

**QUELQUES ASPECTS  
DE LA CONSERVATION DU SOL ET DE L'EAU  
AUX U. S. A.**

**RAPPORT DE MISSION AUX U. S. A.  
2 Juin au 4 Septembre 1952**

---

**R. FAUCK**  
CHARGÉ de RECHERCHES  
DE L'O. R. S. T. O. M.

**PUBLIÉ PAR LES SOINS DU BUREAU DES SOLS DE L'A. O. F.  
- MARS 1955 -**

# QUELQUES ASPECTS DE LA CONSERVATION DU SOL ET DE L'EAU AUX U.S.A.

---

## PLAN DE RAPPORT

### INTRODUCTION.

Organisation de la mission et problèmes étudiés.

### LA RECHERCHE.

— Evaluations des causes et des effets de l'érosion.

Méthodes et résultats.

— L'expérimentation du Centre de Recherches Forestières de Coweeta.

### PROBLEMES DE MISE EN VALEUR.

La notion d'aménagement rationnelle des bassins versants : Exemples :

La lutte contre les inondations (Georgie).

L'aménagement de la zone du barrage de Triadephia-Lake.

L'érosion dans la montagne (Utah).

### CONCLUSIONS.

Divers aspects complémentaires de la conservation des sols et de l'eau.

Les applications possibles aux régions tropicales.

**FAUCK ROGER**

Chargé de recherches  
de l'O.R.S.T.O.M.

# RAPPORT DE MISSION AUX U.S.A.

par FAUCK Roger

Chargé de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

## INTRODUCTION

La mission « Soil and Water Conservation » qui a séjourné aux Etats-Unis du 2 juin au 4 septembre 1952, était composée de :

- 4 Autrichiens,
- 7 Allemands,
- 5 Italiens,
- 1 Grec,
- 4 Néerlandais,
- 6 Français. Ces derniers étaient :

M. SACCARDY, Directeur du Service de la Défense et de la Restauration des sols en Algérie, Chef de la Mission;

M. PUTOD, son Adjoint;

M. CATHELINAUD, Chef du Service du Génie rural en Tunisie;

M. POUILLOT, Ingénieur en chef des Services de l'Agriculture Outre-Mer;

M. LACOURY, Forestier de Tunisie;

M. FAUCK, Pédologue Chargé de recherches de la Recherche Scientifique Outre-Mer, Directeur de la Station Agronomique de la C.G.O.T. à Séfa (Casamance).

Les objectifs de la mission, tels qu'ils étaient définis par les Services américains étaient :

- 1° Etude des projets concernant la conservation des sols et des programmes en résultant pour les fermes et les bassins versants.
- 2° Programmes d'éducation menés en coopération par le Soil Conservation Service, l'extension Service et tous les autres institutions et organismes en rapport avec la conservation du sol et de l'eau.
- 3° Méthodes employées pour accélérer la participation générale de la population aux mesures de conservation des sols, avec en particulier l'organisation et le fonctionnement des Districts de Conservation, les financements des programmes de Conservation Agricole.
- 4° Etude des programmes visant à la diffusion des nouvelles méthodes de conservation aux familles de fermiers; étude des problèmes juridiques, financiers, économiques que posent les programmes de conservation du sol et de l'eau.

Dans les grandes lignes la réalisation pratique de ce programme, très vaste, s'est effectuée ainsi :

1) Séjour à Washington.

Prises de contacts, étude de l'agriculture américaine dans son ensemble. Visite de la Station de Bethsville.

## 2) Séjour à Athens (Georgie).

Ce séjour de six semaines, nous a permis grâce à des conférences tous les matins et à des tournées sur le terrain le soir, d'étudier dans son ensemble et aussi dans ses détails tous les problèmes de la conservation des sols et de l'eau, problèmes tant administratifs, juridiques, financiers, économiques, que agronomiques ou scientifiques.

Les principales questions étudiées furent :

La recherche et l'expérimentation ;

Les organismes fédéraux d'état, de districts, de compte et leur fonctionnement ;

Les programmes éducatifs, dans tous leurs aspects (écoles, clubs, groupements d'anciens combattants, fermiers) ;

Les méthodes de prospection et de cartographie des sols et les systèmes de classification agricole des terres ;

Les problèmes concernant les pâturages (graminées, légumineuses, établissement et amélioration des herbages) ;

Les méthodes agronomiques (assolement, mulching) ;

Les méthodes d'aménagements des sols (construction des terrasses et des banquettes, des réservoirs et des points d'eau, ainsi que l'irrigation et le drainage) ;

Les problèmes de mécanisation et d'équipement agricoles ;

L'aménagement du bassin versant.

De plus nous avons eu l'occasion, pendant une semaine, de pouvoir nous rendre à Dawson dans le Sud de la Georgie, et d'y étudier la vie du fermier américain et les problèmes que pose la culture mécanisée de l'Arachide.

Après la remise d'un diplôme de l'Université de Georgie, nous avons quitté ce dernier pays pour une tournée dans les Etats suivants : Kansas, Utah, Iowa, Pensylvanie.

**Au Kansas.** — Nous nous sommes intéressés à :

— Recherches et expérimentation sur l'érosion éolienne à l'Université de Manhattan.

— La géologie, les types de sols et l'agriculture du pays, cela complété par des visites de ferme.

— Etudes des 3 stations expérimentales très intéressantes de : Fort Hays, Colley, Garden City.

**En Utah.** — Notre programme s'est résumé :

— Etude de la récupération des terres salées.

— Lutte contre l'érosion dans les montagnes rocheuses et mesures d'érosion qui y sont faites.

— Visite de la station expérimentale de Logan axée en particulier sur les problèmes d'irrigation.

— Etude du dry-farming et de la région des rangs lands (améliorations pastorales).

**L'Iowa.** — Nous a permis de nous consacrer aux :

— Problèmes de drainage.

— Et de visiter la pépinière du Soil Conservation Service à Mukeny ainsi que de nombreuses fermes.

**En Pensylvanie.** — Nous avons pris part à la conférence Internationale sur les herbages et nous nous sommes intéressé spécialement aux sections :

- Améliorations des pâturages tropicaux.
- Conservation du sol et de l'eau.

