sur parcelles ont en effet montré que si l'on affectait au coefficient C de l'équation universelle la valeur 1 pour un sol nu, desherbé chimiquement, la valeur de C sous forêt serait de l'ordre de 10^{-3} .

Rappelons que pour la GUYANE, nous avons envisagé des valeurs de R USA (facteur pluie) entre 650 et 1130 et des valeurs d'érodibilité du sol K entre 0,1 et 0,2, soit une indécision de 1 à 2 alors que la nature du couvert végétal en un même point pourrait influencer sur l'érosion dans un facteur 1000.

Pour fixer les idées on peut citer quelques valeurs de C en fonction de l'utilisation du sol (ROOSE 1981) :

prairie en bon état	10^{-2}
maïs (selon rendement)	0,4 à 0,9
manioc (première année)	0,2 à 0,8

Tout ceci signifie que si l'érosion augmente de façon aussi considérable entre sol nu et forêt ce n'est pas tant par augmentation du ruissellement après défrichage que par suppression de l'absorbeur d'énergie cinétique que constitue la canopée. Deux expériences pour étayer cette affirmation : en GUYANE après déforestation le ruissellement annuel augmente dans un rapport qui varie de 1,5 à 1,9 selon les bassins versants considérés, (J.M. FRITSCH 1983). En laboratoire des simulations de pluie artificielles ont montré que le déploiement à 50 cm au-dessus du sol nu d'un simple filet de plastique, genre moustiquaire, à mailles de 1 mm dont le pouvoir de rétention hydrique est nul, réduisait l'érosion dans un rapport 55 en moyenne (KERENYI A. 1981).

2.6 Détermination théorique de l'érosion en GUYANE

Le constat des conditions naturelles de l'érosion et du transport solide sur le bassin versant du SINNAMARY est bien clair : une agressivité des pluies élevée, des pentes fortes et des sols moyennement érodibles, tous caractères masqués par l'arme anti-érosion absolue : une couverture de forêt primaire.

Les objectifs de cette "excursion" bibliographique dans l'équation de WISCHMEIER étaient d'abord d'ordre didactique, en permettant de présenter successivement et de caractériser les conditions naturelles du milieu guyanais vis-à-vis de l'érosion. On peut néanmoins tenter une estimation à priori de l'érosion sur le BV du SINNAMARY, avec ce modèle à partir des valeurs vraisemblables pour les coefficients R, LS, K et C qui sera ensuite confrontée aux mesures *in situ*.

Ainsi en prenant

$$R \text{ USA} = 850$$

$$LS = 2,4 \quad \text{ce qui correspond à des pentes moyennes de 10\% et à des versants de 100 m de long}$$

$$K = 0,10$$

$$C = 10^{-3}$$

on obtient $E = 0,204$ unités américaines (tons/acre). Après passage en unités métriques à l'aide d'un coefficient supplémentaire (2,24), la valeur estimée pour l'érosion du BV est de 0,457 tonnes par hectare et par an.

3. LES MESURES D'EROSION ET DE TRANSPORT SOLIDE EN GUYANE SOUS FORET

Un certain nombre de mesures de l'érosion et du transport solide ont été menées à différentes échelles en GUYANE, ces 10 dernières années.

L'érosion a été mesurée sur des parcelles de 100 à 400 m² sous forêt primaire dans la région de SINNAMARY (CTFT - J.M. SARRAILH 1981, 1983). Sur le bassin versant de la Crique GREGOIRE une case ERLO (EROSion Lessivage Oblique) de 150 m² a été suivie en 1974 (ORSTOM - Ph. BLANCANEUX 1981). A l'échelle de l'hectare à laquelle commencent à se combiner érosion et transports solides par un cours d'eau, on dispose des résultats de 10 bassins expérimentaux exploités dans la région de SINNAMARY depuis 1978 (ORSTOM - M.A. ROCHE 1982 - J.M. FRITSCH 1981 - 1983). En augmentant la taille du dispositif, les transports solides ont été suivis sur un bassin de 32 ha, adjacent à la Crique GREGOIRE et les résultats ont été publiés pour l'année 1972 (ORSTOM - M. HOEFFNER 1974). Enfin de nombreux prélèvements d'eau ont été faits dans les cours d'eau de GUYANE en particulier sur le SINNAMARY pour appréhender le phénomène à l'échelle régionale.

3.1 L'échelle de la centaine de mètres carrés : les parcelles.

Les deux parcelles du CTFT, sont implantées aux abords de la piste de ST ELIE (D21 - km 14) sur des sols à drainage bloqué à moyenne profondeur (BOULET R., 1981)

développés sur schistes BONIDORO. Pour l'une d'elles le sol présente une perméabilité de surface faible, avec des pentes comprises entre 18 et 35% ; elle mesure 40 m dans le sens du versant et 10 m de large (parcelle A). Sur l'autre parcelle (B), la perméabilité de surface est élevée, la pente est régulière (18%) et mesure 10 m x 10 m. Les deux dispositifs sont sous couvert forestier primaire originel. Les résultats de 4 ans d'exploitation font l'objet du tableau III ci-après (J.M. SARRAILH 1983) :

Année	Pluie (mm)	PARCELLE A		PARCELLE B	
		Erosion T ha ⁻¹	Écoulement mm	Erosion T ha ⁻¹	Écoulement mm
1979*	2632	0,44	565	0,18	271
75.80	3181	0,23	489	0,05	302
80.81	2947	0,10	259	0,06	61
81.82	3429	0,10	478	0,09	210
Moyenne	3047	0,22	448	0,10	211

* 1979 : de janvier à août - autres années : de septembre à août

TABLEAU III : Pluie (mm), Écoulement (mm) et Erosion (t.ha⁻¹) sur les parcelles CTFT.

Les résultats moyens bruts seraient ainsi de 220 kg (parcelle A) et de 100 kg (parcelle B) de terre à l'hectare par an pour la période considérée, qui comporte il faut le préciser, deux années à pluviométrie nettement déficitaire par rapport à la normale.

Si l'on rapporte l'écart de ces deux chiffres à celui des écoulements respectifs de chaque parcelle on constate que le rapport se maintient en première approximation : 220 kg pour 448 mm d'écoulement et 100 kg pour 211 mm, ce qui revient à dire que la concentration moyenne en suspension des eaux est à peu près la même dans les deux cas, soit de l'ordre de 50 milligrammes de matières en suspension par litre d'eau.

La case ERLO de la Crique GREGOIRE a recueilli en 1974, 430 kg de sédiments à l'hectare, pour une pluviométrie annuelle de 2490 mm qui a

donné un écoulement de 490 mm (BLANCANEAUX 1981). La concentration moyenne des sédiments est cette fois plus élevée, proche de 90 milligrammes par litre. La parcelle mesurait 25 m de long sur 6 m de large, avec une pente de 13% sur un sol développé à partir du substrat granito-gneissique de la phase CARAIBE, qui constitue l'essentiel du bassin versant du SINNAMARY à l'amont de PETIT SAUT. L'expérience a montré, et on peut le constater sur la chronique des parcelles CTFT (tableau III) que l'érosion est souvent forte au début de la mise en place du dispositif de mesure pour se stabiliser ensuite. On peut penser que l'érosion de la case ERLO, est en partie majorée par ce phénomène, mais l'absence de résultats postérieurs ne permet pas de conclure.

