

# UNE TECHNIQUE DE PROTECTION DES BERGES

par A. SCHIRLE,  
*Inspecteur des Eaux et Forêts.*



*Plantation d'un rideau en bararata*

## SUMMARY

### TECHNIQUE FOR THE PROTECTION OF RIVER-BANKS

*The waters of the Sambrano river, in Madagascar, so deeply erode its banks that cultivation of the neighbouring ground is becoming impossible. An effective and inexpensive technique has been applied for the protection of the river banks and cultivated ground. It consists in :*

- *Changing the profile of the bank by banking up the foot with river-side trees felled into the river bed.*
- *Applying a living and continuous covering to the bank under attack, by planting a screen of local reeds, called Bararata, against the bank and planting cuttings of the same reed behind the screen.*

## RESUMEN

### TECNICA DE PROTECCION DE LAS RIBERAS

*Las riberas del río Sambirano, de Madagascar, quedan fuertemente atacadas por las aguas y los terrenos situados en las cercanías resultan así incultivables. Un procedimiento eficaz y poco costoso ha sido utilizado a este respecto, con objeto de obtener la protección de las riberas y de los terrenos destinados al cultivo situados en las inmediaciones. Este procedimiento consiste en :*

- *modificar el perfil de la ribera por recalce, lo cual se obtiene derribando en el cause del río los árboles situados en dichas riberas.*
- *obtener un revestimiento vivo y continuo de la orilla atacada. Este revestimiento se obtiene por aplicación contra la propia ribera de una cortina de cañas de origen local, denominadas Bararata, así como la plantación en segundo plano de esquejes de esta variedad de caña.*

Il existe de nombreuses techniques en matière de protection des berges ; leur pluralité même indique qu'aucune d'elles n'est une panacée universelle et que bien souvent à un cas particulier correspond une technique bien définie.

Celle que nous allons décrire plus bas n'a que la prétention d'être nouvelle (à notre connaissance du moins) et de ne nécessiter que l'emploi de matériaux

que l'on peut se procurer à l'endroit même des travaux ou qui, tout au moins, sont très facilement transportables.

Afin de bien situer le problème nous allons donner un aperçu général du milieu dans lequel les premiers travaux de ce genre ont été entrepris, et des précisions sur les conditions dans lesquelles de telles érosions s'y produisent.

## I. -- LE MILIEU

Le fleuve Sambirano, objet des travaux de restauration et de protection des berges, prend sa source dans le Massif du Tsaratanana (point culminant Tsianongatalata, 2.887 mètres, sommet de la Grande Ile) constitué en Réserve Naturelle intégrale. Le cours de cette rivière se divise nettement en trois tronçons :

— Le premier coupé de rapides, de chutes, appelé Haut-Sambirano : depuis la source jusqu'aux environs de Marotolana. La vallée est encaissée.

— Le second, ou « Moyen Sambirano » (souvent appelé à tort Haut-Sambirano) se termine au débouché des zones de collines qui bordent la côte Nord-Ouest de Madagascar. Le fleuve coule dans une vallée très élargie (pouvant atteindre 10 km) ; la pente longitudinale est très faible : 38 mètres pour un parcours, à vol d'oiseau, de 30 km. Le cours de la rivière est très sinueux avec de nombreux méandres. La largeur du lit peut atteindre 300 mètres, en certains endroits.

Le dernier correspond au delta du fleuve, appelé naturellement, Bas-Sambirano.

Du point de vue géologique, cette division se retrouve en partie : le Haut-Sambirano coule sur des roches métamorphiques et éruptives anciennes telles que Schistes cristallins, Gneiss à pyroxènes et Migmatites principalement (Granites et Syénites très secondairement).

Le moyen et le Bas-Sambirano coulent dans des alluvions récentes. Les gorges correspondent aux terrains sédimentaires les plus anciens : Grès de l'Isalo (Karoo Supérieur).

Les berges sont principalement constituées par trois types de roches (je passe sous silence quelques affleurements rocheux de natures diverses) :

- les Grès de l'Isalo : soit fins, soit grossiers homogènes ou hétérogènes (présence de gros cailloux roulés),
- les baibohos : alluvions récentes, riches,
- les sables.

