



Grands bassins de Périnel. Forêt naturelle d'Ampangalatsary.

ÉTUDE DE LA SENSIBILITÉ DES SOLS DE MADAGASCAR A L'ÉROSION

Expérimentation en parcelles élémentaires

par

M. C. BAILLY

Chargé de Mission au C. T. F. T.

M. C. MALVOS

Ingénieur de Recherche au C. T. F. T. (CENRADERU)

M. J. M. SARRAILH

Ingénieur de Recherche au C. T. F. T. (CENRADERU)

M. J. L. RAKOTOMANANA

Chef de la Division-SOL au CENRADERU

M^{me} L. RAMPANANA

Ingénieur de Recherche au CENRADERU

M. RAMANAHADRAY Fils

*Chef du Service D. R. S. à la Direction des E. et F.
de Madagascar*

SUMMARY

A STUDY OF THE LIABILITY OF THE SOILS OF MADAGASCAR TO EROSION

Studies of erosion have been carried out over the past fifteen years or so in Madagascar in order to determine, on unit areas of land in various parts of the island, the influence of vegetation and cultivation on run-off and erosion. The method employed is

based on Wischmeier's formula, which gives soil losses in function of indices characterizing the erosive effects of rainfall, the sensitivity of the soil to erosion, gradient, vegetation, and anti-erosion treatments.

The authors make a particular study of the index of erosiveness of rainfall, established on the basis of the energy produced by a fall of rain in the light of its intensity, and the index of liability of the soil to erosion, determined on a standard area of land.

This should make it possible in the future to establish a map of rainfall aggressivity and to specify the risks of erosion according to soils.

RESUMEN

ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD A LA EROSION DE LOS SUELOS DE MADAGASCAR

Han sido emprendidos sendos estudios relativos a la erosión, en Madagascar, desde hace ya unos quince años, con objeto de determinar, en parcelas elementales situadas en diversos puntos de la isla, la influencia de la cobertura vegetal y de las prácticas de cultivo sobre la escorrentía y la erosión. El método utilizado se funda en la fórmula de WISCHMEIER, la cual indica las pérdidas de tierra en función de índices que caracterizan la erosividad de la lluvia, la sensibilidad del suelo a la erosión, la pendiente, la cobertura vegetal del suelo y los tratamientos contra la erosión.

Los autores estudian, particularmente, el índice de erosividad de la lluvia establecido a partir de la energía producida por una precipitación pluvial y su intensidad, así como el índice de sensibilidad del suelo a la erosión determinado en una parcela standard.

Esto debería permitir, en el futuro, establecer un mapa de la agresividad de la lluvia y precisar los riesgos de erosión según los suelos de que se trata.

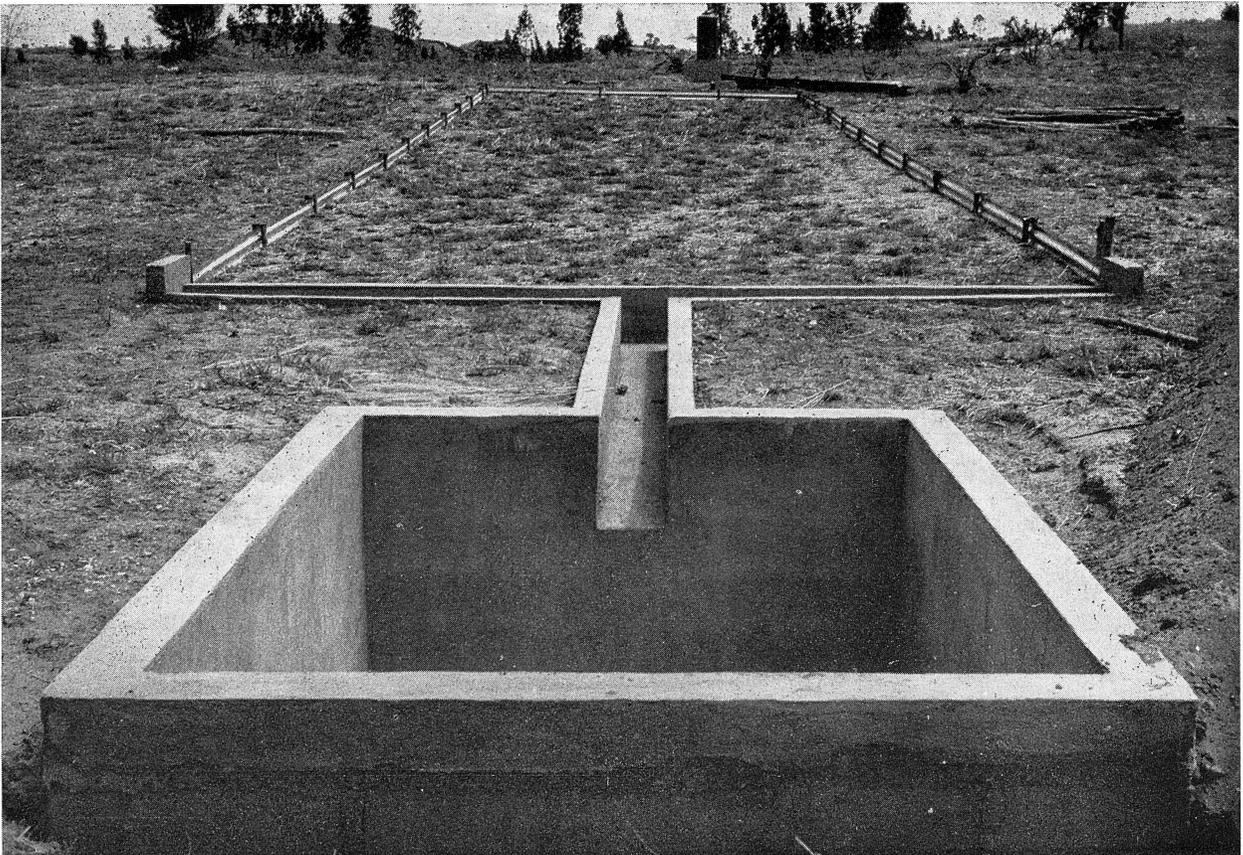
INTRODUCTION

Le Centre Technique Forestier Tropical a entrepris à Madagascar des études sur l'érosion en par-

celles élémentaires depuis une quinzaine d'années afin de déterminer l'influence de la couverture végé-

Zone Ouest. Parcelle Wischmeier en cours d'installation.

Photo Hueber.



tale naturelle et artificielle et des pratiques culturales sur le ruissellement et l'érosion. Cette méthode de recherche s'appuie sur l'équation universelle de WISCHMEIER qui permet la prévision de l'érosion en fonction des caractéristiques climatiques, pédologiques, topographiques et des techniques culturales utilisées.

Les facteurs de l'érosion, les coefficients et les applications de l'équation universelle de WISCHMEIER ont été évoqués par P. GOUJON dans le n° 118 de Bois et Forêts des tropiques. Nous rappellerons cependant les termes de l'équation :

$$A = 2,24 R.K.LS.C.P.$$

A = Pertes en terre, en tonnes par hectare.

2,24 = Coefficient permettant d'utiliser le système métrique pour les pertes en terre.

R = Indice-pluie qui intègre l'énergie cinétique de la pluie et l'intensité maximale en trente minutes (exprimé en unités américaines).

K = Indice-sol qui caractérise la sensibilité d'un sol à l'érosion.

LS = Indice de pente (longueur et pourcentage) ou facteur topographique.

C = Indice de culture, caractérisant la couverture végétale du sol.

P = Indice des traitements anti-érosifs.