De retour à Washington, nous avons pu multiplier nos contacts avec les différents services du Ministère de l'Agriculture, et revisiter la station de Bethsville.

Nous devons remercier tous les services Américains qui nous ont reçu de façon impeccable et très cordiale et nousont aidé à retirer le maximum d'enseignements de cette mission. En particulier, l'Université de Georgie dont nous avons été les hôtes pendant six semaines, nous a permis de mieux comprendre les problèmes de l'agriculture américaine en nous intégrant réellement dans la vie de ce pays.

Nous ne comptons pas dans ce rapport de mission, rassembler tout ce que nous avons vu ou appris aux Etats-Unis, mais par l'étude de quelques questions particulières, faire le point des principaux enseignements valables en particulier pour les régions tropicales.

Pour cela, nous nous bornerons à développer deux aspects de la question :

1° *La recherche*, ses méthodes et ses résultats, en la complétant par l'étude du centre de recherches forestières de Coweeta (Caroline Nord).

2° *La mise en valeur des bassins versants*, son organisation générale et ses principes de réalisation, avec plusieurs exemples :

- lutte contre les inondations (Georgie) ;
  - l'aménagement de la région du lac Triadelphia ;
  - les aménagements dans la montagne (Utah).
-

## I. - LA RECHERCHE

### L'EVALUATION DES EFFETS DE L'EROSION

Tout est chiffré systématiquement aux U.S.A., même les effets de l'érosion et il faut bien reconnaître que les chiffres obtenus ont l'avantage d'être très parlants et d'attirer l'attention sur plusieurs points très importants.

#### A) LES METHODES GENERALEMENT EMPLOYEES

a) L'évaluation la plus usuelle consiste à dresser des *cartes* des zones érodées en se basant sur les classes suivantes :

Par l'eau:	Par le vent :
Classe 1: jusqu'à 25 % de l'horizon A. enlevé.	Classe 1: une partie de l'horizon A entraînée et mélange de B et de A par le labour.
» 2: de 25 à 75 % de A.	» 2: tout l'horizon A et une partie de B entraînées.
» 3: de 75 % de A à 25 % de B.	» 3: sol inutilisable.
» 4: très raviné.	

Des tableaux récapitulatifs donnant le pourcentage de surface dans les différentes classes et la longueur des ravins sont alors dressés (voir exemples plus loin).

b) Les *débites solides* des rivières permettent de faire l'intégrale des dégâts dans une région, en mesurant les quantités totales de limon, de calcaire, de MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et azote enlevées aux terres.

c) L'étude de l'évolution des *rendements* de cultures, complète les deux méthodes précédentes, et permet de faire une étude économique, de dresser des plans généraux et de chiffrer la rentabilité de leur réalisation.

d) *L'expérimentation* enfin permet l'étude systématique et chiffrée des facteurs de l'érosion qu'elle permet de faire varier indépendamment.

*Pour les ruissellement.* — Sur des parcelles mises en culture, où l'on connaît les quantités de pluie reçues et leurs intensités, on recueille toutes les eaux qui ruissellent et on étudie leur volume et leur débit solide.

Comme il faudrait recueillir des quantités énormes (20 m<sup>3</sup> pour une pluie de 100 mm ruisselant entièrement sur une parcelle de 200 m<sup>2</sup>) on s'arrange pour ne recueillir qu'une fraction connue de l'eau.

Pour cela on utilise des cuves reliées entre elles par des partiteurs, ce qui permet d'effectuer un fractionnement de l'eau *continu* et non discontinu.

La mise au point de ces systèmes, assez délicate, ne sera pas étudiée ici. On pourra se procurer des documents auprès du service pédologique de l'O.R.S.T.O.M.

De nombreuses stations américaines sont équipées et il existe un certain nombre de variantes. Cependant le principe général reste le même.

A Watkinsville (Georgie), deux cuves métalliques sont en série, (système de la Southern Piedmont Conservation Experiment Station).

A Tifton (Georgia Coastal Plain Experiment Station).

A Bethsville (Washington), le partiteur est une ouverture mobile autour d'un axe et placée avant les cuves.

A Logan (Utah) il n'y a qu'une seule cuve. Dans d'autres stations il y a parfois trois cuves en série.

*L'érosion éolienne* également a été étudiée expérimentalement.

Au Kansas State, Collège de Manhattan, nous avons pu voir un grand tunnel de 10 à 12 mètres de long, équipée d'une soufflerie très puissante et où on faisait varier la vitesse du vent, les types de sols et de sable, les types de plantes (graminées et légumineuses).

Ces différentes méthodes ont permis de se rendre compte d'une part de l'importance de l'érosion en précisant ses conséquences économiques ; d'autre part de l'importance relative des différents facteurs qui affectent ce phénomène.

## B) RESULTATS

Nous donnons en annexe quelques tableaux de résultats.

Annexe 1 = quantité d'éléments emportés en solution par les fleuves Mississipi et Ohio, en tonnes par année.

Dans le chapitre (voir plus loin) « mise en valeur des bassins versants » nous donnons un certain nombre d'évaluations de surfaces érodées classées selon leur degré d'érosion.

Nous donnons également des tableaux de résultats obtenus à Watkinsville. Dans cette station on a pu étudier expérimentalement les différentes cultures (arachide, coton, maïs, lespedeza), et définir, selon le pourcentage de pente, l'assolement qui convient au type de sol. Les pentes utilisées étaient 3 % (classe II), 7 % (classe II) et 11 % (classe III).

Ces études montrent en particulier que les cultures continues de coton sur pente sont un désastre, mais que par contre les rendements croissent en fonction du nombre de légumineuses dans la rotation.

Ainsi une rotation de 3 ans :

- 1° Coton.
- 2° Avoine — lespedeza en dérobé.
- 3° Lespedeza.

est bien adoptée sur les classes II et III (jusqu'à 8 %) dans la région des Southern Piedmont.