Ces trois catégories de roches présentent des susceptibilités à l'érosion différentes et définissent des profils de berges de trois types : berges verticales ou subverticales dans le premier cas, subverticales dans le second, en pente douce ou en pente surmontée d'une petite corniche dans le troisième cas (superposition de baibohos au sable, la première couche étant plus solide que la seconde).

Le climat est d'un type tout à fait particulier pour la Côte Ouest. On trouve dans la littérature que le climat du Sambirano est un « climat de Côte Est plaqué en Côte-Ouest ». Cette transposition est en réalité un peu trop rapide si les données météorologiques que nous donnent les observations de brousse permettent effectivement ce rapprochement, il faut toutefois souligner, qu'à Ambanja le déficit de saturation

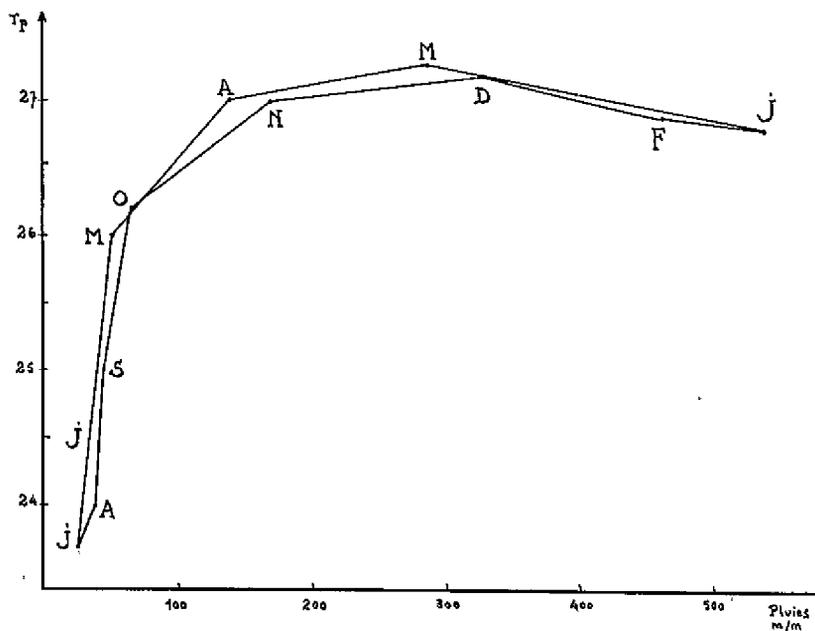


FIG. 1  
Climatogramme de la région du Sambirano



*Abattage dans le lit du Sambirano.*



*Mise en place des perches pour le fixer.*

est quand même très net en juillet-août-septembre (1). Voir diagramme (fig. 1).

Le bassin versant est en partie déboisé : pratiquement toute la rive gauche du fleuve (sauf quelques lambeaux dans le Haut-Sambirano, notamment dans les vallées de la Besanatribe et Besanatribely). Le plus souvent la forêt a été remplacée par une prairie subclimacique sauf en quelques endroits où une végétation s'est réinstallée formant au début une brousse secondaire à Chleanacées, *Mascareinhasia* sp. pl. (Apocynacées) et de nombreuses Rubiacées ubiquistes (Beaty-Lokomoty-Nofotrahoko, etc...). La rive droite est mieux conservée ou plutôt reconstituée (le stade de reconstitution atteint ici couramment est la forêt secondaire).

L'ensemble de ces conditions définit pour le Sambirano :

(1) La Côte Ouest est en effet caractérisée par une saison des pluies courte (janvier-février), une saison sèche très marquée avec un très fort déficit de saturation, alors que la Côte Est s'en différencie par un déficit de saturation toujours faible, une saison des pluies plus étalée, de même qu'un indice pluviométrique élevé.

— une période d'étiage en août-septembre,

— une période de hautes eaux, janvier-février-mars et avril, avec maximum très aigu durant quelques jours seulement à la suite d'une période de pluies continuelles, généralement d'origine cyclonique, durant 5 à 8 jours, appelée localement « heriky », se situant suivant les années en février-mars plus rarement en avril.