Afin de déterminer la valeur de l'indice-sol K , une parcelle d'érosion maximale comparable sous toutes les latitudes a été proposée par WISCHMEIER. Aussi dès 1965 l'étude de ce facteur a été entreprise à Madagascar par la réalisation des parcelles WISCHMEIER en harmonisant les protocoles conformément aux directives préconisées par E. ROOSE pour l'Afrique.

Cette note fait donc le point des résultats obtenus à Madagascar par le CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL en parcelle WISCHMEIER dont les travaux sont depuis 1974 poursuivis par les chercheurs de la Division-SOL du Département des Recherches Forestières et Piscicoles du CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES APPLIQUÉES AU DÉVELOPPEMENT RURAL de la République Malgache.

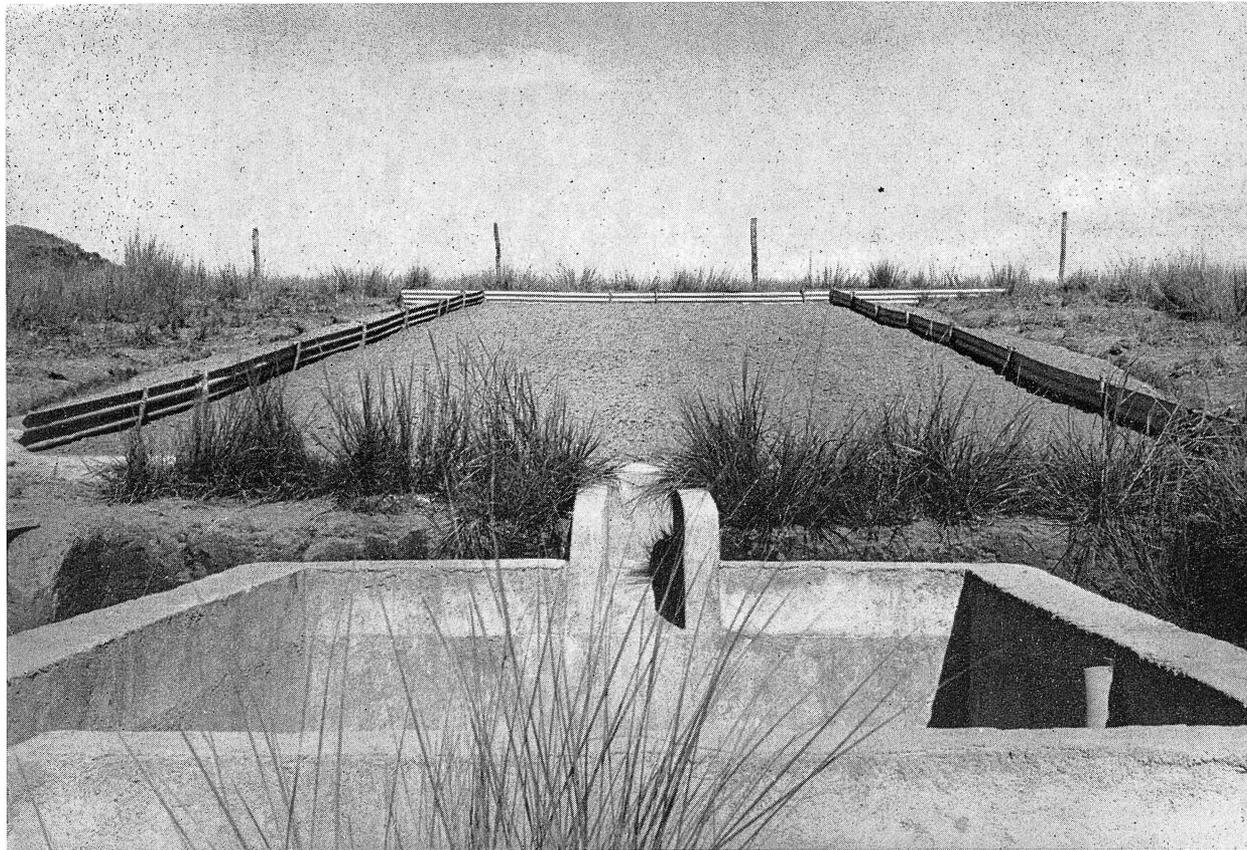
ÉTUDE DE L'ÉROSIVITÉ DE LA PLUIE

Dans le cas d'une parcelle WISCHMEIER les coefficients C et P sont égaux à 1 (sans couverture

végétale et sans traitement anti-érosif). Les seuls paramètres à mesurer, pour déterminer l'érodibilité

Miadana. Aspect définitif d'une parcelle de Wischmeier.

Photo Hueber.



du sol K , restent l'indice de pluie R et les pertes en terres A , les facteurs LS étant fixés par la station choisie. L'étude de l'érosivité de la pluie a donc été suivie sur toutes les stations munies de ce dispositif. Elle a aussi été menée systématiquement sur toutes les stations du C. T. F. T. à Madagascar.

Rappelons brièvement la méthode de calcul de l'indice de pluie R : il est défini par WISCHMEIER comme étant le produit de l'énergie globale de la chute de pluie (Eg) par l'intensité maximale en 30 mn Im (divisé par 173.560 pour le système métrique).

$$R = \frac{1}{1.735,6} \times \frac{Eg \times Im}{100}$$

avec Eg en t/m/km² et Im en mm/h.

L'énergie globale (Eg) se calcule à partir de l'énergie unitaire (Eu), c'est-à-dire de l'énergie produite par la chute de 1 mm de pluie qui est elle-même fonction de l'intensité de la pluie. Mais cette intensité varie au cours d'une même pluie, et pour calculer l'énergie unitaire, il faut partager la pluie en périodes d'intensité homogène (Ih).

La lecture du pluviogramme permet de réaliser facilement cette opération en découpant l'enregistrement d'une averse en tranches d'intensité uniforme. Les règles suivantes ont été adoptées, se rapprochant beaucoup de celles définies par les auteurs américains :

— on ne dépouille que les pluies supérieures à 10 mm,

— on considère que 6 h avec moins de 1 mm de pluie marquent la séparation entre 2 pluies.

Sur l'enregistrement pluviographique, après découpage en tranches, on a donc pour chaque tranche une quantité de pluie q mm et une intensité Ih en mm/h.

WISCHMEIER a établi une relation entre l'énergie unitaire Eu d'une pluie d'intensité homogène et cette intensité Ih :

$$Eu = 1.214 + 890 \log Ih.$$

L'énergie de la tranche est donnée dès lors par le produit

$$Eh = Eu \times q \text{ (mm)}.$$

L'énergie globale Eg de la pluie est la somme des énergies de chaque tranche.

Quant à l'intensité maximale Im de la pluie, elle est obtenue en multipliant par 2 l'intensité maximale en 30 mn (I_{30}) qui est la hauteur d'eau maximale tombée pendant une période de 30 mn consécutives.

Le calcul effectué les premières années à l'aide de tables se fait désormais automatiquement par l'emploi d'un calculateur.

Un tel dépouillement demeure cependant long à effectuer et impossible à mener sur un grand nombre de stations. Or Madagascar est un pays d'une telle diversité climatique que les résultats obtenus

apparaissent encore trop fragmentaires et isolés dans le temps, pour envisager d'établir avec suffisamment de précision une carte de l'érosivité des pluies pour tout Madagascar. Les résultats actuellement en notre possession sont les suivants (calculs en unités américaines U. S. A.).