Sur la classe IV (de 8 à 11 %) on ne peut faire pousser qu'un maïs tous les 3 ou 4 ans, les autres soles étant en Kudzu. Cependant sur certains types de sols il est possible sur cette classe IV d'établir la rotation : coton, maïs, avoine et lespedeza à condition que les banquettes ou terrasses soient en lespedeza-pérenne.

Dans l'Utah l'expérimentation se fait sur quatre parcelles P. 1, P. 2, P. 3 et P. 4 placées sur une pente de 20 à 22 %.

P. 1 et P. 2 terre végétale naturelle.

P. 3 arbres tous enlevés, végétation herbacée laissée.

P. 4 toute végétation enlevée et brûlée.

Dans P. 1 et P. 2 ruissellement 1 %.  
terre entraînée 0 %.

Dans P. 3 ruissellement 2 %.  
terre entraînée 0 %.

Dans P. 4 ruissellement 10 % à 15 %.  
terre entraînée: quantités dépendent de la pluie.

Ainsi nous avons noté :

I = Intensité maximum de cette pluie durant cinq minutes, mais exprimée en mm. de pluie par heure.

P = Pluviométrie.

E = Terre entraînée en m<sup>3</sup> sur une parcelle de 1/25 d'hectare.

le 10/8/47 { P = 17 mm.  
I = 69 mm à l'heure (durant 5 minutes)  
E = 0,27 m<sup>3</sup> (soit 6,7 m<sup>3</sup>/hectare).

le 8/12/47 { Pluie — 28,5 mm.  
I = 66 m./h./5 minutes.  
E = 0,78 m<sup>3</sup> (soit 19,5 m<sup>3</sup>/hectare).

Un peu partout aux U.S.A. de telles mesures ont été réalisées. On peut, sans se perdre dans la masse des données analytiques, tirer un certain nombre d'idées valables quelles que soient les conditions écologiques.

Il faut d'abord remarquer qu'une érosion normale par ruissellement se produit toujours et *naturellement* sur pentes, mais en générale on considère qu'elle ne doit pas dépasser 12,5 tonnes/hectare et par an.

A l'enlèvement de sol lui-même il faut associer les pertes de fertilité dues à l'entraînement des éléments N. P. K. Ca Mg. Ainsi en Missouri, sur une pente de 2 % et dans les cultures sarclées, les pertes annuelles d'azote furent évaluées à 3,8 % du total de l'azote pour une longueur de pente de 60 mètres, et à 10,9 % pour une longueur de 360 mètres. Les pertes de matière organique, sont elles, pratiquement une fonction linéaire de l'érosion, et seraient, en moyenne, de 0,002 % par tonne de sol enlevée.

La comparaison des quantités de matière organique enlevées au sol avec celles-données par les analyses de parcelles, montre que l'érosion (Missouri) enlèverait 18 fois plus vite la matière organique, qui ne ferait l'oxydation dans une parcelle en jachère nue. Aucune restauration de matière organique n'a jamais pu compenser ces pertes, vu leur intensité.

Enfin en plus de l'existence d'une érosion dite de fertilité (enlèvement de sels solubles), l'érosion par ruissellement agit par entraînement sélectif des particules.

Dans la région de New-York, 11 ans d'études sur quatre types de sols montrent que le sol perdait selon les conditions de 0 à 345 tonnes/hectare de terre, mais que 29 % de l'horizon superficiel restant passait au tamis de 2 mm., tandis que 95 % du sol entraîné y passait.

Cela explique l'action de l'érosion sur l'infiltration, car dans une érosion légère l'action est en effet sélective. Par contre dans une érosion forte l'entraînement se fait par couches successives. Cela confirme le danger de l'érosion en nappe, peu visible parfois sur le terrain, très insidieuse mais déjà très grave.

Pour l'érosion éolienne des résultats intéressants peuvent également être notés.

Les facteurs qui jouent dans ce type d'érosion sont :

- l'état de siccité du sol ;
- l'état de la surface (lissage) ;
- l'état de la structure (friabilité) ;
- le couvert végétal.

Le transport de terre se fait surtout sous forme de nuage de poussière, près du sol, et ce sont les particules de 1/10 mm de diamètre qui s'enlèveraient le plus facilement, les particules de diamètres supérieurs à 1 mm n'étant pas touchées. Il faudrait donc trouver un moyen de créer une microstructure avec des grains de terre dépassant 1 mm de diamètre.



L'intérêt de créer une structure motteuse, réduisant l'évaporation, a été également vérifié expérimentalement.

Les mesures générales à prendre pour limiter l'érosion éolienne sont :

- Diminution de la dimension des champs.
- Emploi du mulching qui par les résidus qu'il laisse à la surface du sol brise l'action du vent, les sauts successifs (saltation) des grains de sable étant l'action primaire de l'érosion éolienne.
- La limitation de l'évaporation (mulching et mottes).
  - Le binage.
  - Les cultures suivant les courbes sur les pentes.
  - La création de brise-vents.

L'étude de la dimension (hauteur, largeur), et de la localisation de ces brise-vents a été menée de pair avec les recherches botaniques.

De nombreuses autres études furent effectuées, et on s'est aperçu que l'érosion éolienne ne commençait ordinairement que deux ou quatre ans après la mise en culture, ce qui prouve l'importance de la *structure des sols* et de sa dégradation progressive.

Pour conclure cette étude de l'expérimentation sur l'érosion aux U.S.A. nous dirons un mot d'une communication faite à la conférence internationale des pâturages (Pennsylvanie) par M. Y. MIHARA de l'Institut National des Sciences Agricoles de Tokyo (Japon).

« Sur l'effet des gouttes de pluie et de l'enherbement sur l'érosion du sol ».

70.000 gouttes de 25 pluies tombant en 2 ans ont été étudiées (taille, énergie cinétique).

La taille a varié de 0,5 à 6 mm de diamètre, le nombre de gouttes diminuant quand la taille augmentait. Quand l'intensité de la pluie croissait, le nombre de grandes gouttes devenait dominant.

La vitesse maximum de chute a été de 8 mm/seconde, et l'énergie cinétique d'une goutte de 4 mm de diamètre étant de  $10^4$  ergs, une goutte de 6 mm peut soulever un corps de 46 gr à 1 cm.