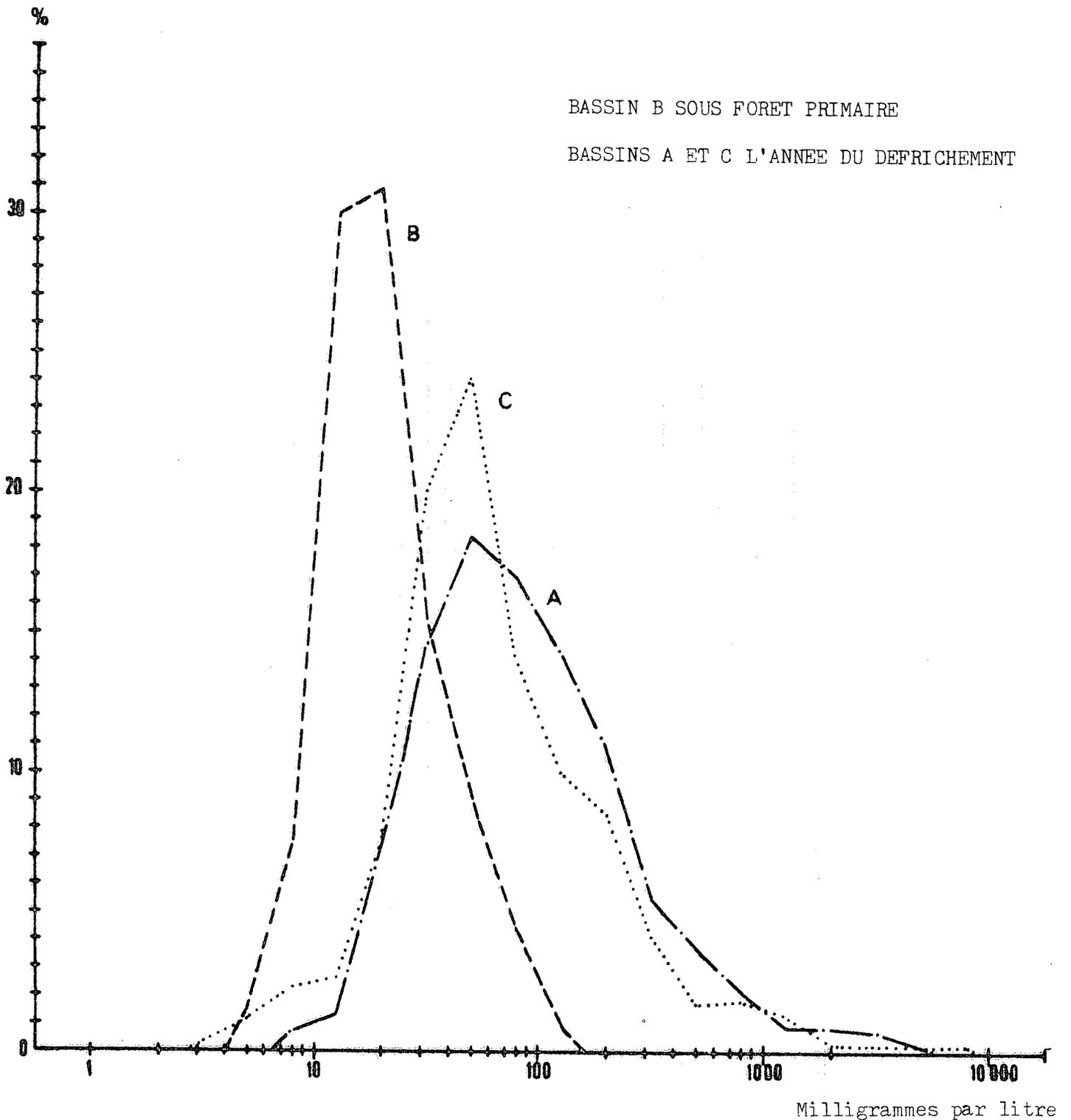
3.2 Les petits bassins versants

A l'échelle de l'hectare, des informations sont disponibles parmi les résultats acquis sur les bassins versants expérimentaux de l'ORSTOM, sur la piste de ST-ELIE.

Cette fois, le protocole ne permet plus de capter l'ensemble des matériaux transportés par l'eau comme dans le cas des parcelles, mais ce sont des mesures ponctuelles de teneurs en suspension, déterminées en laboratoire sur de nombreux échantillons d'eau qui permettent d'estimer la quantité de matières en suspension exportées hors d'un bassin versant.

La figure 3 représente la répartition fréquentielle des teneurs en suspensions prélevées en 1979 sur trois bassins, pour un total de 2571 échantillons traités (J.M. FRITSCH 1980). Sur cette figure, seul le bassin B a gardé son couvert forestier primaire. On constate que l'histogramme correspondant se situe entièrement dans l'intervalle 5-150 milligrammes de suspensions par litre avec 93% de la population dans l'intervalle 6-50 mg. l⁻¹; le mode est aux alentours de 20 mg l⁻¹.

L'érosion naturelle sur ce bassin B a été mesurée pendant plusieurs années, ainsi que sur un autre bassin (F) qui présentait des potentialités de ruissellement bien supérieure principalement expliquées par les conditions pédologiques. Les résultats (J.M. FRITSCH 1983) font l'objet du tableau IV :



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

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.

	ANNEE	SUSPENSION	CHARRIAGE	TOTAL EROSION MECANIQUE	ECOULEMENT EN CRUE
BASSIN A	1977	293	-		723
	1978	195	52	247	541
	1979	225	39	264	652
	1980	167	12	179	437
	1981	113	34	147	299
	Moyenne	175	34	209	482
BASSIN F	1978	427	104	531	877
	1979	707	50	757	1240
	1980	493	38	531	1060
	1981	413	64	477	857
	Moyenne	510	64	574	1009

TABLEAU IV : Transports solides sous forêt ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) et lame écoulée en crues (mm) sur les bassins versants témoins.

Les deux bassins sont situés à quelques kilomètres l'un de l'autre, et on constate que si pour une pluviométrie annuelle quasi-identique le bassin F écoule environ 1 mètre d'eau par an et le bassin B 0,5 mètre, les charges solides moyennes des eaux restent très voisines sur les 2 dispositifs : $43 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ sur B et $57 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ sur F si l'on considère la totalité de l'érosion mécanique, $36 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ et $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ si l'on se limite aux suspensions.

En augmentant la taille du dispositif, on trouve la station 3 de la Crique GREGOIRE, pourvue à son exutoire d'un seuil jaugeur et d'une fosse à sédiments qui drainait 32 hectares. Les résultats complets ont été publiés pour l'année 1972 (M. HOEPFNER 1974) :

Le charriage de fond, assimilé à la quantité de terre captée par la fosse, fait l'objet du tableau V suivant :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
11.0	11.6	5.4	66.3	19.7	18.9	1.1	12.0	0.3	0.1	12.7	7.0	172

TABLEAU V : 'charriages' au bassin 3 de la Crique GREGOIRE en 1972 (en kg.ha⁻¹)

Le résultat annuel de 172 kg de charriage à l'hectare paraît très élevé pour l'écosystème forestier et serait de nature à troubler notre sérénité. On ne peut guère invoquer la participation de remaniements de matériaux déplacés lors de la construction du déversoir et de la fosse, ces travaux ayant eu lieu 2 années plus tôt en 1970. Par contre la granulométrie de ces sédiments "charriés" est pleine d'enseignements : en étiage 90% du poids est constitué par des particules de moins de 1 mm et en crue importante la participation de cette même fraction de matériaux atteint tout juste 70%. On peut en conclure qu'une part très importante de ces charriages qui se sont déposés était en réalité transportée en suspension et s'est déposée dans le canal d'aménée au déversoir triangulaire utilisé pour le contrôle des débits. Les résultats acquis sur cette station restent donc utilisables à priori même si la séparation des deux mécanismes suspension-charriage n'est pas très nette.

La masse des suspensions a été étudiée au cours de 40 crues survenues entre le 20.6.70 et le 28.11.72, avec un débit solide de 6775 kg dans cette phase, et un volume ruisselé de 118210 m³ pour cette période. En utilisant cette même proportionnalité pour l'année 1972 (164684 m³ de ruissellement), ce seraient 9378 kg qui auraient été exportés par suspension hors du bassin cette année-là, soit 293 kg par hectare. L'érosion mécanique totale a déplacé ainsi 465 kg par hectare pour une année.

Si l'on rapporte cette valeur à l'ensemble du volume écoulé (767700 m³), on en conclut la concentration moyenne des eaux de surface en particules solides sur l'année soit 19,4 milligrammes par litre d'eau.