Zone Est :

Ivoloina	$R = 957$ (1966-72)
Périnet	$R = 494$ (1963-72)

Zone Ouest :

Sud-Ouest	: La Taheza	$R = 290$ (1962-66)
Ouest	: Miadana	$R = 988$ (1970-75)
Nord	: Befandriana-Nord	$R = 1.204$ (1968-72)

Zone Moyen-Ouest :

Kianjasoa	$R = 718$ (1967-75)
-----------	---------------------

Zone Hauts-Plateaux :

Centre	: Nanisana	$R = 370$ (1965-73)
Ouest	: Manankazo	$R = 508$ (1962-75)
Est	: Ambatomainy	$R = 385$ (1972-75)
Sud	: Ampamaherana	$R = 476$ (1962-75)
Ankaratra	: Nanokely	$R = 359$ (1965-72)
Lac Alaotra	: Vallée Témoin	$R = 479$ (1962-68)
Mangoro	: Analabe	$R = 621$ (1969-71)

Zone Sud :

Antanimora	$R = 230$ (1962-67)
------------	---------------------

Malgré les durées des mesures souvent différentes, on peut tirer quelques conclusions :

— l'érosivité de la pluie est minimale dans la région Sud (inf. à 300 U. S. A.) et maximale dans l'Ouest (supérieure à 1.200 U. S. A.). Sur la côte Est soumise à de fréquents cyclones, on observe une valeur légèrement inférieure (957 U. S. A.) pour des précipitations beaucoup plus importantes en volume.

— sur les Hauts-Plateaux, l'érosivité de la pluie est voisine de 500 U. S. A.

A Madagascar donc, l'indice d'agressivité climatique est élevé et cela n'est pas pour surprendre. Rappelons à titre indicatif que cet indice annuel moyen varie en unités U. S. de :

- 50 à 650 aux U. S. A. (WISCHMEIER, 1962),
- 60 à 300 en Tunisie (MASSON, 1971),
- 50 à 300 au Maroc (KALMAN, 1967),
- 60 à 340 dans le Sud de la France (MASSON, KALMS, 1971),
- 500 à 1.400 en Côte-d'Ivoire (ROOSE, 1973),
- 200 à 650 en Haute-Volta (C. T. F. T. (ROOSE, ARRIVETS, POULAIN, 1974).

Dans les années à venir le programme de recherche devrait s'efforcer de définir pour les différentes zones climatiques de l'Ile la corrélation énergie cinétique des pluies, hauteur de pluie ainsi que les relations éventuelles entre l'indice moyen annuel et la pluviométrie moyenne annuelle. Cette approche permettra de réaliser assez rapidement une carte indicative de l'indice d'agressivité des pluies à Madagascar.

ÉTUDE DE L'ÉRODIBILITÉ DU SOL EN PARCELLE NUE STANDARD DE WISCHMEIER

A l'heure actuelle, avec les résultats obtenus pour chacune des plus anciennes stations (maximum de données) nous avons pu mettre en évidence la relation qui semble exister entre la quantité de pluie tombée au cours d'une averse et l'énergie globale de la pluie. Cette relation se présente sous la forme d'une fonction linéaire $Eg = aP + b$ avec un coefficient de corrélation supérieur à 0,95 obtenu avec plus de 100 points. Les droites établies pour quelques stations de Madagascar sont les suivantes :

— Périnet Marolaona (Falaise Est) (1962 à 1970),

$$r = 0,986 \quad (251 \text{ points})$$

$$Eg = 2.139 P - 1.875$$

— Ampamaherana (Hauts-Plateaux Sud) 1962 à 1970),

$$r = 0,98 \quad (321 \text{ points})$$

$$Eg = 2.115 P - 2.228$$

— Nanisana (Hauts-Plateaux Tananarive) (1963 à 1973),

$$r = 0,98 \quad (314 \text{ points})$$

$$Eg = 2.325 P - 3.945$$

— Miadana (Ouest) (1970 à 1973),

$$r = 0,98 \quad (144 \text{ points})$$

$$Eg = 2.555 P - 4.467$$

— La Taheza (Sud-Ouest) (1962 à 1966).

$$r = 0,95$$

$$Eg = 2.522 P - 4.643$$

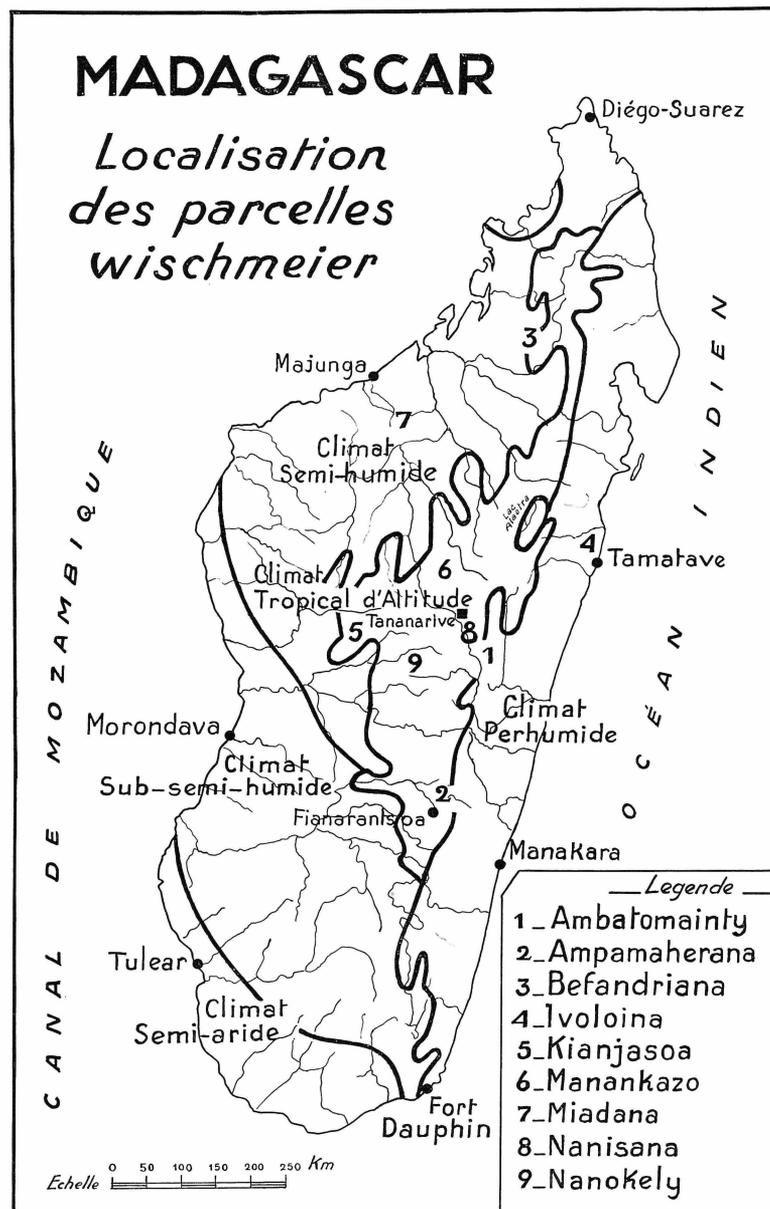
La dispersion des points est faible ($r = 0,98$ à $0,95$), l'estimation de Eg par la pluie n'entraîne qu'une erreur minime. Les droites, bien que voisines, ne permettent pas d'envisager l'utilisation d'une seule droite moyenne suffisamment précise pour l'ensemble de Madagascar, mais sans doute, une fois l'étude plus avancée, on devrait pouvoir se contenter d'une seule corrélation par zone climatique.