L'énergie cinétique d'une pluie de 22 mm en 80 minutes tombant sur un  $\text{cm}^2$  est de  $1,2 \times 10^6$  ergs (représente l'énergie suffisante pour soulever à 1 cm de hauteur 1.250 grs).

L'énergie de la pluie serait :

$$E = K \times I^{1,2} \quad I = \text{intensité de la pluie.}$$

Les actions des gouttes sont :

- une compression (la majeure partie de l'énergie au début);
- un effet de dispersion du sol: diminution de l'infiltration malgré l'insaturation des couches inférieures;
- un rebond des gouttes qui retombent jusqu'à parfois 1,50 m du point initial de chute, cela en emportant du limon.

La pente et le type de sol et sa couverture sont les facteurs les plus importants.

Sur une parcelle en pente de 5 %, de 10 mètres de long, la quantité de terre qui est emportée par l'érosion est maximum quand l'intensité atteint 1 mm en 10 minutes.

Quand il y a de l'herbe l'érosion ne se déclanche pas même si cette intensité est de 4 mm/10 minutes. C'est d'ailleurs le tapis herbacé, et non la protection donnée par le feuillage qui joue le rôle important.

En effet, ce dernier transforme des petits gouttes en de grosses qui tombant de 4 m de haut sont déjà à 90 % de l'énergie qu'elles auraient si elles tombaient des nuages.

L'action de la chute d'eau provoque également une « érosion de fertilité ». Ainsi la seule chute des gouttes sans l'action du mouvement de ruissellement uniquement par un phénomène de turbulence, amené la formation d'une eau boueuse contenant 20 % de sol.

Ces chiffres très intéressants montrent encore l'importance du phénomène de l'érosion par ruissellement.

ANNEXE I

Quantités d'éléments emportées en solution par les rivières Mississippi et Ohio, en tonnes par année.

ELÉMENT	OHIO (tonne)	MISSISSIPPI (tonne)
Phosphore .....	17.199	62.188
Sodium .....	119.446	630.720
Potassium .....	396.521	1.626.312
Calcium .....	6.752.222	22.446.379
Magnésium .....	1.620.319	5.179.788
Sulfate .....	2.229.544	6.732.936

Le courant du Mississippi entraîne en suspension 210 millions de m<sup>3</sup> de sol/an.

Pertes par hectare cultivé, en 1939, dans l'Orégon :

Limon .....	13	tonnes/hectare
CaO .....	43,3	kilogs/hectare
MgO .....	48,9	» »
K <sup>2</sup> O .....	106	» »
P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> .....	6,5	» »
Azote .....	13,9	» »

ce qui donne en moyenne pour le bassin versant total :

CaO .....	83,5	livres/hectare
MgO .....	1,8	» »
K <sup>2</sup> O .....	3,5	» »

Les terres de la tennessee ont perdu en 1939 :

Limon .....	1,9	tonnes/hectare
CaO .....	21,8	kilogs/hectare
MgO .....	26,9	» »
K <sup>2</sup> O .....	27,8	» »
P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> .....	2,54	» »
N <sup>2</sup> .....	3,32	» »

ce qui fait pour la moyenne du bassin versant :

Limon .....	0,6	tonnes/hectare
CaO .....	6,8	kilogs/hectare
MgO .....	8,4	» »
K <sup>2</sup> O .....	8,7	» »
P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> .....	0,8	» »
N <sup>2</sup> .....	1,06	» »

ANNEXE II

**EVALUATIONS DES EFFETS DU RUISSELLEMENT:  
STATION DE WATKINSVILLE**

A) Moyenne annuelle de la pluviométrie, du ruissellement et l'érosion par saisons sous une culture continue de coton pendant 9 ans (1940-1948), cela sur un sol de classe III (7 % de pente).

SAISON	PRECIPITATIONS		RUISSELLEMENT		EROSION	
	TOTAL en m/m	POURCENTAGE de l'année	TOTAL en m/m	POURCENTAGE de l'année	TOTAL en tonnes	POURCENTAGE de l'année
Hiver .....	334	29	81	27	4,09	17
Printemps .....	355	27	67	23	6,44	26
Eté .....	335	26	89	30	12,47	51
Automne .....	242	18	59	20	1,51	8
Annuel .....	1316	100	296	100	24,51	100

B) Tonnage de sols perdu par érosion dans la production d'une balle de coton en culture continue, sur les classes II, III et IV de sols, moyennes de 5 années (1944-1948).

CLASSES D'UTILISATION DE SOL ET PENTE	PERTE DE SOL (en tonnes)
Classe II 3 % de pente .....	5
Classe III 7 % » .....	29
Classe IV 11 % » .....	68

C) Ruissellement annuel et érosion sous une culture continue de coton, sous une rotation de 2 ans de coton-vesces et de maïs-crotalaire.

Moyenne de 6 ans (1943-1948).

*Classe II*

METHODE CULTURALE	Ruissellement en mm	Erosion en tonnes par hectare
Culture continue de coton .....	223	141
Coton-vesces .....	153	6,4
Maïs-crotalaire .....	122	7
Moyenne de la rotation .....	137	6,7

**ANNEXE III**

**D) Ruissellement et érosion sur un sol de classe III: Moyenne de 6 ans.**

METHODE CULTURALE	Ruissellement en mm	Erosion en tonnes par hectare
Culture continue de coton .....	322	67,3
Rotation de 3 ans :		
1) Coton .....	160	16
2) Avoine-Kobe lespedeza .....	192	7,8
3) Volunteer Kobe lespedeza .....	76,5	0,6
Moyenne de la rotation .....	142,75	8,1

**E) Classe III de sol : pente 7 %. Rotation de 3 ans.**

CULTURE DE LA ROTATION	PERIODE EN MOIS	NOMBRE DE MOIS	PLUVIOMETRIE EN M/M	RUISSELLEMENT EN M/M		PERTES DE SOL EN TONNES/HA	
				Coton continu	Culture rotation	Coton continu	Culture rotation
Avoine .....	octobre-mai	8	901	190	130	29,5	7,7
Semis de lespedeza	juin-mars	10	1.111	268	124	55,4	3,2
Repousses de lespedeza .....		11	1.094	247	51	55,4	0,3
Coton .....	mars-juin	7	811	166	108	51,6	14,9