Un dernier enseignement que l'on peut tirer de ces recherches concerne la granulométrie des matières en suspension. Après extraction de la fraction organique qui constitue 38% du total, les éléments minéraux sont composés d'argiles (< 2 μ) pour 56%, de limons (2 μ - 50 μ) pour 32%, de sables fins (5,0 μ - 200 μ) pour 8%, les sables grossiers (0,2 mm - 2 mm) ne représentant que 3% de cette fraction minérale.

3.3 Les grands bassins versants

3.3.1 Le transport solide par suspension

Lorsque l'on quitte l'échelle de la parcelle ou du petit bassin versant pour des fleuves de plusieurs milliers ou dizaines de milliers de km², les techniques d'étude du débit solide deviennent lourdes à mettre en oeuvre mais sa connaissance permet une approche écologique régionale qui intègre toutes les variabilités physiques et biologiques des petits dispositifs dont la représentativité est toujours difficile à extrapoler à des étendues plus vastes.

Dans un écosystème en équilibre, comme c'est le cas pour la forêt amazonienne, l'érosion sur les interfluves et les transports solides des rivières sont quantitativement égaux. Les chiffres du transport solide en rivière doivent être du même ordre de grandeur que l'érosion des parcelles et micro-bassins.

Les teneurs en suspension ont été déterminées pratiquement sur tous les fleuves de GUYANE de façon sporadique par les hydrologues de l'ORSTOM depuis 1951 et de façon systématique sur certains cours d'eau à propos d'études ponctuelles (BERTHOIS L., HOORELBECK J. 1968), (DUBREUIL P., HOEPPNER M. et ROCHE M.A. 1974), (ROCHE M.A. 1978).

La principale imprécision dans cette démarche provient de la difficulté à connaître la concentration moyenne de matière en suspension dans la section, en particulier au voisinage du fond et à raccorder chaque mesure avec le débit liquide de la rivière, phénomène aléatoire dans le temps. Un dispositif d'observation permanent serait théoriquement nécessaire pour saisir les valeurs les plus fortes qui se produisent normalement en crue, qui induisent un effet multiplicatif sur le transport solide.

Un tel réseau de qualité des eaux n'a jamais été implanté en GUYANE ; on verra néanmoins que l'ensemble des informations recueillies permet de connaître le débit solide avec une précision acceptable à cette échelle.

Les eaux de la MANA en étiage sévère (35 m³/s) contiennent de 5 à 10 milligrammes de terres par litre, celles de la COMTE entre 8 et 12 mg. l⁻¹. En eaux moyennes, le MARONI à MARIPASOULA transporte 10 mg. l⁻¹. Toutes ces mesures ont été faites très près de la surface, entre 50 cm et 1 m de profondeur.

La COMTE à DEGRAD EDMOND a fait l'objet de prélèvements en profondeur et on a trouvé des valeurs de 30 mg. l⁻¹ en crue à 3,6 m sous la surface. Pour le SINNAMARY à GREGOIRE, la teneur moyenne annuelle a été estimée à 10 mg. l⁻¹ (M.A. ROCHE 1978).

Toutes ces valeurs sont extrêmement faibles et peuvent surprendre un observateur qui ne connaîtrait les fleuves de GUYANE seulement dans la plaine côtière, dans leurs cours estuariens. Les eaux y sont particulièrement turbides par suite du remaniement des sédiments vaseux d'origine marine, d'où des concentrations en matières dissoutes pouvant atteindre 600 mg. l⁻¹ sur le MAHURY à l'amont de DEGRAD DES CANNES, alors que dans les mêmes conditions 2000 mg. l⁻¹ ne sont pas rares sur l'APPROUAGUE. Les maximums du KOUROU à son estuaire sont plus élevées, de 2000 à 3000 mg. l⁻¹, dans les conditions les plus défavorables.

Mais ce phénomène est entièrement lié à la pénétration de l'onde de marée et s'amortit vers l'amont dès que l'on quitte l'estuaire : sur l'APPROUAGUE où l'estuaire est particulièrement développé, on retrouve des concentrations inférieures à 30 mg. l⁻¹ à 70 km de l'embouchure bien avant le premier saut et sur le MAHURY, au pont de la COMTE, les suspensions ne représentent plus que 12 mg. l⁻¹. Enfin sur le KOUROU, les teneurs en suspension sont largement inférieures à 10 mg. l⁻¹ à DEGRAD SARAMACA, 46 km à l'amont de la sortie en mer.

Tous ces phénomènes fluvio-marins ne sont en aucun cas susceptibles d'intervenir à PETIT-SAUT.

3.3.2 Les transports de fond

La nature et la quantité des matériaux susceptibles d'être déplacés sur le fond d'une rivière sont intimement liés aux conditions hydrauliques et géologiques du site.

La géométrie des lits en GUYANE est associée à des caractéristiques hydrauliques très régulières dans l'espace et très stables dans le temps. Le profil en long des cours d'eau, qui résulte de processus d'évolution du relief sous contrôle dominant d'altérations chimiques, présente une série de biefs dans lesquels la pente de la ligne d'eau est extrêmement faible (de l'ordre de 10^{-4}), qui se raccordent par des dénivelés de quelques décimètres à quelques mètres constitués par les sauts.

Dans ces biefs, la vitesse et la turbulence se maintiennent à des valeurs basses et oscillent dans une gamme de variation très étroite.

Si l'on considère par exemple les vitesses à 20 cm du fond mesurées à l'amont de PETIT-SAUT, pour un débit de 1000 m³/s, on constate qu'en aucun point celles-ci n'atteignent 1 mètre par seconde (tableau VI ligne 2).

Or ce débit de 1000 m³/s correspond à la pointe de crue de fréquence annuelle (J.M. FRITSCH 1982). Ce sont donc des conditions extrêmement fugitives, tout juste susceptibles d'être réalisées quelques heures par an.

Sur la ligne 3 du tableau VI on a figuré les vitesses au fond pour un débit de 200 m³/s, qui correspond sensiblement au débit médian. On constate que le champ des vitesses est très voisin du cas précédent : ces caractéristiques hydrauliques, à la fois douces et peu variables dans le temps, constituent autant de conditions absolument défavorables à un transport de fond d'importance notable.

Absisses en m	RIVE DROITE	4	8.5	11	13.5	21	31	41	51	61	71	81	91	96	101	111	116
Q = 1000m ³ /s				0.07		.20	.23	.82	.96	.81	.79	.76	.44		.36	.22	RIVE GAUCHE
Q = 200m ³ /s		.09	.05		.08	.18	.42	.64	.69	.74	.68	.43	.42	.13	.15	RIVE GAUCHE	

TABLEAU VI : vitesse du courant du SINNAMARY à l'amont de PETIT-SAUT à 20 cm du fond (mètre par seconde) pour des débits de 1000 m³/s et de 200 m³/s.

Néanmoins, les résultats expérimentaux de la plupart des hydrauliciens (HJULSTROM F. 1935), (RUBEY N.N. 1933), (QUESNEL B. 1964), autorisent la mobilité de particules de tailles impressionnantes, de l'ordre de 5 cm de diamètre, à ce seuil de 1 m s^{-1} . En fait il est tout à fait improbable d'observer un débit solide dans cette phase granulométrique pour la bonne raison que l'évolution géologique et l'érosion actuelle ne permettent pas la fourniture de cette taille d'éléments. Les analyses granulométriques des sols du bassin de la Crique GREGOIRE (BLANCANEUX 1981), montrent la prédominance d'éléments sableux dans les horizons superficiels, composés à 50% en moyenne de particules comprises entre 0,2 et 2 mm, alors que les éléments supérieurs à 2 mm y représentent à peine 5% en poids, et ne dépassent pratiquement jamais 5 mm.