Connaissant ainsi de façon rapide Eg , il ne reste plus qu'à déterminer Im sur le pluviogramme, ce qui réduirait considérablement le travail de dépouillement. Mais cette étude n'en est qu'à ses débuts (1).

(1) On peut aussi établir une relation entre R et $P \times Im$ comme l'a fait DELVAULLE au Niger ; pour la Taheza, on obtient :

$$R = 0,016 09 P \times Im - 1,47 \quad r = 0,996.$$

Ce travail va se poursuivre pour les autres stations.



vent été étudiée en laboratoire mais aucun test n'a pu donner de résultats satisfaisants. Aussi

WISCHMEIER a-t-il proposé de l'étudier sur le terrain.

LA PARCELLE

La parcelle proposée a 22,1 m de long, une pente de 9 %. Elle est traitée comme une jachère, nue sans apport de matières organiques depuis trois ans et travaillée superficiellement pour éviter le phénomène de glaçage de la surface du sol. Après le colloque sur la fertilité des sols tropicaux de Tananarive de 1967 où les premiers résultats obtenus avaient fait l'objet d'échanges entre les chercheurs, un protocole standard adapté aux conditions africaines a été mis au point (O. R. S. T. O. M. et C. T. F. T.). Conformément à ce protocole les parcelles de WISCHMEIER en place à Madagascar ont désormais les caractéristiques suivantes :

- 5 m de large et 20 m de long ;
- une pente représentative du type de sol.

Les caractéristiques des parcelles ainsi étudiées sont données dans le tableau 1 (ci-après).

Chaque parcelle est constamment travaillée sans aucun apport de matière organique et d'engrais ; pour cela après un labour de défrichement à l'angady (bêche malgache), le travail du sol consiste en un ratissage léger après chaque pluie et dès que le sol est ressuyé.

On évite ainsi une diminution trop forte du ruissellement qu'apporterait un labour trop fréquent ainsi qu'un glaçage superficiel dans le cas de ratissages trop espacés.

TABLEAU 1
CARACTÉRISTIQUES DES PARCELLES

Station	Durée	Dimension suivant la pente	Dimension suivant la courbe de niveau	Superficie en m ²	Pente %	LS
AMBATOMAINTY	1972 — en cours	20 m	5 m	100	12,5	1,6
AMPAMAHERANA	1972 — en cours	20 m	5 m	100	37,7	10,4
BEFANDRIANA-NORD ..	1968-72	20 m	10 m (68-69) 5 m (69 à 72)	200 100	9	1
IVOLOINA	1966-72	25 m	8 m	200	40	13
KIANJASOA	1967 — en cours	20 m	10 m (68-74) 5 m (74-...)	200 100	6,5	0,58
MANANKAZO	1968 — en cours	20 m	10 m (68-71) 5 m (71-...)	200 100	13	1,7
MIADANA	1970-1975	20 m	5 m	100	4,3	0,36
NANISANA W_1	1965-1973	15 m	5 m	75	8	0,69
W_2	1967-1973		5 m	75		
W_3	1967-1973		6 m	90		
NANOKEY	1965-1972	20 m	10 m (65-69) 5 m (69-72)	200 100	14	1,97

LES RÉSULTATS

L'indice d'érodibilité du sol se calcule dès lors à partir de la formule :

$$K = \frac{A}{R \times LS \times 2,24}$$

où A est l'érosion en t/ha/an,

R l'indice pluie,

LS le facteur topographique.

Le facteur topographique LS étudié par WISCHMEIER et SMITH est défini par la formule :

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

où L est la longueur de la pente en pieds (1 pied = 0,304 79 m ou 0,304 8 m) et S la pente en %. Si la pente est de 9 % et la longueur 72,6 pieds, LS est égal à 1 ; c'est alors la parcelle standard de WISCHMEIER. Mais en Afrique et surtout à Madagascar il n'est pas possible de trouver toujours de telles pentes, et dans le cadre du protocole normalisé de l'O. R. S. T. O. M., les pentes des parcelles sont représentatives des conditions locales mais la longueur de la parcelle est maintenue constante. Il convient alors de calculer LS dans chaque cas (voir tableau précédent).

Les tableaux ci-dessous résument l'ensemble des résultats et font apparaître pour chaque station :

- la pluviométrie annuelle,
- l'index de pluie annuel,
- les pertes en terre annuelles en t/ha,

ainsi que le facteur d'érodibilité du sol K obtenu par application de la formule de WISCHMEIER. Le facteur K atteint une valeur moyenne au bout de deux ou trois ans.

Zone des Hauts-Plateaux.

AMBATOMAINTY.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1972-73	1.393	408	30,2	0,02
1973-74	1.390	302	205,5	0,19
1974-75	1.797	445	262,4	0,17
moyenne 1972-75	1.527	385	K maximal	0,19

AMPAMAHERANA.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1972-73	1.981	488	18,9	nég.*
1973-74	2.113	478	360,8	0,03
1974-75	1.785	463	280,8	0,03
moyenne 1972-75	1.960	476	K maximal	0,03

* Négligeable : inférieur à 0,01.

KIANJASOA.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1967-68	1.574	515	84,1	0,13
1968-69	1.825	644	326,5	0,41
1969-70	1.453	560	195,8	0,27
1970-71	1.675	956	296,5	0,27
1971-72	1.681	655	249,3	0,30
1972-73	1.808	642	247,2	0,30
1973-74	2.171	1.131	255,6	0,17
1974-75	1.847	644	116,6	0,14
moyenne 1967-75	1.754	718	K maximal	0,41

MANANKAZO.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1968-69	1.513	307	1,1	nég.*
1969-70	1.765	385	7,6	nég.*
1970-71	1.934	676	17	0,01
1971-72	1.985	557	52	0,03
1972-73	2.183	544	57	0,03
1973-74	1.785	562	422	0,19
1974-75	1.858	528	492	0,24
moyenne 1968-75	1.860	508	K maximal	0,24

NANOKELY.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1965-66	1.703	401	117,0	0,02
1966-67	1.561	289	142,9	0,12
1967-68	1.637	289	260,3	0,22
1968-69	1.822	349	262,6	0,18
1969-70	1.886	385	339,0	0,21
1970-71	1.874	426	312,5	0,18
1971-72	1.583	375	252,8	0,17
moyenne 1965-72	1.724	359	K maximal	0,22

* Négligeable : inférieur à 0,01.

NANISANA.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha			K		
			W ₁	W ₂	W ₃	W ₁	W ₂	W ₃
1965-66	1.279	289	2,9			0,01		
1966-67	1.257	334	25,9			0,05		
1967-68	1.251	243	56,3	1,8	1,9	0,14	nég.*	nég.*
1968-69	1.055	247	83,6	52,2	50,7	0,20	0,13	0,12
1969-70	1.453	335	113,6	86,7	75,1	0,20	0,15	0,13
1970-71**	—	—	—	—	—	—	—	—
1971-72	1.554	711	127,5	89,5	96,1	0,11	0,07	0,08
1972-73	1.352	430	76,1	50,1	32,1	0,11	0,07	0,04
Moyenne 1965-73	1.315	370	K maximal :			0,20	0,15	0,13

* Négligeable : inférieur à 0,01.

** Campagne 1970-71 non exploitable.

Zone Ouest.

BEFANDRIANA-NORD.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1968-69	2.010	1.309	272,2	0,09
1969-70	2.052	1.539	309,9	0,09
1970-71	1.718	910	291,7	0,14
1971-72	2.028	1.059	374,8	0,16
moyenne 1968-72	1.952	1.204	K maximal	0,16

MIADANA.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1970-71	1.506	1.074	70,9	0,08
1971-72	2.352	1.912	252,2	0,16
1972-73	1.606	701	130,0	0,23
1973-74	1.508	715	120,6	0,21
1974-75	1.232	537	81,5	0,19
moyenne 1970-75	1.641	988	K maximal	0,23

Zone Est.