**F) Classe de terre: IV pente 11 %. Moyenne de 6 ans (1943-1948).**

CULTURE	LONGUEUR DE LA PENTE	RUISSELLEMENT EN M/M	EROSION EN TONNES/HECTARE
Coton continu .....	10 m	334	55
Lepedeza séricée .....	10 m	81	0,8
Kudzu .....	20 m	67	0,4

**ANNEXE IV**

**EFFETS DE L'EROSION EOLIENNE (Kansas et Texas)**

ELEMENT	PRAIRIE non labourée Texas	SABLE dunaire Texas	POUSSIERE	
			Hays, Kansas	Iowa
	%	%	%	%
CaO .....	0,34	3,31	3,15	1,98
K <sup>2</sup> O .....	2,05	1,77	2,46	2,58
P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> .....	0,04	trace	0,24	0,19
N <sup>2</sup> .....	0,06	0,02	0,20	0,10
Matière organique	1,06	0,33	3,34	3,35

Perte/hectare due à l'érosion.

Matière organique .....	1,42 kgs
N <sup>2</sup> .....	83,75 »
P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> .....	192 »
K <sup>2</sup> O .....	718 »
CaO .....	176 »

Les particules de diamètre inférieurs à 50 microns étaient × 3,5 rapport au sol original — ( 58 % au lieu de 16).

## ADDITIF

### L'EXPERIMENTATION AU CENTRE DE RECHERCHES FORESTIERES DE COWEETA (Caroline du Nord)

Nous l'étudions ici quoi que ses recherches soient assez spéciales, car il réalise ses études à l'échelle du *bassin versant*, unité de terrain dont nous étudions plus loin le modèle de mise en valeur.

Le centre de Coweeta est situé dans la partie ouest de l'Etat de la Caroline du Nord et les conditions générales du pays sont les suivantes :

- Formations géologiques de granite archéen.
- Sols profonds et perméables.
- Forêt secondaire pour 60 %, mais pourtant très ancienne et en bon état, les espèces principales étant des châtaigniers, chênes hickory, peupliers jaunes, chênes rouges, Tsugas et différents autres bois durs.
- La pluviométrie varie de 1.092 à 3.683 mm, la température moyenne annuelle étant de 13°.

Les études hydrologiques qui y sont entreprises ont pour but l'aménagement rationnel des bassins versants dans les montagnes où la pluviométrie est très élevée et en particulier :

- 1° Etablir les relations fondamentales entre l'eau et la forêt.
- 2° Déterminer les coefficients de ruissellement, d'infiltration et de stockage de l'eau dans le sol, cela pour différents emplois du sol (pâturages, sylviculture, cultures de montagne).
- 3° Préciser les principes d'aménagement sylvicole qui permettent le maximum d'approvisionnement en eau de la meilleure qualité.
- 4° Etudier les méthodes pratiques de stabilisation du sol, des routes, des voies d'eau.

La zone expérimentale représente une superficie de 2.200 hectares, soit un bassin versant dans son entier, délimité avec précision.

On y a établi huit stations climatiques principales complétées par 80 petites stations météorologiques, de façon qu'il y ait moins de 5 % de différence de pluviométrie entre deux stations voisines.

On a creusé 27 puits afin d'étudier l'évolution de la nappe phréatique avec enregistrement automatique. Enfin on a délimité avec soin 40 petits bassins versants élémentaires, dont 13 sont déjà en expérimentation et où des déversoirs permettent d'y mesurer les débits d'écoulement des eaux superficielles.

Il y a presque quinze ans que le travail est entrepris et les forestiers ont remarqué en particulier que sur 127 orages dans l'année, 54 fournissent 90 % du total des précipitations, les pluies d'été de courte durée mais d'intensité élevée causant beaucoup plus de dégâts que les pluies d'hiver de longue durée mais de faible intensité. Quant aux courbes de précipitation elles suivent en gros l'allure du sol.

Nous avons visité plusieurs petits bassins en expérimentation et en particulier :

A) Un bassin versant élémentaire de 30 hectares, la pente moyenne étant 67 %, où toute la végétation (arborée et arbustive) était systématiquement coupée chaque année, puis laissée sur le sol; la première année l'accroissement du débit des *eaux souterraines* avait été de + 65 %, l'eau étant restée sans turbidité.

Cette augmentation représente l'équivalent de l'eau nécessaire pour approvisionner une ville de 8.000 habitants pendant un an. Par la suite, l'*excédent* d'écoulement n'a plus été que de 30 % au bout de 4 ans pour descendre plus lentement ensuite.

Jamais il ne s'est produit d'écoulement superficiel malgré la coupe des rejets chaque année. Cependant le taux de matière organique du sol qui a augmenté régulièrement jusqu'à la cinquième année, après un palier, s'est abaissé lentement pour revenir au point de départ au bout de 11 ans.

A courte échéance il y a eu perte *relative* d'eau (excédent diminuant de + 65 à + 30 %) mais à longue échéance il y aura perte de sol lorsque l'abaissement du taux de matière organique sera suffisant pour permettre le départ du ruissellement superficiel et de l'érosion.

B) Un autre bassin expérimental, où toute la végétation a été coupée, mais où par la suite on a laissé se développer les repousses.

L'*augmentation* d'écoulement de l'eau également de + 65 % la première année, n'était plus que de + 25 % la neuvième année quand les arbres avaient 10 m de haut, et 20 % la douzième année, pour tendre à s'annuler vers la trente cinquième ou la quarantième année.

C) Un autre bassin a été consacré à l'étude systématique de l'évolution dans le temps de la nappe phréatique et de sa frange capillaire.

Elle a permis de déterminer l'importance des variations diurnes de la nappe le long des cours d'eau.

En coupant toute la végétation se trouvant le long des voies d'écoulement des eaux sur une largeur de 15 à 65 mètres, on a pu éliminer toutes les variations diurnes et obtenir un gain d'eau appréciable.