La différence du niveau entre les hautes eaux normales et l'étiage est de l'ordre de 2 mètres. En cas de crue exceptionnelle, elle peut atteindre 6 mètres et plus.

Notons au passage, qu'en fait, les fortes crues ne s'observent que dans le moyen et bas Sambirano : ceci n'est pas sans liaison avec le déboisement de la plus grande partie du bassin versant de la rive gauche du moyen Sambirano. Les affluents sont plus importants que sur la rive droite. On note toutefois une exception correspondant à une rivière dont le bassin versant est à peu près totalement boisé.

## II. — LES ÉROSIONS DE BERGES DU SAMBIRANO

Nous rapportons ci-dessous quelques observations faites sur ces phénomènes dans le tronçon du moyen Sambirano où, comme nous l'avons déjà signalé, le cours est très sinueux : les érosions ne se manifestent que dans les courbes et il s'agit d'empêcher les méandres de suivre leur évolution destructrice.

L'attaque des berges est fonction de la nature de la végétation qui les couvre. Cette notion est directement liée au profil :

— une berge en pente douce ne peut être mieux protégée que par de la forêt : la multitude des racines retient le sol, tandis que les fûts ralentissent le courant et diminuent ainsi la force érosive des filets liquides, provoquant même le dépôt des matériaux les plus lourds ;

-- une berge abrupte par contre, couverte de forêt est plus attaquée qu'une berge couverte d'herbe : les racines retenant le sol, l'eau finit par isoler le volume du système racinaire qui, tôt ou tard, est mis en porte-à-faux. L'arbre s'écroulera alors en emportant avec lui une partie de la berge,

creusant dans celle-ci une excavation, point de départ d'une nouvelle attaque d'autant plus dangereuse que de telles brèches donnent très souvent naissance à un tourbillon. La forêt est cependant quasiment indispensable sur de telles berges lorsque l'on veut en entreprendre la restauration ;

-- l'intensité des dégâts est fonction du profil de la berge : une berge à profil abrupt est plus facilement érodée qu'une berge en pente douce, toutes conditions égales par ailleurs ;

— enfin, l'intensité des dégâts est fonction, ce qui est évident, de la nature de la roche, en soulignant toutefois qu'une roche hétérogène est d'autant plus susceptible à l'érosion que les matériaux qui la constituent présentent des différences de dureté plus grandes ;

— cette intensité est également fonction de la violence des crues :

— une crue charriera d'autant plus de pierres et d'arbres, qui sont autant de projectiles lancés contre la berge, qu'elle sera importante,

— la vitesse de l'eau sera également d'autant plus grande.

## III. — PRINCIPE DE LA TECHNIQUE

Le but recherché est double :

1° Modifier le profil de la berge par rehaussements ;

2° Obtenir un revêtement vivant et continu de la berge attaquée.

En ce qui concerne le revêtement, le végétal ayant donné les meilleurs résultats est un roseau appelé localement Bararata (*Phragmites communis*) utilisé sous forme de boutures pouvant atteindre, si besoin est, 2 mètres de long. Ce Bararata se trouve

le plus souvent sur le lieu même des travaux : si les berges en effet sont attaquées il y a érosion sur une rive et sur l'autre dépôt, dépôt qui, généralement, est constitué par des sables qui sont l'habitat préféré du Bararata.

Cette espèce drageonne abondamment et permet de constituer finalement une végétation très dense tant en surface que dans le sol qui joue à la fois le rôle de frein pour l'eau (provoquant des dépôts et soustrayant le sol au frottement des filets liquides) et d'armature pour le sol.

### A. — MOYENS EMPLOYÉS

#### 1. — Cas de berges verticales ou subverticales (jusqu'au 60° environ)

a) *Le rehaussement de la berge* est facilement obtenu en abattant dans le lit de la rivière les arbres riverains, de façon à ce que leur cime tombe vers l'aval. Le bas du fût est amarré à la souche par un fer à béton de 8 mm (l'abattage, à cet effet, est pratiqué à 0 m 75-1 m du sol). A l'étiage les branches de l'arbre sont attachées à des pieux de 10 à 15 cm de diamètre enfoncés dans le fond du lit. Cette opération est importante car si on l'omet, l'atterrissement qui se produit après que l'arbre ait été abattu (eaux descendantes) risque de disparaître (l'arbre a normalement tendance à flotter lors des crues, désorganisant ainsi l'atterrissement).