Aucun transport solide de fond important ne peut situer son origine dans les parties du lit où la roche affleure (dans les rapides), car l'évolution des granites en boules, des gneiss en barres massives, interdit tout départ de matériaux de ces sites. Même à la faveur d'accidents tectoniques comme la faille de la Crique COEUR MARONI, les éléments broyés restent de dimensions au moins décimétriques, ce qui exclut tout flux solide vers l'aval.

Les transports de fond du SINNAMARY ne peuvent affecter qu'une pellicule très mince du fond du lit sableux, de l'ordre du centimètre, qui se déplace vers l'aval avec une vitesse faible et sans rupture de charge puisque les sections de jaugeages restent étonnamment stables depuis plus de 30 ans. Une preuve indirecte de l'existence de ce phénomène pourrait être trouvée plus à l'aval, dans la région de la pointe COMBI, où des formes sédimentaires fonctionnelles de dunes migrantes pourraient être mises en évidence après dépouillement d'une campagne d'écho-sondages en cours (M. LOINTIER . Communication Personnelle avril 1984).

La quantification de ces transports de fond peut difficilement se faire à partir des données obtenues sur petits bassins versants. Rappelons que les deux bassins-témoins d'un hectare, suivis près de SINNAMARY ont fourni des transports solides par charriage sur le fond de 34 et 64 kg par hectare en moyenne calculée sur 4 ans, ce qui représente respectivement 19% et 13%

de la charge en suspension. L'application brutale du résultat le plus fort (60 kg. ha^{-1}) donnerait au SINNAMARY un débit annuel par charriage de 36.10^3 tonnes de sédiments. Les chiffres obtenus sur la Crique GREGOIRE, presque 3 fois plus élevés (172 kg. ha^{-1}) augmenteraient dans ces mêmes proportions le transport de fond, mais on avait noté que sur ce bassin le mécanisme charriage (37% du débit solide, 59% du débit par suspension) avait été probablement surestimé par rapport aux suspensions.

En fin de compte il paraît extrêmement peu probable que les transports de fond puissent représenter plus de 30% du total du débit solide. Cette évaluation grossière et "sécuriste" revient pour les calculs à augmenter de 10 mg. l^{-1} à 15 mg. l^{-1} la teneur en suspension moyenne des eaux de façon à inclure l'effet des courants turbides de fond.

L'ensemble des transports solides à l'échelle annuelle pour un débit de $260 \text{ m}^3/\text{s}$ représente alors 123.10^3 tonnes.

4. BILAN DES MESURES D'EROSION DANS LE MILIEU NATUREL EN GUYANE. ESTIMATION DU TRANSPORT SOLIDE DU SINNAMARY

L'ensemble des résultats acquis et précédemment discutés fait l'objet du tableau VII. La valeur du transport solide ou de l'érosion obtenue par chacune des méthodologies a été transposée au bassin versant du SINNAMARY qui draine 5900 km² à PETIT-SAUT (dernière colonne du tableau).

Hormis le chiffre très faible fourni par la parcelle de 100 m², toutes les évaluations du débit solide sont comprises entre 123.10³ tonnes par an et 339.10³ tonnes par an.

Cette dispersion, modérée au demeurant, n'est pas faite pour nous surprendre : l'expérimentation n'ayant pas porté sur les mêmes périodes et pendant les mêmes durées, les valeurs finales sont d'abord entachées d'une hétérogénéité d'origine climatique, mais surtout une part importante de ces faibles apports de sédiments aux talwegs est liée à l'activité biologique et se fait de façon ponctuelle : terriers creusés par les rongeurs et les tatous, grandes fourmilières, arbres déracinés par le vent (chablis). De telles manifestations sont aléatoires et peuvent très bien ne pas être prises en compte avec leur valeur moyenne régionale sur des dispositifs de quelques centaines ou quelques milliers de mètres carrés. Les écarts traduisent moins des différences de qualité dans les différents protocoles expérimentaux que la nature même du phénomène mesuré.

L'estimation la plus sûre paraît sans aucun doute celle obtenue à partir du débit et de la concentration des eaux du SINNAMARY lui-même. Dans l'ordre de grandeur de ce même chiffre (120 à 150.10³) tonnes on trouve aussi l'érosion mesurée sur une parcelle de 400 m² et sur un bassin témoin forestier de 1,6 ha.

Le BV de GREGOIRE, la case ERLO, l'autre bassin témoin et WISCHMEIER situeraient plutôt le transport solide autour de 300.10³ tonnes par an.

PROTOCOLE UTILISE	EROSION ANNUELLE kg.ha ⁻¹	SURFACE	GEOLOGIE	DEBIT SOLIDE A PETIT SAUT 10 ³ TONNES/an
Equation de WISCHMEIER	457	-	-	270
Parcelle CTFT	220	400 m ²	SCHISTES BONIDORO	130
Parcelle CTFT	100	100 m ²	"	59
CASE ERLO - ORSTOM	430	150 m ²	GRANITES CARAIBES	254
BV TEMOIN B - ORSTOM	209	1,5 ha	SCHISTES BONIDORO	123
BV TEMOIN F - ORSTOM	574	1,4 ha	"	339
BV3 GREGOIRE - ORSTOM	465	32 ha	GRANITES CARAIBES	274
FLEUVE SINNAMARY	15 mg.l ⁻¹	5900 km ²	GRANITES MIGMATITES	123

TABLEAU VII : Récapitulation des mesures d'érosion et de transports solides sous forêt en GUYANE.
Application au BV du SINNAMARY.

En tout état de cause, pas une seule des méthodes utilisées ne vient mettre en doute le fait que les transports solides sont extrêmement faibles en GUYANE.

Sous l'oeil du praticien, exploitant d'un barrage-réservoir de 3 milliards de mètres cubes de capacité totale, ces chiffres signifient que les dépôts solides arrivant au fond de celui-ci représenteraient seulement 3 millions de mètres cubes de sédiments en 30 années de fonctionnement, soit une réduction de la capacité de 0,1% ; ceci dans l'hypothèse basse la plus probable d'un débit solide annuel de 123.10^3 tonnes. L'hypothèse haute (300.10^3 tonnes par an) tout en étant exagérément pessimiste, aboutit à un résultat qui n'est pas moins dérisoire : 0,25% de perte de stockage en 30 ans.

En conclusion, la sédimentation naturelle dans la retenue de PETIT SAUT est un phénomène insignifiant, qui n'est en aucun cas susceptible d'altérer la productivité de l'aménagement à l'échelle humaine.

Encore faut-il s'interroger sur les chances de cette sédimentation naturelle à se maintenir dans l'état présent du cours des prochaines décennies.

Le décollage économique de la GUYANE, la conquête du Sud' auront les plus fortes chances de se centrer d'abord sur le bassin du SINNAMARY, utilisant au maximum les possibilités offertes par la route d'accès et par l'énergie électrique disponible pour un développement qui pourra être forestier, agricole ou minier mais qui de toute façon modifiera l'ordre des choses que nous venons de décrire.

5. L'EROSION EN GUYANE APRES DEFORESTAGE

Si l'on revient à la formulation théorique de l'équation universelle des pertes en terre, le coefficient C, facteur de couverture végétale est le seul à mettre en cause pour calculer l'effet du défrichement. Ce coefficient qui vaut par définition 1 pour le sol nu, avait été pris à 10^{-3} pour la forêt primaire c'est-à-dire que l'ordre de grandeur de l'érosion prévue après défrichement serait 1000 fois celui de l'écosystème naturel.

Pour la vérification expérimentale de cette hypothèse, le plus petit dispositif mis en place en GUYANE est la "parcelle de WISCHMEIER" exploitée par le CTFT en bordure de la piste de ST-ELIE. C'est une bande de 20m x 5 m sur laquelle on mesure l'érosion provoquée sur un sol parfaitement desherbé et ratissé entre chaque averse pour obtenir la détachabilité maximale des agrégats du sol. La pente de cette parcelle est de 12%.

