

MODIFICATIONS DU MILIEU NATUREL DES HAUTS PLATEAUX  
MALGACHES PAR LA MISE EN CULTURE — BASSINS  
VERSANTS EXPÉRIMENTAUX D'AMBATOMAINTY —

Daniel IBIZA  
Chargé de Recherches,  
ORSTOM, Paris, France

R é s u m é

Etude des modifications du cycle naturel de l'eau et de l'équilibre bio-écologique du milieu par l'action de l'homme.

La zone d'expérimentation est constituée par une vallée de 30 ha, couverte de prairies, dans les Hauts plateaux Malgaches.

- Description du dispositif de mesure et des méthodes employées
- Premiers résultats : Effet d'un brûlis tardif.

A b s t r a c t

Study of changes in the natural water cycle and in the bio-ecological balance of the environment, as influenced by man's activities.

The experimental area expands upon a 30 ha basin covered with meadows in the Malgashia highlands.

- Description of the measurement system and the used methods
- First results : effect of a late surface fire.

27 OCT. 1993

507

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire  
N° : 9150  
Cote : 69150

81 J54/3

## 1. - OBJECTIF SCIENTIFIQUE RECHERCHE

---

Etude des modifications du cycle naturel de l'eau et de l'équilibre bio-écologique du milieu, sous l'effet de la mise en culture rationnelle d'une prairie des Hauts plateaux Malgaches

L'action de mise en valeur agricole est une action intégrée à l'échelle d'un bassin de 50 ha comprenant différents types d'aménagements et de cultures : cultures intensives de versants vivrières et fourragères, zones de nature améliorée par rapport aux conditions naturelles existantes de pâturage extensif, rizières dans le bas fond, reforestation des zones à fortes pentes et brûlis-vent.

## 2. - MESURES EFFECTUEES ET METHODES UTILISEES

---

### 2.1. - Principe de l'étude

Deux bassins versants très semblables d'environ 50 ha ont été étudiés pendant une année dans leur état de couvert végétal naturel de façon à vérifier l'identité de leur comportement hydrique (année 1972-1973).

A l'issue de cette année d'étalonnage, le bassin NORD a été mis en valeur, suivant les normes admises à MADAGASCAR de mise en valeur rationnelle et de conservation des sols, tandis que le bassin SUD devait rester en défens comme témoin.

Il était également intéressant, d'un point de vue régional, de tester l'action d'un brûlis tardif sur ces prairies, car elle correspond à une pratique courante des habitants de la région, et cette action a été observée en 1973-1974.

Ces deux bassins font l'objet de mesures qui répondent à un double objectif :

- contrôle des différents termes du bilan hydrique : précipitations, écoulement, variations d'humidité des sols et contrôle de la nappe phréatique, d'une part,
- modifications biologiques et mécaniques des sols, et mesure des transports solides et de la qualité des eaux de l'écoulement à l'exutoire, d'autre part.

### 2.2. - Description sommaire du milieu

#### 2.2.1. - Climat tropical humide d'altitude -

Précipitations annuelles aux alentours de 1 700 mm.

### 2.2.2. - Pédologie substratum de meiss

Les versants sont constitués de sols ferrallitiques typiques ou appauvris, parfois remaniés et, aux environs des bas-fonds, sis sur matériaux hydromorphes.

Les bas-fonds sont des matériaux hydromorphes fortement organiques (tourbe). On remarque par endroits la présence d'une stone line sur les versants d'épaisseur variable (10 à 30 cm) et de profondeur variable (30 à 70 cm). Ces sols sont mécaniquement résistants, chimiquement très pauvres (carence de tous les éléments fertilisants). Leur perméabilité est assez forte.

### 2.2.3. - Végétation

Prairies nues à base de graminées vivaces.

## 2.3. - Dispositif de mesures

### 2.3.1. - Contrôle des bassins versants

La figure 1 donne le schéma d'implantation des différents appareils :

- Les déversoirs pour le contrôle des écoulements sont pré-étalonnées mais ont fait l'objet d'un étalonnage de contrôle direct sur le terrain.
- Les transports solides par suspension sont mesurés par pesage du résidu sec de prélèvements liquides effectués à chaque crue. Les charriages de fond sont retenus dans des fosses à décantation.
- Les mesures de variations d'humidité du sol sont effectuées au moyen d'une sonde à neutrons.