Le problème se complique lorsque la berge n'est pas boisée (nous voulons éviter ici au maximum les techniques utilisant des gabions ou autres moyens

onéreux). Nous essayons actuellement le système d'épis de petite dimension constitués d'un fer à béton tendu entre deux pieux, placés l'un dans le lit du fleuve, l'autre sur la berge ; ce câble rigide est posé à l'étiage et est donc submergé aux hautes eaux ; tout au long de celui-ci sont fixés quelques arbustes, la tête en bas. Ceux-ci créeront inévitablement un ralentissement de l'eau et donc un dépôt. Nous ne savons pas si ce dépôt sera suffisant.

Une autre technique, qui sera prochainement essayée consistera à construire des cabrettes dont les extrémités sont reliées par du barbelé. Les cabrettes seront amarrées à la berge et disposées dans le lit à la manière d'épis défensifs.

Une fois l'atterrissement obtenu, il faut le fixer. On y parvient en plantant, sous forme de rideaux, des rangées de Bararata parallèles au

courant de telle sorte que le pied d'une rangée soit plus bas que l'extrémité de celle située immédiatement au-dessous (fig. 2). Lorsque les pousses de ces Bararata auront atteint environ 1 mètre, elles seront appliquées sur le sol par le même procédé que celui qui sera décrit plus bas (fig. 3), pour la fixation des rideaux plantés contre la berge.

Selon que le pied de la berge est visible ou non à l'étiage, ces travaux seront faits la même année, ou une année avant la mise en place du rideau protégeant la berge.

#### b) Protection de la berge elle-même.

Cette protection consiste en l'application contre la berge d'un rideau de Bararata à la manière d'une palissade.

Suivant que le pied de la berge est dur ou non, on creusera ou non à ce niveau une petite tranchée large de 15 à 20 cm, de 40 cm environ de profondeur. Dans cette tranchée et contre la berge, les boutures seront plantées, les unes à côté des autres et se touchant de façon à obtenir une sorte de revêtement végétal protégeant la berge du courant. Notons que le Bararata local présente des ramifications que l'on a tout intérêt à conserver lors de la récolte de façon à obtenir un meilleur feutrage (à condition toutefois que l'eau soit très proche du pied des boutures, sinon on risque une mauvaise reprise).

A partir du niveau du sol et tous les 0,50 mètre, les roseaux sont appliqués contre la berge par des éléments horizontaux qui peuvent être soit du fil de fer, soit d'autres roseaux, soit même des menus bois (diamètre de 3 à 5 cm = gaulettes). Ces éléments quels qu'ils soient, sont eux-mêmes maintenus contre la berge par des crochets en bois enfoncés à la masse. Dans les tronçons rectilignes ces différents matériaux ont une efficacité équivalente. Dans les courbes concaves par contre Bararata et gaulettes sont préférables, car ils épousent mieux la courbure de la berge (fig. 3).

Lorsque l'on exécute ce travail il ne faut pas hésiter, si la berge présente des sinuosités très marquées mais de faible ampleur, à les supprimer (fig. 4)