Pendant la première saison des pluies du suivi (1979 - 1980), l'exportation de sédiments en dehors de cette parcelle a représenté 109 tonnes.ha⁻¹ (J.M. SARRAILH • 1981).

Comparé aux chiffres obtenus dans cette région, sous forêt et aux mêmes échelles (de l'ordre de 200 kg.ha⁻¹), c'est donc un accroissement de l'érosion d'un facteur 550, qui a été mesuré.

Bien que suivi en plein champ, ce protocole s'apparente un peu, dans son formalisme, à une expérience de laboratoire difficilement transposable à la prévision de l'érosion créée par des défrichements mécanisés faits avec des engins lourds.

Ces effets ont été observés et mesurés en vraie grandeur sur plusieurs petits bassins versants qui ont subi un défrichement de type papetier, suivi d'un aménagement agricole, sylvicole ou pastoral. Pour cette expérience, l'abattage des plus gros arbres (plus de 40 cm de diamètre) a été fait à la main, (scie à chaîne). Les grumes sont alors exportées hors du bassin par des chemins de halage derrière un tracteur-débardeur à pneus (Timber-Jack). Le reste de la biomasse est ensuite enlevé par un très gros tracteur à chenilles (32 tonnes) équipé à l'avant d'une lame tranchante et à l'arrière d'un râteau andaineur hydraulique. Après passage de cet engin, le sol est entièrement nu sur les versants, hormis quelques lignes de terres, de racines et de branches disposées selon les courbes de niveaux.

Ce protocole 'combiné' agro-forestier est pratiquement identique à celui des défrichement agricoles 'purs', à l'exception de la phase de débardage par tracteur à pneus, qui n'existe pas dans le deuxième scénario qui est celui généralement pratiqué en GUYANE jusqu'à présent.

L'opération déforestation-défrichement a été menée sur la plupart des bassins en saison sèche et pour deux d'entre eux dans des conditions érosives les plus sévères, en saison des pluies. Des aménagements ont suivis : plantation d'agrumes, de pâturages, sylvicultures à croissance rapide (pins et eucalyptus), recru naturel, et pendant ces différentes phases les débits liquides et solides ont été mesurés à l'exutoire des bassins versants et comparés avec ceux de bassins témoins ayant conservé leur couverture forestière naturelle.

La première constatation qui s'impose à l'oeil est l'importance considérable des déplacements de terre le long des versants, surtout dans le cas des défrichements faits en saison des pluies.

Le volume de ces remaniements a pu être estimé sur l'un des bassins à partir de relevés topographiques le long de profils orientés selon la ligne de pente des versants (fig. 4). Sur chacun de ces transects on a déterminé l'ablation du sol à la fin de la saison des pluies qui a suivi le défrichement (J.M. FRITSCH 1982).

On a pu constater que le profil d'origine des versants s'est abaissé en moyenne de 80 millimètres, le transect le plus érodé ayant perdu 117 mm. Les valeurs ponctuelles les plus élevées vont jusqu'à 310 mm avec les valeurs typiques de 200 mm de sol érodé en haut de versant. Finalement la cubature des sédiments déplacés sur les 0,81 ha sur lesquels ont porté nos estimations atteint 650 m³, c'est-à-dire 1200 tonnes à l'hectare.

Ce chiffre dispense de tout commentaire pour apprécier l'impact agronomique de telles technologies, mais il ne peut être rattaché tel quel aux transports solides qui nous préoccupent. En effet le potentiel naturel de transport ne peut pas évacuer vers l'aval tous ces sédiments déplacés par l'érosion provoquée et ceux-ci s'accumulent dans le talweg élémentaire d'où seule une faible part peut être transportée par les eaux dans le réseau hydrographique aval.

BASSIN H

---.62---: Erosion moyenne
 en millimètres sur le transect
 entre le 19.06.80
 et le 7.07.81

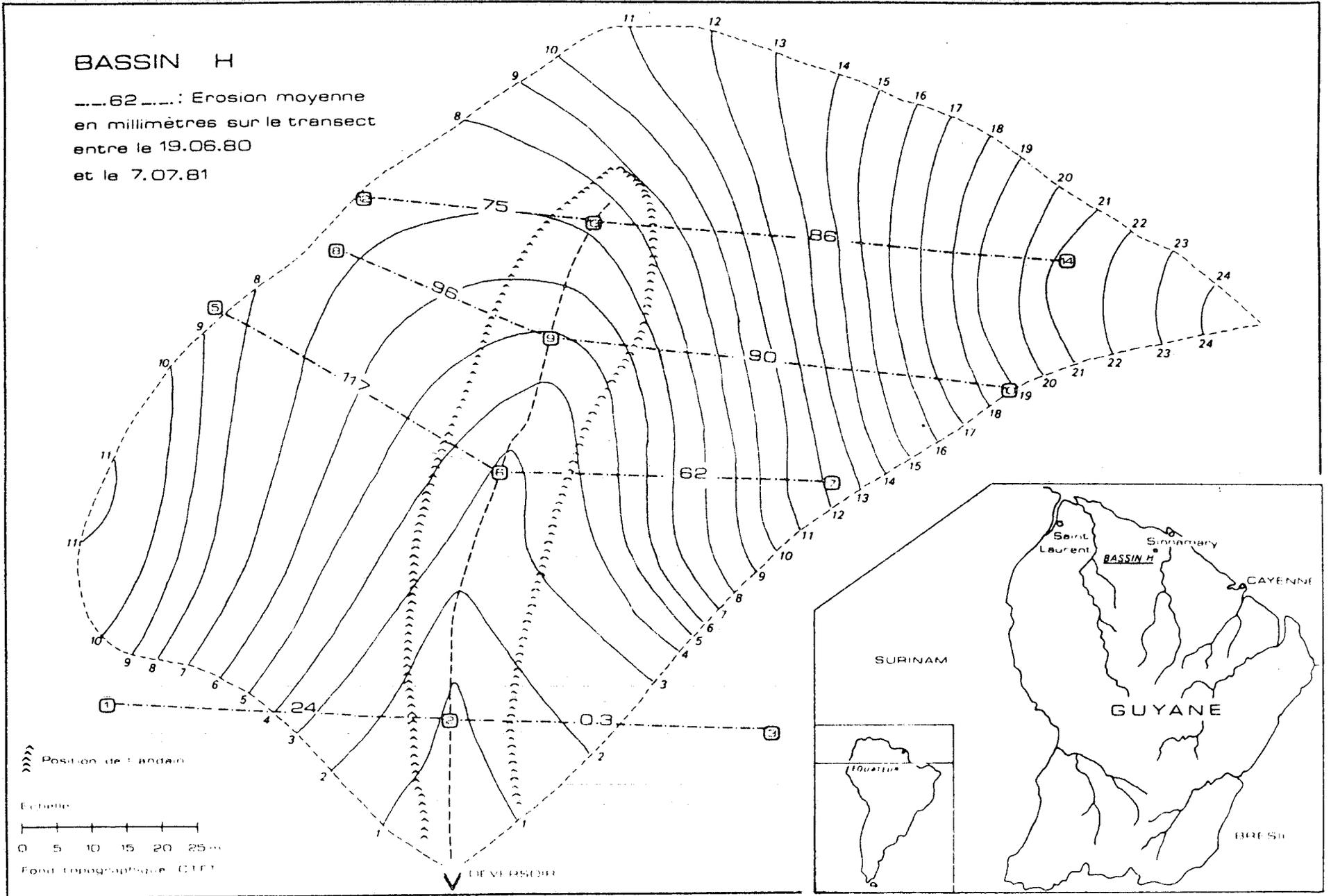


FIGURE 4

Cette observation est confirmée par les masses de sédiments effectivement exportées hors des bassins pendant la période du défrichement. (Tableau VIII)

		A	G	H
sous	Suspensions	280	390	429
forêt	Charriages	390 *	35	82
	Total	670 *	425	511
année du	Suspensions	5 700	7 900	2 800
défrichement	Charriages	6 300	9 200	3 100
	Total	12 000	17 100	5 900
	accroissement	× 18	× 40	× 12

* poids élevés liés aux conditions locales, non représentatifs de l'écosystème.