Ainsi en coupant 12 % de la végétation on a augmenté les disponibilités en eau de presque 20 % par jour avec une moyenne annuelle de + 10 %.

D) Une quatrième expérience, où *seul* le sous-bois a été éliminé, a permis d'enregistrer une augmentation du débit de l'eau équivalente à une hauteur d'eau de 5 cms par an sur toute la surface.

E) Un autre versant a été consacré à l'étude de l'agriculture sur pentes fortes et à ses conséquences. Selon la méthode appliquée dans la région, 1/3 de la surface a été mise en maïs, et 2/3 en pâturages non améliorés.

Les rendements en maïs étaient de :

1.500 kgs/ha la 1<sup>re</sup> année.

685 kgs/ha la 4<sup>e</sup> année.

Avec application des engrais minéraux le rendement a augmenté à 1.100 kgs la cinquième année, pour n'être plus que de 7 kgs/ha la septième année.

Cette baisse de fertilité est nettement liée à la perte de sol par érosion, celle-ci étant de :

- 4 kgs/jour/hectare sous forêt ;
- 8 kgs, 4 ans après le défrichement ;
- 40 kgs la 7<sup>e</sup> année de culture ; ;
- 60 » 8<sup>e</sup> » » » ;
- 85 » 9<sup>e</sup> » » » ;

et cette 9<sup>e</sup> année, 68 tonnes de terre ont alors été enlevés sur 10 hectares par une pluie de 88 mm tombant en 35 minutes.

Le débit de l'écoulement des eaux de 0,33 m<sup>3</sup>/sec./km<sup>2</sup> avec un maximum de 1,1 m<sup>3</sup>/sec./km<sup>2</sup> sous forêt était devenu après 8 ans de culture de 2,2 m<sup>3</sup>/sec./km<sup>2</sup> avec pointe de 20,2 m<sup>3</sup>/sec./km<sup>2</sup>.



F) *Le pacage en forêt* a été étudié à l'aide de 34 petits champs d'essais.

L'étude de la croissance des arbres a montré que le bétail s'attaque d'abord aux espèces les plus rares, réduisant de 50 % le taux d'accroissement du peuplier jaune et de 30 % celui du chêne hickory.

Pendant ce temps la porosité du sol diminuait rapidement. Les revenus supplémentaires obtenus par le pacage sont donc nettement compensés par des pertes dans les autres secteurs. Le pacage en forêt est donc à éliminer.

G) Un pâturage a été établi sur un versant très escarpé de 88 hectares, 8 têtes de bétail y séjournant pendant neuf étés de suite.

Après 7 ans de ce système toutes les légumineuses avaient disparues, le taux des mauvaises herbes non pâturées avait augmenté de 100 %, et la plupart des espèces d'arbres intéressantes avait été éliminée tandis que des rations supplémentaires devaient être amenées pour le bétail.

La 8<sup>e</sup> année l'eau s'est chargée de débit solide, et ce surpâturage a alors entraîné des pertes très graves du sol.

H) L'effet du *bûcheronnage* a également été mesuré et les méthodes non rationnelles pratiquées ont été des causes nettes d'érosion.

Notons enfin que toutes ces études hydrologiques sont complétées par des recherches sur la *qualité* de l'eau et son évolution (taux de mortalité des bactéries), et par des recherches sur l'alimentation des *truites*.

Les différents aménagements sur pentes que nous venons de passer en revue ont permis d'établir des bilans de l'eau, résumés par le tableau suivant :

	FORET	SOL enherbé	SOL NU
Interception par les plantes (I)	38,1	12,88	—
Evaporation (E) .....	12,2	35,6	63,5
Transpiration (T) .....	40,6	30,6	—
Ecoulement (Ro) .....	111,7	124,5	139,7
TOTAL .....	202,6	203,5	203,2

Ce tableau a été établi dans une zone où  $P = 203$  cms et en considérant que le bilan de l'eau est :

$$P = Ro + E + T + I + S$$

P = Pluviométrie.

Ro = Ecoulement superficiel ou souterrain.

E = Evaporation.

T = Transpiration des végétaux.

I = Interception par le couvert général et réévaporation.

S = Stockage dans le sol.

La date de départ de la période de 12 mois pour l'établissement de ce bilan a été choisie au printemps, quand la retention d'eau dans le sol est maximum, afin d'éliminer le facteur stockage S.

Dans la première expérience, où la végétation est coupée entièrement chaque année, l'écoulement est augmenté d'une hauteur d'eau équivalente à + 40,3 cms. Dans celle où on laisse pousser les repousses il est de + 18 cms.

Dans celle où le sous-bois est seul coupé il représente + 30 cms d'eau d'augmentation.

On remarquera que jamais nous ne parlerons de ruissellement pour la forêt, car jamais l'eau n'y coule à la surface du sol, sauf 5 % sur les rochers.

Pour un sol nu par contre il y a :

5 % de ruissellement sur les rochers.

35 à 45 % circulant dans le sol.

30 à 40 % *ruisselant* sur le sol.

On a remarqué de plus que dans les périodes de pluviométries courtes et intenses, l'écoulement des eaux s'accroissait presque aussi rapidement en forêt que dans les autres.

Auparavant on expliquait ce fait en disant que le taux d'infiltration du sol n'était pas suffisant pour permettre le drainage des pluies trop violentes. Actuellement, les mesures effectuées permettent de l'expliquer non par un manque d'infiltration sous forêt mais presque entièrement par la pluie qui tombe sur les cours d'eau eux-mêmes et sur les rochers avoisinants, et par *l'eau qui circule dans les horizons superficiels perméables du sol* pour se jeter ensuite dans les voies d'eau.

Cet écoulement intermédiaire entre le *ruissellement superficiel* et *l'écoulement de la nappe phréatique*, appelé *subsurface flow* par les Américains, correspond au *lessivage oblique* des Pédologues.

Les recherches entreprises depuis 15 ans à Coweeta, ne sont pas isolées; mais font partie d'un programme général (les Southeastern Forest Experiment Station, au nombre de huit, la station principale étant Asheville et North Caroline).