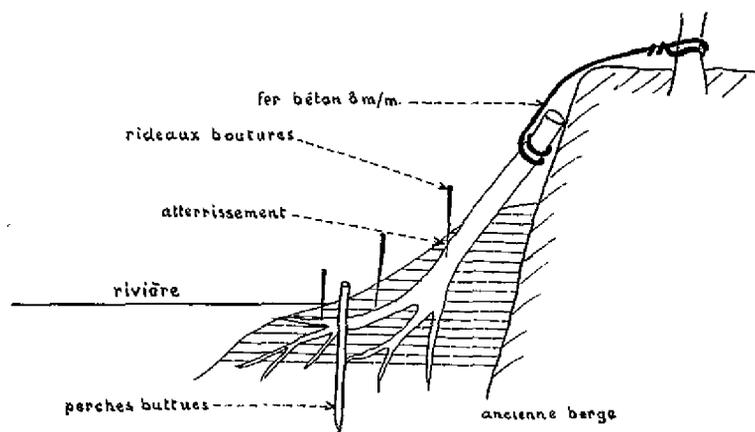


FIG. 2

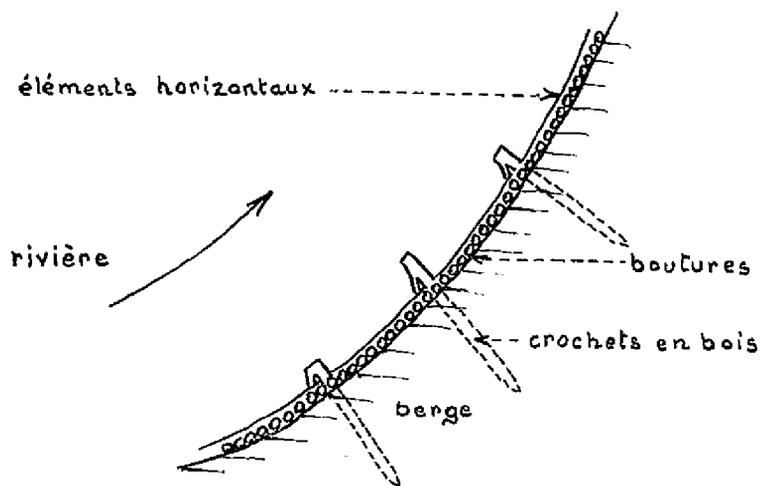


FIG. 3

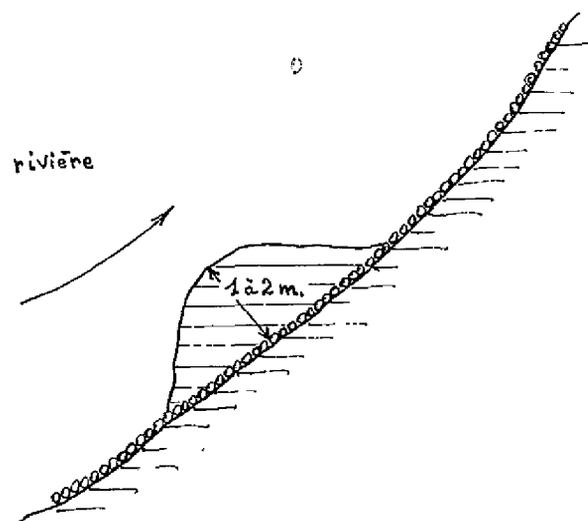


FIG. 4



Mise en place de perches destinées à fixer un arbre abattu dans le lit.

## 2. — Cas des berges en pente inférieure à 60° environ

L'érosion se manifeste d'une manière différente. Alors que dans le cas précédent, la rivière sapait la partie immergée de la berge provoquant l'éboulement du talus supérieur en porte-à-faux, ici le ruissellement attaque en plus la partie exondée (son action est négligeable si le profil est abrupt).

La protection contre les eaux de ruissellement est basée soit sur l'enherbement des parties dénudées (*Cynodon dactylon*) dans le cas d'une érosion en nappe, soit sur l'aménagement de chemins d'écoulement protégés par des fascines et enherbés où l'on concentre toutes les eaux de ruissellement à l'aide de fossés de diversion lorsque l'érosion se manifeste sous forme de rigoles ou de ravines.

## 3. — Cas particuliers

### a) Passages.

Les matériaux mis en place étant fragiles, nous ne saurions trop insister sur la nécessité d'une réalisation sans solution de continuité. Toutefois il est

indispensable de ménager des passages à travers le dispositif. Ceux-ci peuvent être réalisés de la manière suivante : on choisit au préalable les emplacements naturels qui se trouvent au fond d'une petite excavation dans la berge (cas d'ailleurs assez fréquent car les pistes sont souvent, du fait du tassement du terrain, un lieu de rassemblement des eaux de pluie d'où érosion régressive à partir du bord de la berge).