TABLEAU VIII : Transports solides annuels en suspension et charriage à l'exutoire des bassins versants ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

L'effet multiplicatif sur les transports solides allant de 12 à 40, quoique significatif est beaucoup plus modeste que celui de l'érosion des versants, précédemment décrit. Les transports solides annoncés de 6 à 17 tonnes. ha^{-1} ne sont qu'un contrecoup au formidable traumatisme que représente le déplacement de 1000 tonnes de sols sur ce même hectare. Il est normal que cette réponse puisse être très variable et aléatoire d'un bassin versant à un autre en fonction du paysage laissé par les bulldozers à l'amont immédiat du déversoir de mesures hydrométriques.

Qualitativement ces transports solides sont constitués pour moitié de suspensions et pour moitié par des charriages, alors que ceux-ci étaient très faibles sous forêt. Des éléments grossiers de plusieurs centimètres, font leur apparition : ce sont des concrétions ou nodules formés dans les horizons inférieurs des sols par précipitation d'éléments dissous. Ces particules sont reprises par l'érosion, dès lors que les horizons profonds ont été mis à nu par le travail des engins.

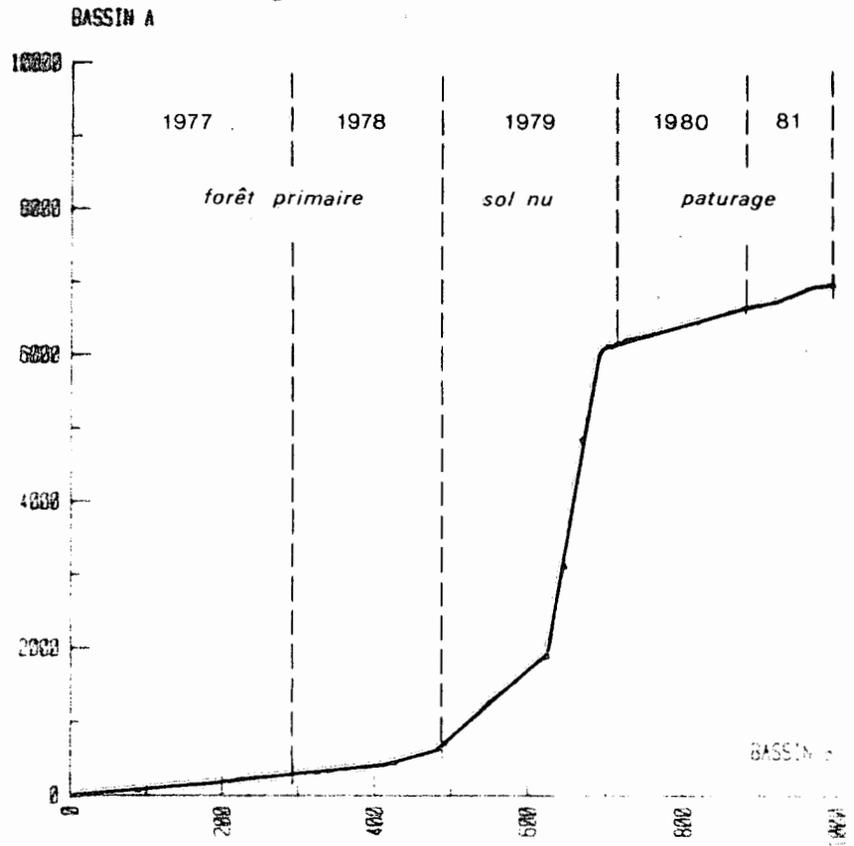
Pour le transport par suspension, l'augmentation des concentrations en particules solides dans les eaux est très significative (fig. 3). Alors que sous forêt (bassin versant B), les concentrations restaient constamment en dessous de 100 mg.l^{-1} avec une fréquence modale à 15 mg.l^{-1} , les concentrations les plus fréquentes passent à 100 mg.l^{-1} (bassin A) avec des extrêmes à 5000 mg.l^{-1} .

En conclusion, il apparaît que le défrichement mécanisé se traduit par une érosion sur les versants pentus (15 à 25%) bien plus forte que ne le prévoyait le protocole et l'équation de WISCHMEIER ; néanmoins il y a rupture de charge dans le bas-fond et si les effets agronomiques sont spectaculaires sur le micro-bassin, le transport solide à l'exutoire de celui-ci augmente de 12 à 40 fois par rapport au couvert forestier, écoulant des tonnages annuels encore modestes de 6 à 17 tonnes par hectare.

Fait intéressant, sur l'ensemble des bassins traités, les maximums du transport solide ne se situent pas pendant le défrichement, mais pendant la mise en place de l'aménagement (labour préalable à la plantation du pâturage, creusement des trous pour l'arboriculture ou la sylviculture). Pendant ces périodes de quelques semaines au plus, l'érosion a réellement été spectaculaire : sur le bassin A par exemple les charriages ont été multipliés par 200 et le débit en suspension par 55 par rapport à ce que l'on aurait constaté sous forêt dans les mêmes conditions (fig. 5). Sur les bassins H et G, ces mêmes paramètres sont respectivement 50 et 14 pour les suspensions et 2000 et 800 pour les charriages. Ces paroxysmes n'ayant duré que très peu de temps, les débits solides moyens annuels sur l'ensemble de l'aménagement sont en augmentation plus restreinte, ainsi qu'il l'a été dit plus haut.

Suspensions Kg/ha.

janvier 1977 à decembre 1981



Charriages Kg/ha.

juin 1977 à decembre 1981

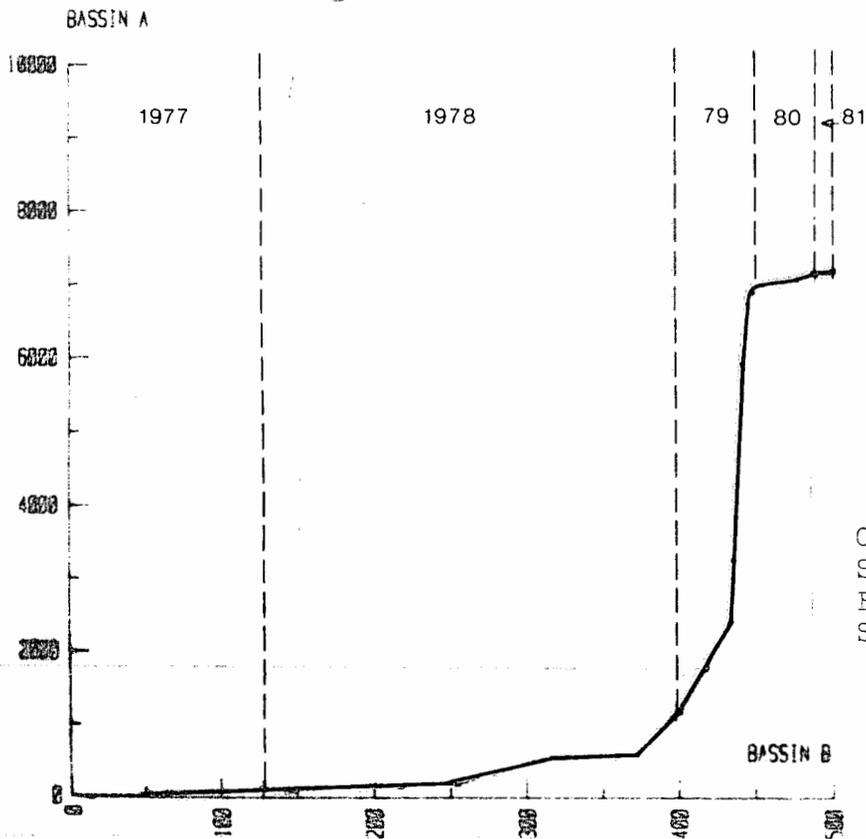


FIGURE 5:

COMPARAISON DES TRANSPORTS SOLIDES AU BASSIN FORESTIER B ET AU BASSIN A POUR DIFFERENTS STADES DE COUVERTURE VEGETALE

Selon toutes ces considérations, ce serait une entreprise bien hasardeuse que vouloir estimer le transport solide du fleuve SINNAMARY ayant tout ou partie de son bassin déforesté. La saison de l'intervention, la technique de défrichement, le choix des façons culturales et la périodicité de celles-ci, constituent autant d'inconnues mais il semble bien qu'une érosion 10 fois supérieure à celle du milieu naturel soit un minimum inévitable avec des augmentations plus probables de l'ordre de 50 fois pour des aménagements plus "sauvages".