IVOLOINA.

Année	Pluie en mm	Indice de pluie	Pertes en terre t/ha	K
1966-67	2.872	1.296	37,5	0,001
1967-68	2.051	1.143	237,9	0,007
1968-69	2.422	450	175,0	0,012
1969-70	2.977	854	619,1	0,023
1970-71	2.983	772	290,1	0,012
1971-72	3.357	1.228	232,7	0,007
moyenne 1966-72	2.777	957	K maximal	0,02

L'examen de ces résultats nous permet de faire par station les remarques ci-après :

Zone des Hauts-Plateaux.

STATION D'AMBATOMAINTY.

Situation = Lat. : 19°27'. Long. : 47°45'.
Altitude = 1.650 m.

Sur ces sols ferrallitiques remaniés avec débris d'altération gibbsitiques, on obtient dès la deuxième année d'expérimentation une valeur de $K = 0,19$, ce qui indique un sol moyennement érodible.

STATION D'AMPAMAHERANA.

Situation = Lat. : 21°29'. Long. : 47°22'.
Altitude = 1.100 m.



Zone des Hauts-Plateaux. Manankazo. Vue d'ensemble du dispositif.

Sur ces sols ferrallitiques typiques jaune sur rouge, l'expérimentation ne porte que sur 3 ans ; cependant la valeur obtenue, la deuxième et la troisième année, laisse présager un sol très peu érodible ($K = 0,03$).

STATION DE KIANJASOA (moyen Ouest).

Situation = Lat. : $19^{\circ}04'$. Long. : $46^{\circ}14'$.

Altitude = 1.000 m.

Sur ces sols ferrallitiques typiques rouges, on observe des valeurs de K allant jusqu'à 0,41 (deuxième année). En septième et huitième année, par suite de changement progressif du profil de la parcelle, ces valeurs descendent à 0,17. Le sol est fortement érodible.

STATION DE MANANKAZO.

Situation = Lat. : $18^{\circ}08'$. Long. : $47^{\circ}14'$.

Altitude = 1.580 m.

Sur ces sols ferrallitiques fortement désaturés, concrétionnés, remaniés sur granite, contrairement

à ce qui a été observé à Ambatomainy, les valeurs obtenues durant les 5 premières années demeurent très faibles $K < 0,05$. Mais la 6^e année l'indice monte brusquement pour atteindre la valeur de 0,19 puis 0,24 l'année suivante.

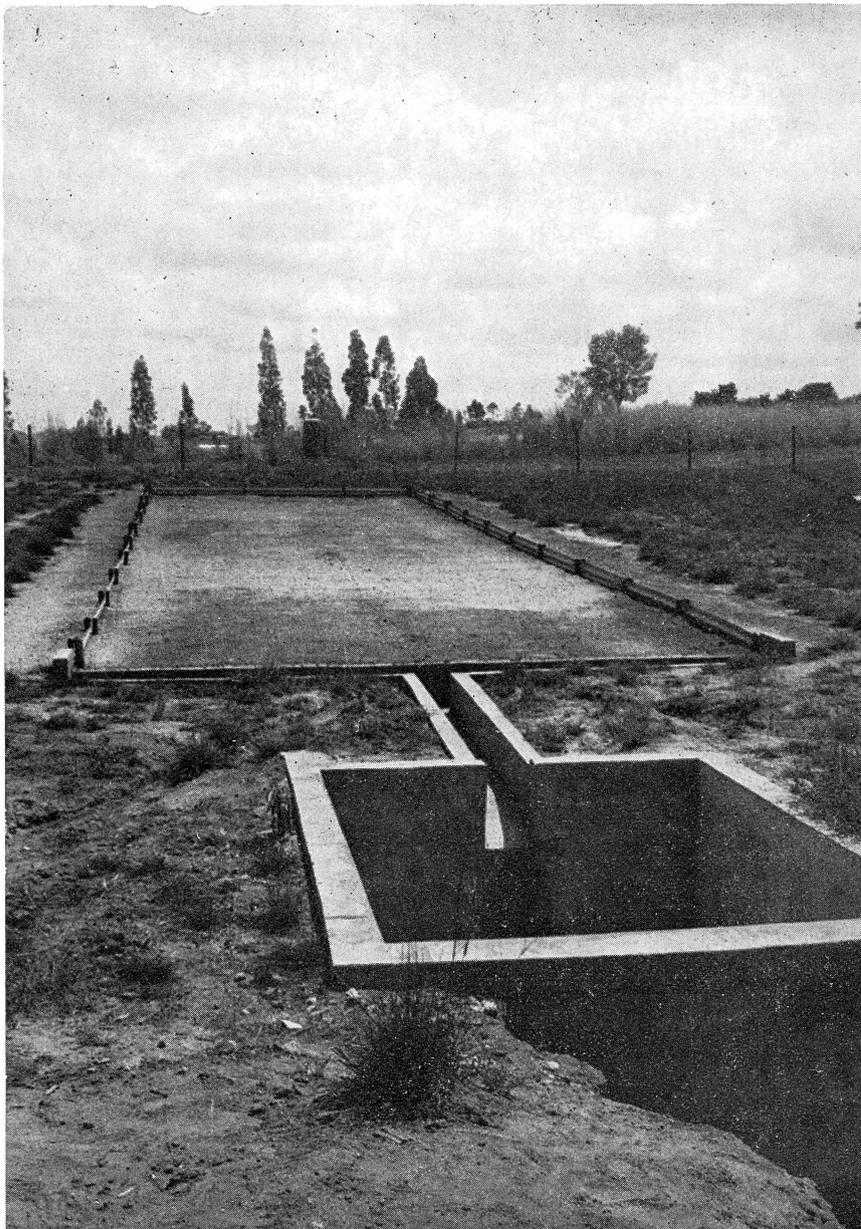
Cette brusque élévation pourrait trouver son explication dans une diminution de la stabilité structurale : la baisse du taux d'agrégats et leur moindre cohésion sous culture par rapport à la steppe à graminées, observée lors de la reconnaissance des sols de cette station n'a pu que s'accroître sous l'influence du travail du sol très peu érodible après défriche de la steppe à graminées pouvant devenir moyennement à fortement érodible après quelque temps.

STATION DE NANISANA.

Situation = Lat. : $18^{\circ}53'$. Long. : $47^{\circ}33'$.

Altitude = 1.250 m.

Sur cette station un protocole particulier a été mis en place portant sur l'entretien de la parcelle de WISCHMEIER. Les parcelles W1 et W2 ont fait



Zone Ouest. Parcelle Wischmeier de Befandriana-Nord.

Photo Hueber.

STATION DE NANOKEY.

Situation = Lat. : 19°31'. Long. : 47°02'.
Altitude = 2.020 m.

Sur cette station d'altitude (sols ferrallitiques sur basalte très intéressants pour l'agriculture) la valeur maximale a été obtenue la 3^e année ($K = 0,22$) et s'est ensuite stabilisée aux alentours de 0,20 ce qui correspond donc à un sol fortement érodible.

Zone Ouest.

STATION DE BEFANDRIANA-NORD.

Situation = Lat. : 15°16'. Long. : 48°35'.
Altitude = 315 m.

La station est installée sur des sols ferrugineux tropicaux dérivés de roches acides et les valeurs de K observées à partir de la troisième année (0,16) indiquent un sol moyennement érodible, contrairement à ce que l'on aurait pu penser lors du début de l'expérimentation.