### 2.3.2. - Mesures ponctuelles

Toutes les mesures précédentes sont répétées à l'échelle ponctuelle sur parcelles d'érosion ou blocs monolithes lysimétriques. Une station climatologique mesure en particulier l'évapotranspiration potentielle sur bac 2x2 mètres.

## 3. - MATERIEL MATHEMATIQUE CREE POUR MESURER LES EVOLUTIONS

### 3.1. - Ruissellement

Le ruissellement a été étudié sous ses deux aspects qualitatif de la forme de la crue, d'une part, et quantitatif du volume ruisselé, d'autre part, à

l'échelle de chaque averse, sous la forme d'abaques et de corrélations hydro-  
 pluviométriques à influences multiples :

- temps de montée de la crue : des abaques donnent le temps de montée minimum pour des averses de courte durée de chaque bassin en fonction du volume ruisselé de la crue ; (fig 2)
- temps de descente de la crue : comparaison des temps de descente des deux bassins par corrélation entre ces deux variables pour une averse donnée. Avant l'action humaine ces temps de descente sont identiques ;
- comparaison des lames ruisselées sur les deux bassins NORD et SUD pour une même averse avec correction tenant compte de l'hétérogénéité spatiale de l'averse ;
- corrélations hydropluviométriques : elles se présentent sous la forme d'une étude analytique de l'infiltration pendant les séquences de l'averse dont l'intensité dépasse la capacité d'absorption du sol, c'est-à-dire au cours des averses provoquant des crues.

Ces séquences de l'averse sont appelées corps d'averse (C) et représentent la ou les parties de l'averse dont l'intensité dépasse un seuil donné défini a priori par tâtonnement et dont la valeur retenue sur les bassins est de

Ces corrélations permettent d'établir les lois empiriques de la forme

$$C - L = aT + S ( 1 - l K ) + H$$

(C - L), différence entre le corps d'averse (C) et la lame ruisselée (L) au cours de la crue, représente la quantité d'eau infiltrée pendant le corps d'averse.

Le terme en  $aT$ , où T est la durée du corps d'averse, représente la quantité d'eau qui s'infiltré dans les conditions de saturation maximales du sol. Cette infiltration est constante et (a) représente la capacité d'absorption moyenne du bassin.

$S ( 1 - l K )$  est une fraction d'une quantité d'eau S à fournir pour permettre à la première tranche superficielle du sol de passer d'un état humide (peut-être l'état de rétention) à l'état de saturation. Cette évolution se reproduit au cours de chaque averse.

La fraction  $( 1 - l K )$  pondère la quantité S d'après la forme de l'averse (coefficient K) et en particulier d'après la pluie initiale ayant précipité avant le corps de l'averse. K se calcule par une formule.

H est une variable symbolique représentant une quantité d'eau permettant d'humidifier la tranche superficielle du sol, au début de la saison des pluies.

A AMBATOMAINTY ce terme n'intervient que sur les premières crues de l'année et nous n'avons pas explicité ce terme.

Cas particuliers : Formules simplifiées

- Lorsque les intensités maximales de l'averse surviennent en début d'averse  $K = 0$  et l'équation devient (sauf pour les premières crues de la saison des pluies) :

$$C - L = aT + S$$

- Lorsque les intensités maximales de l'averse surviennent en fin d'averse ou après une longue séquence pluvieuse (cas des cyclones), le terme  $(1 - 1/K)$  devient nul et l'équation se réduit à

$$C - L = aT$$

### 3.2. - Transports solides

Les poids de terre sèche évacués en suspension pour chaque crue sont mis en corrélation avec le volume liquide de la crue.

La corrélation obtenue est très lâche mais constitue un instrument de comparaison plus sensible que la simple comparaison du poids total annuel de terre sèche évacué.