On prolonge le revêtement amont par un épis de protection d'une longueur supérieure à l'emprise de la piste et dont l'extrémité est à 1 ou 2 mètres de la berge.

Le revêtement est repris quelques mètres à l'amont de la partie de la berge protégée par la pointe de l'épis (fig. 5).

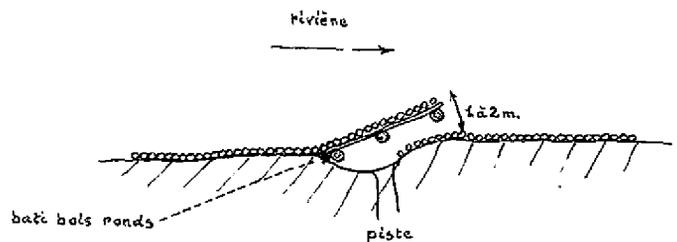


FIG. 5

b) *Points particulièrement en danger.*

Il peut se présenter sur un tronçon de berge quelques points bien déterminés, où il sera nécessaire d'étoffer la protection. Un moyen fort simple

consiste à attacher chaque Bararata aux éléments horizontaux par du fil de fer. Si ce procédé est insuffisant, il faut avoir recours aux gabions : cas assez fréquent à l'extrémité amont des dispositifs.

## B. — ÉPOQUES DES TRAVAUX

1. **Atterrissements** — Dès que la rivière ne risque plus de monter, le moment est venu d'abattre les arbres : en effet les eaux sont encore hautes et charrient beaucoup de matériaux : on aura donc le maximum de chances d'obtenir des atterrissements importants avant les crues.

2. **Bararata.** — Ici aussi il y a tout intérêt à intervenir le plus tôt possible en saison des pluies :

— les pieds des boutures seront près de l'eau d'où reprise favorisée,

— plus la plantation est faite tôt en saison des pluies, plus les racines auront le temps de se former d'où plus grande sera la résistance du Bararata à l'arrachement.

On opérera donc au fur et à mesure de la décrue ;

il est possible de planter en un endroit déterminé, lorsque le sol n'est pas dur, dès que la lame d'eau n'excède pas 0,30 à 0,50 mètre.

*Remarque :*

Le but final est, nous l'avons écrit, de réaliser un revêtement *vivant*, ce qui ne peut être obtenu à coup sûr que si la plantation est faite comme nous venons de l'indiquer. Cependant, en cas d'urgence il est toujours possible d'établir un rideau dans des conditions différentes de celles que nous avons précisées : par exemple, lorsque l'eau est basse et que les boutures sont très au-dessus du niveau d'eau (leur reprise sera alors aléatoire) l'ensemble assure alors une protection mécanique mais temporaire, les roseaux pourrissant au bout d'un an ou deux.

## C. — SUCCESSION DES TRAVAUX

Lorsque l'atterrissement, du fait de son volume, doit être provoqué avant la plantation des Bararata, il y a lieu de prévoir une année de décalage entre les deux opérations, sinon elles peuvent être faites en même temps.

Quant à la plantation des Bararata, elle doit être faite en suivant la décrue : il n'est pas toujours

possible d'avoir suffisamment de main-d'œuvre pour exécuter intégralement le travail assez vite. Dans ce cas, la mise en place des éléments horizontaux, lorsqu'elle est nécessaire, est remise à la période d'étiage et seule la plantation des Bararata est exécutée à la décrue.

## IV. — CAS OU CETTE TECHNIQUE PEUT ÊTRE EMPLOYÉE

Cette technique ne peut être utilisée que dans les cas suivants.

1° Rivière ayant atteint ou presque son profil d'équilibre en longueur : s'il y a surcreusement il est indispensable qu'il soit assez lent pour permettre aux Bararata de suivre la descente du lit.

2° La différence de niveau entre l'étiage et les hautes eaux ne doit pas excéder trois mètres environ ; il est difficile de trouver des boutures d'une taille supérieure à 3 mètres, dimension minimum pour pallier



*Fixation d'un atterrissement par plantation de boutures « en plein ».*

une submersion de plusieurs semaines (risque de dépérissement). La cote des grandes crues n'a par contre aucune importance (elles sont en effet passagères). Certains des dispositifs que nous avons mis en place ont été submergés par 2 ou 3 mètres d'eau et ont ensuite émergé pratiquement sans dégâts.