STATION DE MIADANA.

Situation = Lat. : 15°59'. Long. : 46°38'.
Altitude = 40 m.

Sur ces sols ferrugineux tropicaux colluvionnés, l'expérimentation a porté sur trois années, le facteur K passe de 0,08, la deuxième année, à la valeur de 0,23, la troisième année, ce qui laisse présager un sol fortement érodible.

Zone Est.

STATION DE L'IVOLOINA.

Situation = Lat. : 18°03'. Long. : 49°19'.
Altitude = 20 m.

L'expérience sur sols ferrallitiques typiques, jaune sur rouge, a porté sur 6 années et a fait apparaître un indice K très peu élevé, aux alentours de 0,01 (maximum la quatrième année avec 0,02). Il s'agit donc là d'un sol très peu érodible.

En conclusion, il faut noter que nous manquons encore d'observations sur les zones Est, Ouest et Sud, les principaux renseignements portant à ce jour sur les stations des Hauts-Plateaux.

Les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :

l'objet d'un léger ratissage après chaque ruissellement alors que la parcelle W3 n'était pas ratissée.

— sur la parcelle W1 le coefficient K atteint la valeur 0,14 dès la troisième année, puis 0,20 la quatrième et la cinquième année pour redescendre ensuite à une valeur de 0,11 la sixième et la septième année ;

— sur la parcelle W₂ l'évolution est similaire ;

— sur la parcelle W₃ la valeur de K après avoir atteint 0,13 la quatrième année diminue très fortement par la suite pour atteindre des valeurs inférieures à 0,05.

La réponse de la parcelle W₃ montre bien que le glaçage en surface limite les pertes (intérêt du ratissage) et par ailleurs l'évolution des résultats sous W₁ et W₂ peut laisser présager qu'il y a, par tassement peut être, modification de la pente. Les valeurs moyennes à retenir pour ces sols se situent aux alentours de 0,13 à 0,20 ce qui correspond à un sol moyennement érodible.

Erosivité R (U. S.) Erodibilité	Faible $R < 400$	Moyenne $400 < R < 600$	Forte $600 < R < 900$	Très forte $R > 900$
Très faible $K < 0,05$		Manankazo* Ampamaherana (0,03)		Ivoloina (0,02)
Faible $0,05 < K < 0,1$				
Moyenne $0,1 < K < 0,2$	Nanisana (0,15)	Ambatomainty (0,19)		Befandriana Nord (0,16)
Forte $K > 0,2$	Nanokely (0,22)	Manankazo* (0,24)	Kianjasoa (0,41)	Miadana (0,23)

* La station de Manankazo figure deux fois dans ce tableau car nous avons deux valeurs très distinctes de K selon que l'on se place avant ou après destruction de la stabilité structurale.

K Erodibilité	Sol	Ferralitique jaune sur rouge	Ferralitique typique rouge	Ferralitique remanié	Ferralitique sur basalte	Ferrugineux tropicaux
Très faible $K < 0,05$	Ampamaherana Ivoloina					
Moyenne $0,10 < K < 0,20$		Nanisana	Ambatomainty			Befandriana-Nord
Forte $K > 0,20$		Kianjasoa	Manankazo		Nanokely	Miadana

Il faut remarquer que l'utilisation du normographe de WISCHMEIER à partir des caractéristiques physiques du sol donne les résultats suivants en Afrique (cités par ROOSE) :

— Sols ferralitiques :

issus de sables tertiaires : 0,05-0,10

issus de granites : 0,10-0,15

issus de schistes : 0,15-0,18

— Sols ferrugineux tropicaux : 0,20-0,30.

ROOSE lui-même a observé les valeurs suivantes de K sur ses parcelles en Afrique :

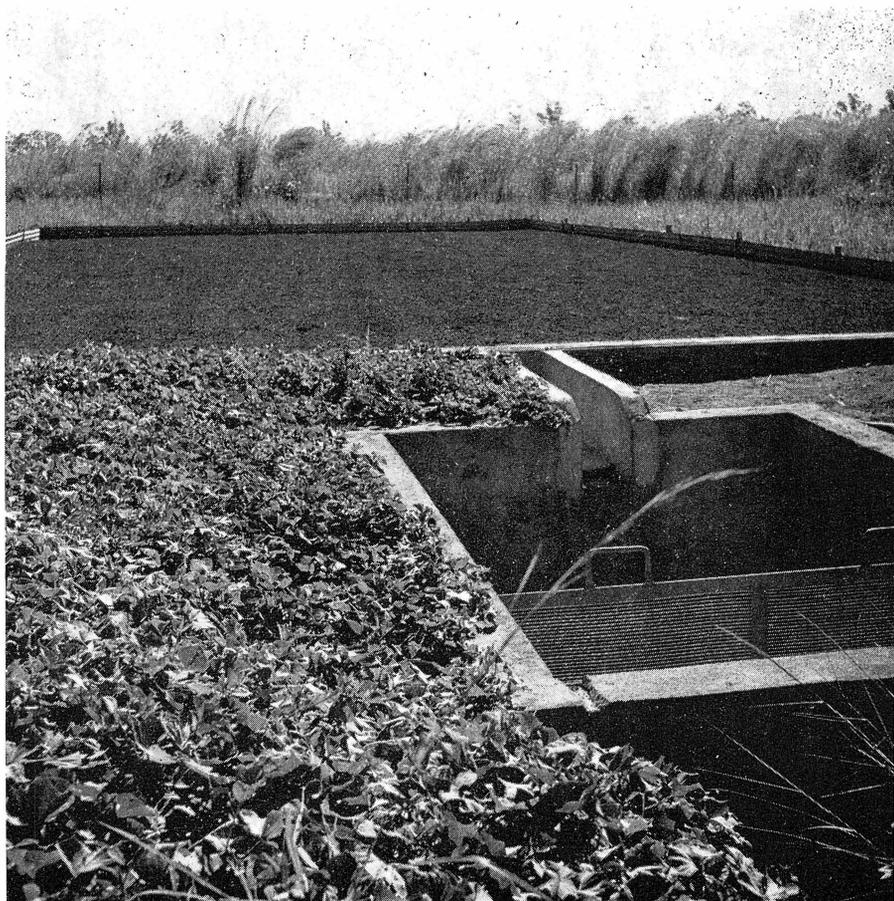
— Sols ferralitiques issus de sables tertiaires : $K \neq 0,10$.

— Sols ferralitiques rajournés sur granite : $K \neq 0,12$.

— Sols ferralitiques remaniés appauvris sur granite : $K \neq 0,02$.

— Sols ferrugineux tropicaux : $K \neq 0,20-0,25$.

Les chiffres que nous obtenons à Madagascar font apparaître sur les sols ferral-



Kianjasoa. Zone des Hauts Plateaux.
Parcelle Wischmeier

litiques des valeurs voisines de celles trouvées en Afrique, avec pour les sols issus de basalte dans la région de Ankaratra des valeurs un peu plus élevées ; pour les sols ferrugineux tropicaux des valeurs atteintes à Miadana correspondent aux résultats africains.

Il est encore trop tôt pour tirer des conclusions de ces premiers résultats, mais dans les années qui viennent il serait intéressant de voir quelles

peuvent être les relations entre les résultats obtenus par l'application des courbes théoriques de WISCHMEIER permettant d'évaluer d'une manière rapide la sensibilité à l'érosion des sols à partir de leurs caractéristiques physiques et les résultats obtenus en parcelle. De cette étude il sera alors possible de définir les modalités d'application de ces abaques aux sols de Madagascar.