Ce programme de recherche se justifie par l'importance des ressources forestières dans les états de la Floride à la Virginie, états boisés à 88 % de moyenne, et dont la forêt constitue 20 % du total des U.S.A.

Ces ressources forestières sont exploitées:

- pour l'industrie de la pâte à papier, (consommation énorme aux U.S.A.);
- pour les constructions (besoins en bois de sapin très grands);
- pour la production de térébenthine et de résine (nouvelles méthodes mises au point);
- pour l'eau (l'industrie utilise 20 millions de gallons d'eau dont le prix de revient est de 0,25 cents par litre).

En effet le service forestier s'est aperçu que l'eau pouvait être un des produits les plus rémunérateurs des forêts, et il a inscrit les relations entre les bilans hydriques et les forêts dans ses programmes de recherches.

Au souci de quantité s'ajoute celui de qualité, car l'intérêt d'avoir une eau de bonne qualité est évident. Les usines d'épuration et de filtration des eaux voient en effet leurs frais considérablement augmentés quand l'existence d'une *érosion des sols* se traduit par l'augmentation de la turbidité des eaux.

Si bien que le programme général de recherches est une *synthèse* intéressant de nombreuses spéculations économiques et groupant en particulier les questions:

- production des bois et de leur dérivés;
- production d'eau potable;
- amélioration des ressources piscicoles;
- lutte contre l'érosion fluviale;
- lutte contre l'érosion des sols et la dégradation des terres cultivables.

C'est dire que l'on a affaire à une mise en valeur rationnelle du pays.

Sur ce problème particulier des ressources en eaux, nos hôtes concluaient justement que rien n'était connu du rôle de la forêt sur le bilan hydrique dans les régions tropicales et équatoriales. Il semble en effet que des déboisements inconsidérés ont dû altérer profondément la pluviométrie et l'hydrologie de l'intérieur du continent africain. Ce problème a déjà été abordé par plusieurs chercheurs (Aubreville, Harroy en particulier). Il mérite que l'on y consacre plus de temps et d'argent.

## II. - PROBLÈME DE MISE EN VALEUR

### MISE EN VALEUR DES BASSINS VERSANTS

#### A) EN GEORGIE

##### LA LUTTE CONTRE LES INONDATIONS DANS LA REGION DE LA RIVIERE COOSA, PRES DE ROME

La visite de ce secteur nous a permis de constater l'entente qui existait entre les différents services chargés de régler le problème des inondations. La coordination se faisait d'ailleurs très simplement, grâce à un esprit d'équipe très sain, le but final à atteindre étant le seul souci des exécutants.

Mais cette entente est facilitée par une réglementation établie par le Congrès en 1936 et complétée plusieurs fois par la suite, le *Flood Contrôl Act*.

Il définit l'inondation comme une menace nationale par les dégâts qu'elle cause non seulement aux villes, routes, barrages et à la navigation, mais aussi à l'*Agriculture*.

Il déclare responsables pour l'exécution de la lutte contre l'inondation :

1° Au département de la guerre, la section qui correspond pratiquement au génie et qui est chargée des recherches et des améliorations dans les voies d'écoulement des eaux (barrages, levées de terre, régularisations.

2° Le département de l'Agriculture, sous la Direction du Secrétaire de l'Agriculture, pour l'étude du ruissellement et de ses conséquences, et l'exécution des différents travaux à l'échelle du bassin versant.

Au Ministère, ce sont les Soil Conservation Service et le Forest Service qui ont la responsabilité du travail selon que la région a une prédominance agricole ou forestière.

3° Le Bureau Of Réclamation (récupération de nouvelles terres) assure sa collaboration dans certains cas.

Pour la réalisation de la lutte il y a plusieurs étapes :

1° Etude du bassin versant :

a) Prospection géologique, pédologique, topographique.

b) Etudes météorologiques et hydrauliques avec expérimentation si nécessaire.

c) Etude de l'Agriculture et étude générale économique.

2° Présentation d'un projet général au Congrès.

3° Vote ou non du budget par le Congrès.

4° Si ce dernier donne son accord, nouvelles études de précision et démarrage des travaux.

Dans le bassin versant de la *rivière Coosa*, les travaux étaient commencés depuis plusieurs années.

Un barrage de plusieurs millions de dollars avait été établi par l'U.S. Army à travers la rivière Etowah et fournissait de l'énergie électrique ainsi que des possibilités d'irrigation; plusieurs digues avaient également été dressées. Le Soil Conservation Service avait créé un Comité inter-bassin entre ses différents districts et des travaux avaient consisté en :

1° Prospection et établissement d'une carte de l'*utilisation actuelle* des terres.

2° Etablissement d'une carte théorique d'*utilisation rationnelle* des sols, de leur pente, et leur érosion.

3° Etablissement par comparaison des deux cartes : d'un plan général des travaux; des moyens pour les réaliser du budget nécessaire en chaque cas, et des graphiques d'avancement de ces travaux dans le temps.

Pour cela cette région a été divisée en quatre sous-bassins naturels, ceux-ci les bassins primaires en 20 ou 30 bassins dans lesquels une carte des travaux a été dressée.

Enfin des cartes de détail, à l'échelle des fermes, a été établie en subdivisant en 64 bassins primaires d'environ 150 km<sup>2</sup>, unitaires de 3 à 12 km<sup>2</sup>.

Actuellement grâce à des financements et à l'effort la propagande réalisée, les travaux qui ne sont pas effectués directement par les organismes d'état s'effectuent de plus en plus rapidement.

Cependant il reste encore 90 kms de bords de route à enherber, 60 kms de cours d'eau à curer, 1.500 hectares de culture à transformer en pâturages, 1.200 hectares de terres à reboiser et de nombreux travaux mécaniques (terra-cing, changement de place de routes, drainages, correction de limites de champs etc.)