3° La présence de forêt est un atout presque indispensable dans certains cas.

4° Le profil de la berge est indifférent. Toutefois les profils subverticaux sont les plus faciles à traiter.

5° La nature de la roche importe peu, à partir du moment où il est possible de planter. Toutefois,

*Obstruction d'un bras par abattage d'arbre : remarquer en amont le développement de la végétation aquatique.*



le traitement des berges composées d'un mélange de cailloux et de sable ou argile est plus délicat (difficultés de plantation et sol fragile).

6° L'angle sous lequel les filets liquides attaquent la berge ne doit pas excéder 30 à 40°.

## V. — PRIX DE REVIENT

Lorsqu'en début de l'étiage, on a terminé les travaux, il ne faudrait cependant pas croire que la berge est définitivement protégée. Cet objectif ne sera atteint que lorsque nous aurons obtenu un rideau vivant et continu le long de la berge et des plaques de Bararata sur les atterrissements.

Avant cela, nous pouvons toujours craindre une crue qui se prolonge trop longtemps et qui tue les jeunes pousses, un arbre qui vienne arracher une partie du rideau, etc...

Un tronçon dont on a entrepris la protection doit être surveillé de près plusieurs années.

Les prix sont variables suivant la région et l'encadrement dont on peut disposer. La moyenne s'établit cependant autour des chiffres suivants :

### 1<sup>re</sup> année.

— Recherche, coupe, transport et plantation de Bararata : 25.000 fr. CFA le km, soit  $250 H \times J$  environ.

— Recherche, coupe transport de gaulettes ou de Bararata, crochets en bois, mise en place 6.500 fr. CFA le km, soit  $65 H \times J$  environ.

### — Divers :

Coupe arbres, coupe pieux, mise en place, etc... fer à béton : 2.500 fr. CFA à 5.000 fr. CFA (variable suivant le nombre d'arbres à abattre).

Soit une moyenne de l'ordre de 35.000 fr. CFA.

### 2<sup>e</sup> année.

— Les chiffres sont extrêmement variables car, ils dépendent essentiellement de la manière dont la rivière s'est comportée pendant la saison des pluies qui a suivi les premiers travaux. On peut tabler sur des dépenses maxima de 15.000 fr. le km.

Pratiquement, il ne doit plus y avoir que de menues réparations durant les années qui suivent.

## VI. — ÉCONOMIE DE CE TYPE D'INTERVENTION RÉACTION PAYSANNE

On pourrait se demander dans quelles limites de telles interventions sont rationnelles. Il s'agit en effet de rétablir une situation sans s'attaquer à l'origine du mal qui est le déboisement des bassins versants. Ne vaudrait-il pas mieux traiter ces derniers ?

Certes cela serait plus satisfaisant pour l'esprit, et peut-être plus définitif pour la stabilité des berges ; mais dans la quasi-totalité des cas, cette tâche est au-dessus, très au-dessus des moyens dont peut disposer le service forestier.

De plus, il y a un caractère d'urgence : il s'agit de protéger des terres cultivées qui, chaque année, sont rongées par les rivières. Une intervention dans les hauts ne porterait ses fruits que plusieurs années après le début des travaux.

Or les terres tôt ou tard vont manquer.

Ne serait-ce donc qu'en attendant de pouvoir faire mieux, il faut traiter les berges.

Il résulte de ces considérations deux faits :



*Un rideau bien repris.*

— la rentabilité de ces opérations n'est pas chiffrable puisqu'il s'agit de permettre à des populations de subsister ;

— ce genre d'opération touche le paysan mal gache au plus près, plus encore que l'aménagement de sa rizière ou l'amélioration de ses plantations arbustives. Autant dire qu'il n'est pratiquement jamais défavorable à ce qu'elle soit entreprise. Néanmoins il croit l'homme désarmé à un tel point devant ce fléau de la nature, qu'il ne respectera les travaux que dans la mesure où il aura la preuve de leur efficacité.