CONCLUSION

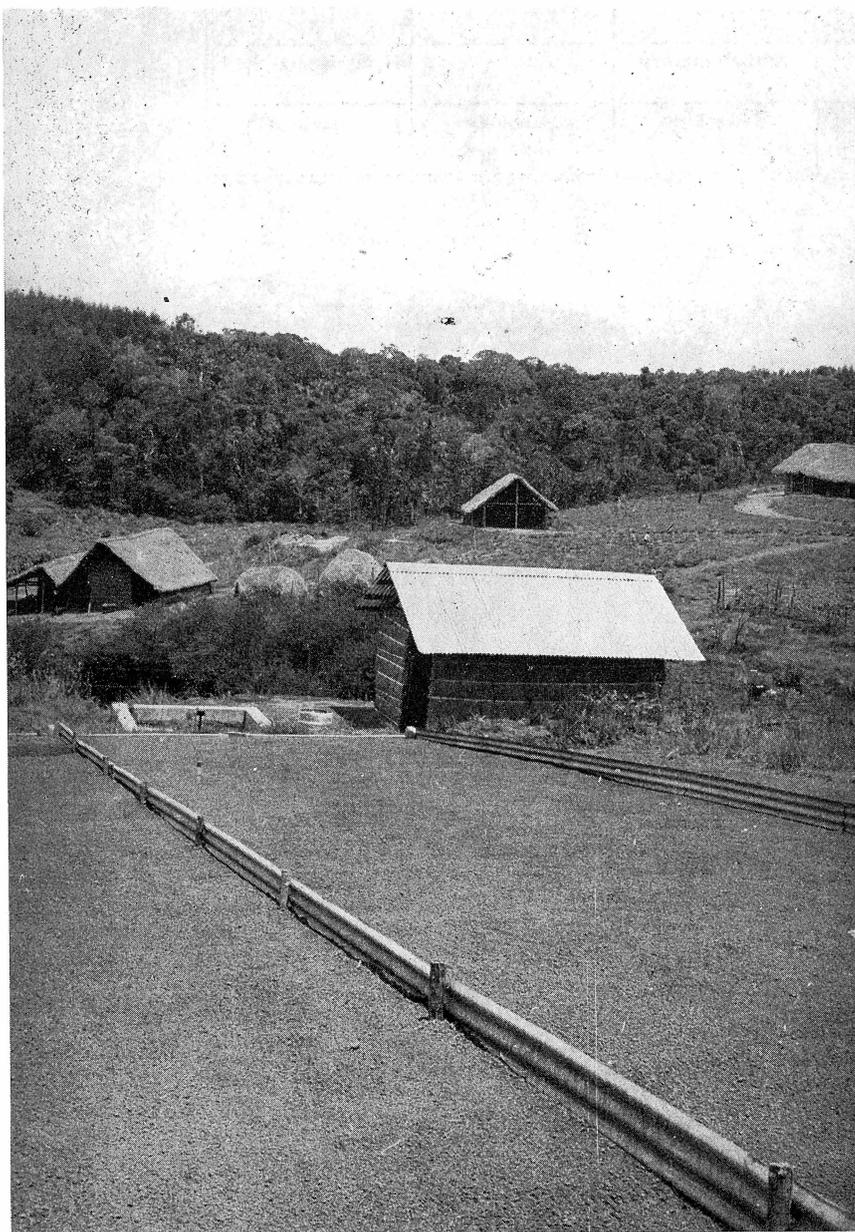
Les recherches entreprises sur l'application à Madagascar des résultats obtenus par WISCHMEIER aux U. S. A. ont démarré depuis de nombreuses années.

Le point des résultats obtenus depuis les premières expérimentations permet de dégager un certain nombre d'idées directrices.

Tout d'abord en ce qui concerne l'indice d'érosivité de la pluie, l'exploitation des enregistrements pluviographiques a permis de se faire une idée sur l'agressivité des pluies de la grande île par grande zone climatique, et de constater que ces valeurs peuvent être très élevées. Compte tenu du travail considérable que constitue le dépouillement des enregistrements, même avec l'utilisation de calculateurs électroniques, la voie de recherche qui s'impose dans les années à venir est la définition, pour les différentes zones climatiques, des corrélations entre l'énergie cinétique des pluies et la hauteur des pluies et entre l'indice moyen annuel et la pluviométrie annuelle. Grâce aux résultats obtenus on pourrait avoir un outil permettant de connaître très rapidement l'indice d'agressivité et de dresser une carte de cet indice.

L'indice d'érodibilité K a été étudié sur 9 stations pendant un nombre variable de campagnes surtout dans la zone des Hauts-Plateaux. Il apparaît déjà que l'érodibilité des sols ferrallitiques classiques est peu élevée, voire très faible sur la Côte Est (zone à agressivité climatique forte), alors que les sols ferrugineux tropicaux semblent plus sensibles.

Sur le plan méthodologique on peut remarquer que les valeurs de K moyennes semblent être atteintes à partir de la 3^e ou 4^e année d'observations. Il semble que dans les années suivantes la diminution de la valeur de K provient de l'accumulation en bas de pente de matériaux érodés qui diminue la pente réelle de la parcelle lui donnant une forme concave et joue ainsi sur l'érosion. Il en résulte donc qu'il est souhaitable de mener les observations sur une période minimale de cinq années, la poursuite des mesures sur une plus longue période n'amenant, semble-t-il, que peu d'éléments nouveaux. On peut remarquer également que les pentes des parcelles étudiées peuvent varier de 4% à 36% et la cohérence des premiers résultats montre bien que la correction du facteur topographique LS introduite selon la formule définie par WISCHMEIER est valable.



*Zone des Hauts Plateaux. Manankazo.
Parcelle Wischmeier*

Dès à présent l'intérêt de cette recherche, au vu des résultats, est bien confirmé. Il convient maintenant de poursuivre l'effort de diversification géographique afin de mieux couvrir les diverses zones climatiques de Madagascar.

Par ailleurs il sera intéressant d'étudier les relations qui peuvent exister entre les résultats obtenus sur les divers types de sol et leurs caractéristiques afin de voir dans quelle mesure pourraient être adaptées à Madagascar les formules théoriques d'évaluation des sensibilités des sols définies par les

auteurs Américains. Connaissant par ailleurs l'indice d'érosivité des diverses zones climatiques, il serait dès lors possible, dans tous les types de sol, de préciser rapidement les risques d'érosion. Par la suite, la recherche pourra avoir pour objectif de mieux définir, dans les conditions de Madagascar, les autres facteurs de l'équation de WISCHMEIER, c'est-à-dire l'influence de la longueur de la pente, de la couverture végétale et des traitements anti-érosifs, et préciser les phénomènes qualitatifs de l'érosion.