### 3.3. - Variations de l'humidité des sols

- Les variations d'humidité de la tranche superficielle sont en relation avec la pluviométrie, d'une part, et l'évapotranspiration réelle, d'autre part. La moyenne de cette valeur effectuée sur l'ensemble des sites hydrométriques de chaque bassin constitue une variable très significative et la comparaison de cette variable pour les deux bassins fournit un matériel sensible et apte à déceler une évolution de l'évapotranspiration réelle sur le bassin Nord.
- Les variations d'humidité des tranches profondes de sol représentent une certaine capacité de stockage complémentaire de celle de la nappe phréatique, et traduisent une percolation d'eau libre vers celle-ci.

Les différences observées aux différents sites dépendent essentiellement de la nature et de la structure des sols rencontrés, paramètres dont la répartition spatiale et suivant la profondeur doit être considérée comme aléatoire.

Dans les quatre premiers mètres cette capacité de stockage représente en moyenne 50 mm par mètre de sol.

### 3.3. - Variation du niveau de la nappe phréatique

La nappe phréatique est une nappe topographique à battement annuel. La corrélation entre les volumes du terrain aquifère délimité par les niveaux piézométriques de la nappe phréatique établis à deux époques de l'année, d'une part, et les volumes drainés par la rivière pendant le temps séparant ces deux époques, d'autre part, établie pendant une période d'assèchement au cours de laquelle les apports à la nappe par les précipitations pouvaient être considérés comme négligeables, est très satisfaisante et permet d'établir une relation linéaire entre ces deux variables. La pente de la droite que nous avons appelé "coefficient d'emmarasement apparent" est de 12,2 % pour le bassin NORD, et 13,6 % pour le bassin SUD.

La comparaison de la variation de volume de terrain aquifère sur les deux bassins, pour une même période, de façon à déceler une éventuelle évolution de la nappe NORD, est effectuée géométriquement. Le niveau piézométrique étant saisi sous la forme de la moyenne pondérée des différentes cotes obtenues aux différents piézomètres.

## 4. - PREMIERS RESULTATS

Effet d'un brûlis tardif sur savane non arborée. C'est le bassin SUD qui est utilisé pour ce test (Année 1973 - 1974).

### 4.1. - Résultats globaux

		B.V.S.
Année 1972-1973	( Ecoulement total	63 %
	( Ruissellement	7,2%
	( Transports solides	6 kg/ha/an
Année 1973-1974	( Ecoulement total	44 %
	( Ruissellement	5,3%
	( Transports solides	25 kg/ha/an

La diminution des écoulements et des ruissellements entre 1972-1973 et 1973-1974 provient de la différence du régime des précipitations d'une saison des pluies à l'autre. Les transports solides sont quatre fois supérieurs.

### 4.2. Evolution de la forme de la crue

- le temps de montée des crues unitaires diminue sensiblement (fig 2)
- le temps de descente est invariant
- le coefficient de forme de la crue ou rapport du débit maximum au débit moyen (volume ruisselé/temps de base) passe de 4 à 5 pour les fortes crues (fig 3).

4.3.- Equation du ruissellement (C - L) en mm, T en mn, K en %.

- |  |               |                                     |
|--|---------------|-------------------------------------|
| (1) 1972-1973 Bassin SUD   | - si $K > 70$ | $C - L = 1,14/5 T$                  |
|  | - si $K < 70$ | $C - L = 1,14/5 T + 8,5 - 0,120 K$  |
| (2) 1972-1973 Parcelle témoin PO <sub>2</sub> (200 m <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> | - $K > 45$    | $C - L = 2,14/5 T$                  |
|  | - $K < 45$    | $C - L = 2,14/5 T + 8,0 - 0,178 K$  |
| (3) 1973-1974 Bassin SUD   | - $K > 65$    | $C - L = 1,12/5 T$                  |
|  | - $K < 65$    | $C - L = 1,12/5 T + 12,2 - 0,187 K$ |

- La comparaison entre (1) et (3) permet de constater l'invariance du coefficient (a) et une légère augmentation de la valeur de S c'est-à-dire une légère diminution du ruissellement après brûlis.