Selon cette dernière hypothèse, chaque unité de 1000 hectares apporterait dans le lac 10 000 tonnes de terre l'année-même du défrichement. Le calcul de l'hypothèse extrême et invraisemblable qui verrait l'ensemble du bassin défriché, aboutit à 6 millions de tonnes de terre arrivant dans la retenue, ce qui représenterait encore moins de 0,2% de la capacité de la retenue. Ces valeurs correspondent à l'impact agricole ou forestier pur et n'incluent pas les aménagements très érosifs qui seraient obligatoirement associés tels que les talus ou déblais de routes et pistes, les chemins de halage ou les zones de stockage des grumes, les zones d'extraction ou de lavage de minerais.

En ce qui concerne l'évolution de l'érosion à partir d'un terrain défriché, puis utilisé à des fins agricoles, tout dépend du type d'aménagement choisi et de façon générale du taux de couverture de la nouvelle formation végétale, naturelle ou composée par l'homme. Sur un bassin versant planté en *Digitaria Swazilandensis* et pâturé pendant 2 ans (1980-1981) avec une charge de 3 unités de gros bétails à l'hectare, le transport solide a été 3 fois plus élevé, soit 700 kg.ha⁻¹ par an, que celui que l'on aurait pu mesurer dans le même temps sous forêt primaire (les deux années concernées ont cependant bénéficié d'une pluviométrie déficitaire). Un verger de pamplemousses sous un pâturage de *Bracharia usda* a fourni un ordre de grandeur comparable. Les transports solides sous recru naturel après de bonnes conditions de défrichement semblent se stabiliser à 2 fois ceux sous forêt primaire. Les essais du CTFT sur des parcelles de 200 m², défrichées avec soins, portant sur 6 graminées d'intérêt agronomique, fauchées mais non pâturées, concluent à une érosion annuelle tout à fait comparable à celle préexistante au défrichement sur ce site, soit 500 kg.ha⁻¹.

L'état actuel de nos connaissances nous porte donc à conclure que les transports solides, même avec des défrichements importants sur le bassin versant n'auront guère de chances de compromettre les perspectives techniques et économiques de l'exploitation de la retenue de PETIT-SAUT.

Cette conclusion sera cependant accompagnée des restrictions et recommandations suivantes :

- Interdire la coupe à blanc sur des pentes dépassant 25%. Toutes les expérimentations citées ont porté sur des pentes maximales de cet ordre ou bien inférieures à celles-ci. L'érosion augmentant en gros avec le carré de la pente, ce scénario doit être banni à tout prix, car la recolonisation végétale sera plus difficile, d'où le maintien sur des temps plus longs de paroxysmes d'érosion plus élevés. Ce cas de figure n'ayant jamais été mesuré en GUYANE, on en ignore à la fois l'ampleur, l'évolution et la durée des effets érosifs qui seraient ainsi provoqués.

- Dans le cas d'exploitation forestière intensive, contrôler et optimiser le tracé et la densité des pistes de débardage qui constituent autant de zones préférentielles pour le départ et le transport des matériaux par les eaux de ruissellement.

- Proscrire les défrichements mécanisés en saison des pluies. Outre que cette pratique soit économiquement discutable vis-à-vis de la productivité des engins, nos mesures ont montré une augmentation très significative des mouvements de masse sur le versant et des transports solides aux exutoires par rapport aux défrichements en saison sèche.

- Limiter l'extension des zones défrichées d'un seul tenant.

- Réserver les façons culturales érosives (labours, culture de plantes peu couvrantes, etc...) aux pentes les plus faibles, inférieures à 10%.

Mais en vérité, il existe une bonne raison de prendre très au sérieux les effets du défrichement et de la mise en valeur du bassin versant

à l'amont de PETIT-SAUT car les mesures hydrologiques qui ont accompagné le suivi de l'érosion sur les bassins expérimentaux défrichés témoignent de changements profonds et durables dans le régime hydrologique (J.M. FRITSCH 1983).

BASSIN	DEFRICHEMENT	PATURAGE
H	1,50	
G	1,66	
C	1,77	1,94
A	1,84	1,73

TABLEAU IX : Augmentation relative de l'écoulement total des bassins traités par rapport à celui sous forêt primaire dans les mêmes conditions.

Par exemple l'écoulement annuel sur sol nu augmente de 1,5 à 1,85 et continue sensiblement d'augmenter sous pâturage par rapport au milieu forestier (Tableau IX). Autrement dit, le débit moyen annuel du SINNAMARY fixé à 260 m³/s dans les conditions naturelles pourrait aller jusqu'à 500 m³/s en défoliant le bassin versant, hypothèse d'école bien entendu. Cette perspective de voir augmenter le potentiel énergétique ne serait certainement pas de nature à inquiéter le barragiste, si elle ne s'accompagnait d'un effet non désiré sur la forme des hydrogrammes : les temps de concentration des eaux dans le réseau collecteur se trouvent raccourcis et une augmentation très significative des débits de pointe peut être constatée.

Le tableau X présente l'augmentation relative des pointes de crues dépassant 30 l.s⁻¹ par hectare (3 m³ s⁻¹ par km²) en situation de sol nu et de pâturage par rapport aux débits sous forêt primaire relevés dans le même temps sur un bassin témoin forestier situé à proximité immédiate.

BASSIN	DEFRICHEMENT	PATURAGE
H	1,04	
G	1,45	
A	1,66	1,70
C	2,55	1,60

TABLEAU X : Augmentation relative des débits maximums instantanés sur les bassins traités par rapport à ceux sous forêt dans les mêmes conditions.

Les chiffres les plus forts concernent le bassin C, constitué de sols perméables, peu porté aux phénomènes de ruissellement et qui conserve malgré tout des valeurs absolues de débits spécifiques modestes. Les résultats des bassins A et G ($\times 1,45$ à $\times 1,66$) sont plus significatifs car ce sont des bassins ruisselants bien à l'origine, tels que ceux du bassin versant du SINNAMARY, et qui enregistrent tout de même des gains importants.

Le quasi maintien des débits de pointe sur le bassin H s'explique par l'existence d'un bourrelet de terre laissé par les bulldozers autour du talweg dans lequel ils ne pouvaient s'aventurer en saison des pluies, ce qui a eu pour conséquence un écrêtement des hydrogrammes de crue.

Ces conclusions ont été tirées à l'échelle de l'hectare et la circonspection s'impose pour le passage à l'échelle de la centaine ou du millier de kilomètres carrés. Toutefois, admettre la possibilité d'un accroissement de 1,5 du débit de pointe, revient à dire que le débit de projet que nous avons estimé à sa plus juste valeur à $2250 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (J.M. FRITSCH 1982), voit sa période de retour profondément modifiée.

Ce chiffre de $2250 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ est attaché à la crue de fréquence 10^{-4} , ou de récurrence dix-millénale, dont l'occurrence est quasi-improbable dans les temps historiques concernant la vie de l'aménagement. Si l'on défrichait

l'ensemble du bassin versant, hypothèse tout à fait asymptotique, la période de retour de cette crue ne serait plus que de 30 à 50 ans, autrement dit la crue de projet aurait toutes les chances de se produire pendant la construction du barrage ou son exploitation.