BIBLIOGRAPHIE

- BAILLY (C.), BENOIT DE COIGNAC (G.), MALVOS (G.), NINGRE (J. M.) et SARRAILH (J. M.). — Etude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à Madagascar. Expérimentations en bassins versants élémentaires. *Cahiers Scientifiques N° 4* : Centre Technique Forestier Tropical, 1974, 114 p., 15 réf. suppl. à *Bois et Forêts des Tropiques*.
- BAILLY (C.), DE VERGNETTE (J.) et BENOIT DE COIGNAC (G.). — Influence du couvert naturel et de sa modification sur le ruissellement et les pertes en terre. Résultats obtenus par l'expérimentation en parcelles élémentaires à Madagascar. *C. R. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux (Tananarive)*, 1967, p. 1332, 1342.
- B. C. E. O. M. — Etude d'une méthode de calcul des débouchés à donner aux petits ouvrages d'art à Madagascar. *Ministère de l'Équipement et des Communications Rép. Malagasy*, juillet 1967, 54 p. + annexes.
- BERTRAND (R.). — Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des eaux et du sol en pays Baoulé (Côte-d'Ivoire). *C. R. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux (Tananarive)*, 1967, p. 1281 à 1295.
- CHOW (Ph. D.). — Handbook of Applied Hydrology. *Mac Graw-Hill Book New York*, 1964, 1395 p.
- CORMARY (Y.) et MASSON (J.). — Etude de conservation des eaux et du sol au Centre de Recherches du Génie Rural de Tunisie. Application à un projet type de la formule de perte de sols de Wischmeier. *Cahiers O. R. S. T. O. M.*, série Pédologie, 1964, vol. II, fasc. 3, p. 3-26.
- CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. — L'équation universelle de perte de sols de Wischmeier. *Rapport multigr. C. T. F. T. Madagascar*, 15 p., 1 tabl., 6 réf., 1966.
- CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. — Cinquième campagne d'observations sur la station de mesure de l'érosion d'Allokoto. *Rapport multigr. C. T. F. T. Niger-Haute-Volta*, 34 p., 1970.
- CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. — Etude sur le facteur R de l'équation universelle de perte de sols de Wischmeier. *Rapport multigr. C. T. F. T. Niger-Haute-Volta*, 6 p., 8 gph., + annexes, 1970.
- CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. — Erosion, ruissellement et bilan de l'eau à Befandriana-Nord. *C. T. F. T. Madagascar*, multigr., 58 p. + annexes, 1971.
- DELWAULLE (J. C.). — Résultats de six ans d'observations sur l'érosion. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 150, p. 15 à 36, 1973.
- ERASMUS, MADAN LAL, RAGHUNATH et MATHUR. — Evaluation of erosion potential from rainfall data. *Indian Forester*, vol. 96, n° 11, p. 817-825, 1970.
- FOURNIER (F.), MOULINIER (H.) et MOUREAUX (Cl.). — Quelques aspects de la science du sol aux Etats-Unis. Rapport de mission 1950-1951, Ministère de la France d'Outre-Mer, Dir. de l'Agri. de l'Elev. et des Forêts. *Bull. Scient.*, n° 6, 1955.
- GOUJON (P.). — Conservation des sols en Afrique et à Madagascar : 1^{re} partie : les facteurs de l'érosion et l'équation universelle de Wischmeier. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 118, p. 3-17, 1968.
- GOUJON (P.), BAILLY (C.), DE VERGNETTE (J.), BENOIT DE COIGNAC (G.) et ROCHE (P.). — Influence des rotations et des pratiques culturales sur le ruissellement et les pertes en terre à Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 120, p. 27 à 38, 1968.
- GOUJON (P.), BAILLY (C.), DE VERGNETTE (J.), BENOIT DE COIGNAC (G.) et ROCHE (P.). — Influence du couvert végétal sur le ruissellement et les pertes en terre. Résultats obtenus à Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 119, p. 17 à 26, 1968.
- GALLABERT (J.) et MILLOGO (E.). — Indice d'érosion par la pluie en Haute-Volta. *Rapport multigr. C. T. F. T. Haute-Volta*, 57 p., 1972.
- HEUSCH (B.), KALMAN (R.), DUHAMEL (Pl.) et ROBERT (P.). — Erosion, transport solide, sédimentation. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, n° spécial Etudes sur l'érosion 1970, tome n° 12, 390 p., 1970.
- HUDSON (N.). — Soil conservation. *Cornell University Press*, 124 Roberts Place Ithaca, New York 14850, 1971.
- RAKOTOMANANA (J. L.), SARRAILH (J. M.) et M^{me} RAMPANANA (M. L.). — Parcelles de mesure du ruissellement et de l'érosion à Madagascar. *Division Sol du D. R. F. P. Rép. Dem. de Madagascar*, N° 385, 1975.
- ROOSE (E. J.). — Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique de basse Côte-d'Ivoire. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu inter-tropical. *Thèse : Fac. des Sciences de l'Université d'Abidjan Copyright O. R. S. T. O. M.*, 124 p. + nbx réfs. + annexes, 1973.
- SARRAILH (J. M.). — Parcelles élémentaires d'Ambatomainty et de Manankazo. Mise au point après la campagne 1974-75. *Projet D. G. R. S. T.-M. A. B. Rapport multigr. D. R. F. P. Rép. Dem. de Madagascar*, C. T. F. T., 24 p., 1975.

SOUCHIER (B.). — Parcelles de mesure du ruissellement et de l'érosion. Résultats de trois campagnes d'observations (1959-62). *Document multigr. C. T. F. T. Madagascar*, 1963.

DE VERGNETTE (J.), BAILLY (C.), BENOIT DE COGNAC (G.) et MALVOS (C.). — Expérimentation en parcelles élémentaires de mesure du ruissellement et de l'érosion. Note sur l'influence des couvertures naturelles dans la zone des Hauts-Plateaux. *Document multigr. C. T. F. T. Madagascar*, 1969.

WISCHMEIER (W. H.) et SMITH (D. D.). — Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans. Amlt. Geo. Un.*, vol. 39, n° 2, p. 285-291, 1958.

WISCHMEIER (W. H.), SMITH (D. D.) et UHLAND (R. E.). — Evaluation of factors in the soil loss equation. *Journal of Agricultural Engineering U. S. A.*, p. 458-462, August, 1958.

WISCHMEIER (W. H.). — A rainfall erosion index for a Universal Soil loss equation. *Soil Science Society of America Proceedings*, vol. 23, p. 246-249, 1959.



COMMUNIQUÉ

LE HUITIÈME CONGRÈS FORESTIER MONDIAL SE TIENDRA EN INDONÉSIE EN 1978

Rome, 17 décembre. Le 8^e Congrès forestier mondial se tiendra à Djakarta du 16 au 28 octobre 1978, annoncent aujourd'hui le gouvernement de l'Indonésie et la F. A. O. (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).

Le dernier Congrès forestier mondial s'était déroulé à Buenos-Aires en 1972 avec 2.000 participants : représentants de services et d'instituts forestiers, d'universités, de l'industrie et du commerce du bois ainsi que des associations professionnelles. On s'attend, pour le prochain congrès, à une participation similaire.

L'Indonésie joue, dans le monde, un rôle de premier plan dans le commerce des bois et des produits du bois tropicaux. Les grumes et produits du bois ont représenté pour l'Indonésie des recettes en devises de 680 millions de dollars en 1974, venant en deuxième place après le pétrole pour les exportations.

A l'occasion du congrès, des voyages d'étude seront organisés dans les principales exploitations et usines forestières de Java, Bali et Kalimantan. Ces tournées auront lieu tout de suite avant et tout de suite après le congrès.

Les organisateurs voudraient d'autre part connaître l'intérêt qu'a pu susciter la proposition qui a été faite de tenir un festival du film et une exposition de matériel forestier pendant le congrès. Les personnes et organisations qui voudraient participer à ces manifestations devront écrire à :

M. le Secrétaire général
Huitième Congrès forestier mondial
c/o Directorate-General of Forestry
Jalan Salemba Raya 16
Jakarta, Indonesia

Une copie de la lettre devra être adressée à :

M. le Secrétaire général adjoint
Huitième Congrès forestier mondial
c/o Département des forêts
Organisation des Nations Unies pour
l'alimentation et l'agriculture (F. A. O.)
00153 Rome, Italie