Cette diminution n'est peut-être pas significative, l'état initial humide du sol avant la crue étant généralement légèrement moins humide en 1973-1974 qu'en 1972-1973. On peut néanmoins conclure qu'il n'y a pas eu d'augmentation sensible du ruissellement sous l'action du brûlis.

- La comparaison entre (1) et (2) met en évidence une forte différence du coefficient (a) obtenu sur parcelle et sur le bassin (2,14 au lieu de 1,14).

Cette différence pourrait-être liée à la différence de pente moyenne (30 % sur le bassin, 10 % sur la parcelle).

4.3. - Evolution des transports solides

La figure 4 montre entre les deux droites de corrélation un écart de 10, c'est-à-dire que les transports solides après brûlis sont dix fois supérieurs à ceux d'avant brûlis. Toutefois, en fin de saison 73-74 on observe une tendance à un retour à l'état avant brûlis.

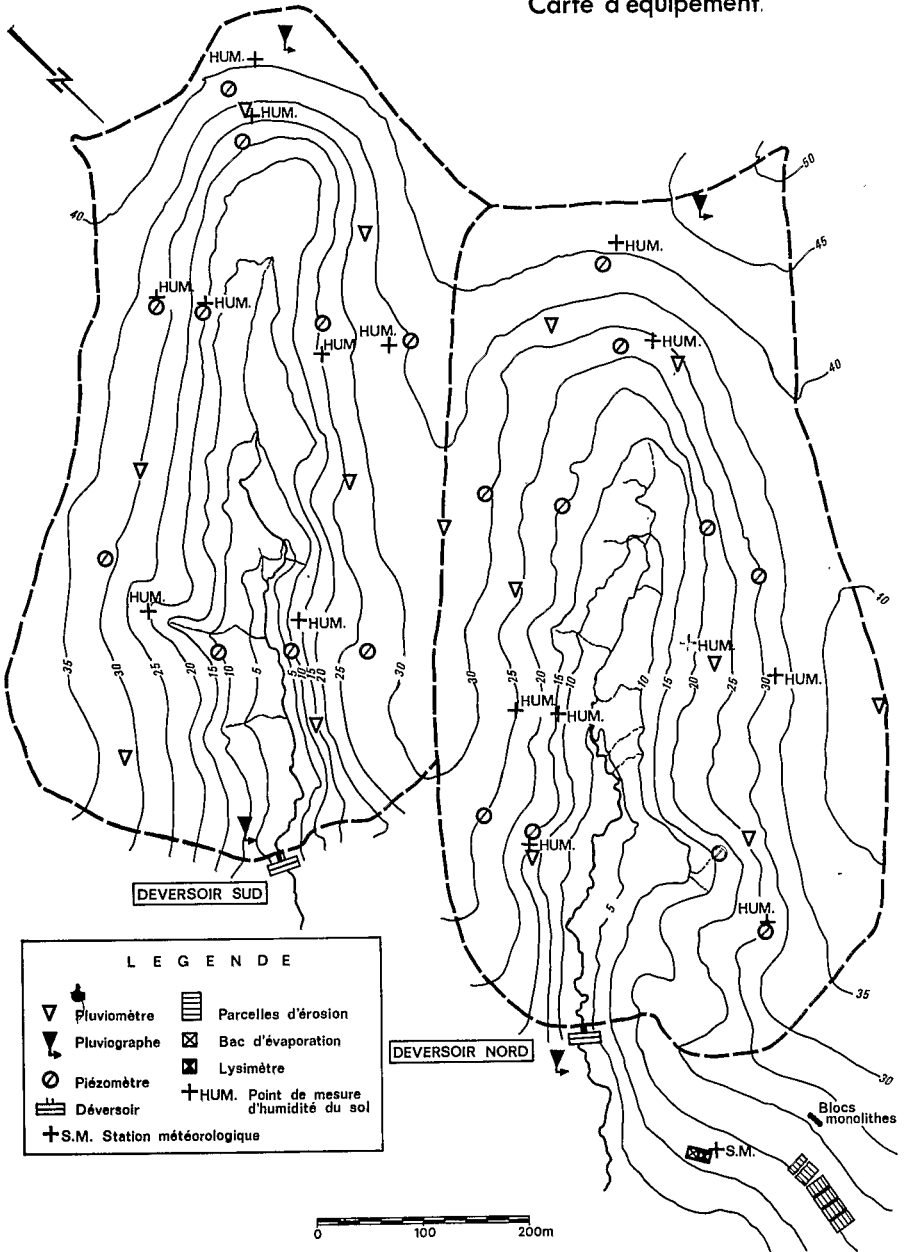
5. - RESULTATS ATTENDUS

L'année 1973-1974 a permis de tester l'action d'un brûlis qui correspond à l'utilisation traditionnelle de ces prairies (élevage extensif)

Les campagnes futures vont permettre de tester l'effet d'un aménagement rationnel.

Fig. 1.

Carte d'équipement.





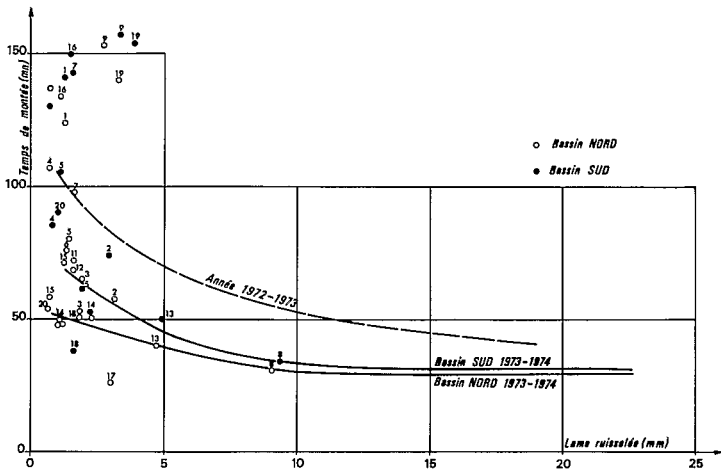


Fig. 2. Comparaison des temps de montée en crue

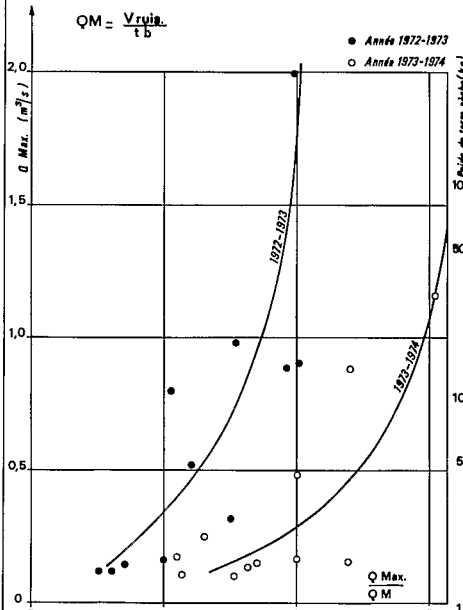


Fig. 3. Variation du coefficient de forme de la crue du debit maximum  $Q_{Max}$ .  $\frac{Q_{Max.}}{Q_M}$  en fonction

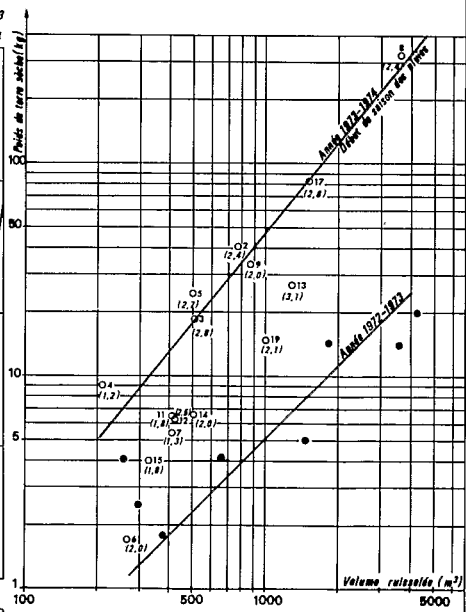


Fig. 4. Transports solides en suspension (Bassin sud)