Une hypothèse intermédiaire, qui à notre avis n'est pas complètement utopique, serait d'avoir à terme 1000 km² du bassin modifiés d'une façon ou d'une autre par l'homme d'ici à plusieurs décennies. Dans ce cas, le débit de 2250 m³/s aurait une période de retour de l'ordre de 1000 ans d'où un risque difficilement tolérable sur 50 années d'exploitation.

Les recommandations qui découlent de ces constatations ne consistent pas à sonner le tocsin en proscrivant le défrichement et en bloquant par avance toute évolution économique, ni à proposer d'augmenter la crue de projet pour s'adapter à des situations qui relèvent encore de la fiction.

Néanmoins ces perturbations du régime hydrologique avec le défrichement doivent être mieux connues et dans l'immédiat le suivi et l'exploitation des mesures d'hydrologie expérimentale menées par l'ORSTOM sur la piste de ST-ELIE, peuvent encore être riches d'enseignements. A terme il serait très instructif de procéder à ce même type d'expérimentation hydrologique en déforestant un bassin plus grand, de l'ordre du km², sur le bassin du SINNAMARY, à proximité de PETIT-SAUT. Les bassins versants de ST-ELIE drainant 1,5 ha seulement chacun, sont situés sur des schistes (alors qu'à l'amont de PETIT-SAUT on trouve surtout des granites), et bénéficient d'une pluviométrie de l'ordre de 3300 mm par an, inférieure à celle de PETIT-SAUT.

Les conclusions d'une telle étude permettraient de justifier et d'optimiser d'éventuelles restrictions quant à l'utilisation du sol sur le bassin versant du SINNAMARY.

CONCLUSIONS

Les résultats de l'ensemble des mesures d'érosion et de transports solides effectuées en GUYANE convergent et s'accordent avec le fait généralement admis de la faiblesse, voire de l'insignifiance de l'érosion sur les interfluves et des transports solides par les rivières.

L'érosion oscille entre 200 et 500 kg par hectare et par an sous forêt naturelle et les transports solides du SINNAMARY à PETIT SAUT ont été estimés à 125.10^{-3} tonnes par an. De par leur ordre de grandeur, ces phénomènes ne semblent en aucun cas susceptibles d'intervenir de façon significative sur le fonctionnement de l'aménagement.

Les concentrations en matières solides en suspensions sont ordinairement voisines de 10 milligrammes par litre, et atteignent tout juste quelques dizaines de milligrammes en crue.

Tout ceci est bien inférieur à la capacité de transport du cours d'eau ce qui implique les conséquences suivantes :

- Aucune reprise d'érosion dans le lit même de la rivière à l'aval de PETIT SAUT ne paraît envisageable dans la mesure où la décantation des suspensions dans la retenue n'augmentera pratiquement pas le potentiel de transport du fleuve.
- Dans le cas où il y aurait dégradation de la couverture végétale par l'homme sur le bassin versant de la retenue ou à l'aval de celle-ci, des transports solides appréciables se produiraient en relation avec l'érosion provoquée sur les versants.

Cette augmentation de l'érosion dépendrait beaucoup des conditions des défrichements, mais des résultats de simulation sur petit bassins versants conduisent à admettre un facteur multiplicatif de 20 à 50 par rapport au milieu naturel, pour la seule année du défrichement.

- Le défrichement augmente à la fois la quantité d'écoulement annuel et la torrencialité par accroissement de la vitesse de parcours des eaux dans le réseau hydrographique élémentaire. Ce dernier processus est responsable d'une augmentation des débits de pointe de plus de 50% sur des dispositifs hydrologiques expérimentaux, et pourrait constituer des risques sérieux pour l'aménagement dans l'hypothèse encore bien improbable où la part des terrains défrichés à l'amont de PETIT SAUT deviendrait trop importante.

- BIBLIOGRAPHIE CITEE -

- WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.), 1960. - *An universal soil-loss estimating equation to guide conservation farm planning.* - 7th International Congress of Soil Science, I.
- ROOSE (E.), 1981. - *Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'AFRIQUE Occidentale.* - Travaux et Documents ORSTOM n° 130.
- BOYE (M.), 1976. - *Géomorphologie de la GUYANE Française.* - Atlas de la GUYANE, ORSTOM, CNRS, 1979.
- SARRAILH (J.M.), 1981. - *Parcelles élémentaires d'étude du ruissellement et de l'érosion. Analyse des résultats obtenus durant les deux premières campagnes de mesures.* - L'écosystème forestier guyanais, bulletin de liaison du groupe de travail n° 4.
- FRITSCH (J.M.), 1983. - *Modification des écoulements après défrichement et aménagements agro-forestiers de bassins versants expérimentaux en GUYANE Française* - ORSTOM CAYENNE.
- KERENYI (A.), 1981. - *A study of the dynamics of drop erosion under laboratory conditions.* - Symposium sur la mesure de l'érosion et du transport des sédiments, AISH, FLORENCE, 22-26 juin 1981.
- BOULET (R.), 1981. - *Etude pédologique des bassins versants ECEREX. Bilan de la cartographie.* - L'écosystème forestier Guyanais, Bulletin de liaison du groupe de travail n° 4.
- SARRAILH (J.M.), 1983. - *Les parcelles élémentaires d'étude du ruissellement et de l'érosion. Synthèse après 4 années d'études.* - CTFT, KOUROU.
- BLANCANEAUX (Ph.), 1981. - *Essai sur le milieu naturel de la GUYANE Française.* - Travaux et documents de l'ORSTOM n° 137.
- ROCHE (M.A.), 1982. - *Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier en GUYANE.* - Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie vol. XIX n° 2.

- FRITSCH (J.M.), 1981. - *Ecoulements et érosion sur les bassins versants ECEREX en 1979. - L'écosystème forestier Guyanais, Bulletin de liaison du groupe de travail n° 4.*
- HOEPPFNER (M.), 1974. - *Les bassins versants de la Crique GREGOIRE, rapport préliminaire. - ORSTOM, CAYENNE, mars 1974.*
- BERTHOIS (L.), HOORELBECK (J.), 1968. - *Etude dynamique de la sédimentation dans trois cours d'eau de la GUYANE Française : le MAHURY, la rivière de CAYENNE et le MARONI. - Mémoires ORSTOM n° 26*
- DUBREUIL (P.), HOEPPFNER (M.), ROCHE (M.A.), 1974. - *Dynamique des eaux, des sols et des sédiments en suspension dans les estuaires du MAHURY et de l'APPROUAGUE. - ORSTOM CAYENNE, mai 1974.*
- ROCHE (M.A.), 1977. - *Hydrodynamique et évaluation du risque de pollution dans un estuaire à marées. - Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol. XIX, n° 4*
- ROCHE (M.A.), 1978. - *Etude hydrologique du SINNAMARY à PETIT SAUT et SAUT TIGRE. - ORSTOM CAYENNE, novembre 1978.*
- FRITSCH (J.M.), 1982. - *Données hydrologiques pour l'aménagement de PETIT SAUT sur le SINNAMARY. - ORSTOM CAYENNE, janvier 1982.*
- HJULSTROM (F.), 1939. - *Transportation of detritus by moving waters. - Tulsa.*
- RUBEY (W.W.), 1933. - *Settling velocities of gravel, sand and silt particles. - American Journal of Sciences vol. 25 n° 148, avril 1933.*
- QUESNEL (B.), 1964. - *Traité d'hydraulique fluviale appliquée - cours d'eaux non navigables. - Eyrolles, PARIS.*
- LOINTIER (M.), 1984. - *Etude de la remontée saline sur le SINNAMARY, rapport intérimaire. - ORSTOM, CAYENNE, janvier 1984.*
- FRITSCH (J.M.), 1983. - *Evolution des écoulements, des transports solides à l'exutoire et de l'érosion sur les versants d'un petit bassin après défrichement mécanisé de la forêt tropicale humide. - Hydrology of humid tropical régions AIHS, Hambourg 1983, n° 140.*