Parmi les observations qui ont été faites durant la réalisation de ce projet il faut citer:

- a) Que les ruisseaux n'avaient pas une capacité suffisante pour emporter les excès d'eau lors des grands orages, cela parce qu'ils étaient envasés ou obstrués par la végétation, (donc rôle essentiel du curage).
- b) Que les talus de route perdaient une épaisseur de sol équivalente : à 5 cms en un an.
- c) Que le volume total de terre entraîné dans le réservoir était, pour ce bassin de 10.000 m<sup>2</sup>, d'environ 120.000 m<sup>3</sup> par an.
- d) Que la consolidation de 12 kms de talus empêchait 1.200 m<sup>3</sup> de sol d'être entraîné dans le réservoir.
- e) Que 20 hectares de Kudzu sur pentes empêchaient également 1.200 m<sup>3</sup> de sol d'être entraînés dans le réservoir. Or la plantation de Kudzu ne coûtait que 10 dollars l'acre soit : 10.000 frs l'hectare, tandis que la protection et l'entretien du réservoir, ramenés aux mêmes unités revenaient à 100 dollars l'acre soit: 10 fois plus.

Nous verrons, dans l'étude de l'aménagement du bassin versant de Triadelphia Lake des bilans économiques complets prouvant la rentabilité des travaux à entreprendre sur la notion de mise en valeur rationnelle de cette unité géographique et économique qu'est un bassin hydrographique.

## B) DANS LA REGION DU LAC TRIADELPHIA

Le lac de Triadelphia, situé près de Washington, a été créé par la construction du barrage de Brighton, sur la rivière Patuxent. Ce lac de 8 kilomètres de long doit ravitailler Washington en eau potable grâce à une usine d'épuration et à une station de pompage.

Le bassin versant qui l'alimente a une superficie de 200 km<sup>2</sup> environ, et une longueur de 25 kilomètres. Les 4/5 de la surface de ce bassin sont cultivés, les 400 fermes s'y consacrant surtout aux produits laitiers, à la production des céréales, et à l'embouche.

Le mauvais aménagement de cette région a provoqué l'augmentation des dégâts par l'érosion et a eu en particulier pour conséquence l'envasement du barrage.

L'étude générale entreprise a montré :

- Qu'une érosion en nappe importante (92,6 % de l'érosion totale), affectait le 1/8 de la surface.
- Que 277.000 tonnes de sol étaient perdues chaque année.
- Que 22 kms de ravins d'au moins 90 cms de profondeur existaient un peu partout.
- Qu'une surface équivalant à 6 hectares était érodée sur les talus des routes.
- Que 14 kilomètres de berges de cours d'eau étaient travaillées profondément par le courant.

On démarra aussitôt un programme de recherche se résumant à :

- a) Prospections géologiques et pédologiques précisés se terminant par l'établissement de cartes d'utilisation rationnelle des sols (land capability map).
- c) Relevés climatologiques systématiques.
- c) Mesures hydrologiques effectuées dans deux stations avec l'étude des débits et de leurs variations.
- d) Relevés des zones érodées (terrains, routes, berges), et étude du profil en long des cours d'eau.
- e) Enquêtes agronomiques.

Les conclusions des recherches furent :

- Que la pluviométrie (1 mètre dans l'année), amenait parfois des excès d'eau par rapport aux possibilités d'infiltration dans le sol et d'emmagasinement par les cours d'eau.

Il existait en effet 1/3 des terres mal drainées, utilisées pour 61 % pour la culture ou le pâturage.

- Que le taux de ruissellement moyen s'établissait alors à 0,33 m/an (équivalence en hauteur d'eau).
- Qu'au point de vue agricole il existait un pâturage important en forêt, une exploitation sylvicole trop intensive et mal organisée ; des cultures sur pentes sur de grandes surfaces et non aménagées contre le ruissellement ; très peu de haies ou de clôtures limitant les champs ; des cultures sarclées en trop grand nombre dans les assolements ; un déséquilibre entre espèces de poissons dans le lac ; que de temps en temps les puits étaient à sec ; que la capacité de stockage du réservoir diminuait régulièrement du fait d'un envasement de 16.400 tonnes par an, envasement qui s'accroissait rapidement.

Quand les cartes pédologiques et d'utilisation du sol furent terminées on s'aperçu :

- Que le rendement des cultures diminuait en moyenne de 5 % par la perte de chaque inch (2,5 cm) de la surface du sol, celui-ci perdant probablement 1/4 de million de tonne de terre par an.

- Que les surfaces érodées se répartissaient aussi en pourcentages :

1 léger	39,3 %	moins de 25 % de la surface enlevée.
2 moyenne	47,7 %	entre 25 et 75 % de la surface enlevée.
3 sévère	12,2 %	plus de 75 % de la surface enlevée ou moyenne avec ravins.
4 très sévère	0,8 %	100 % de la surface et de 25 à 75 % de l'horizon inférieur enlevé.
5 ravinement	0,02 %	

Ce taux de 0,02 % pour les ravinelements semble faible, mais le tableau suivant montre leur importance.

### RAVINEMENTS

PROFONDEUR DES RAVINS EN PIEDS	LONGUEUR KMS	% DU TOTAL
2	7,79	24,79
3	13,18	41,81
4	5,29	16,77
5	2,35	7,47
6	1,72	5,45
7	0,50	1,77
8	0,44	1,39
9	0,16	0,51
10	0,03	0,09
Total .....	31,52	100,00

Que les types d'érosions peuvent être classés ainsi :

TYPE D'ÉROSION	TONNES/AN	POURCENTAGE
En nappe .....	256.900	92,6
Bords des routes .....	4.600	1,7
Rives des cours d'eau .....	5.900	2,1
Ravins .....	10.000	3,6
Total .....	277.400	100

Selon les classes de pente et l'emploi du sol, la répartition du terrain en fonction des différentes intensités de l'érosion fut alors évaluée (voir annexe) et un projet de mise en valeur rationnelle fut minutieusement établi.

Les mesures générales qui furent recommandées peuvent se résumer en :

- Travail du sol suivant les courbes de niveau.
- Cultures en bandes alternées suivant les lignes du niveau.
- Rotations des cultures.
- Cultures dérobées de couverture.
- Canaux de diversion de l'eau et banquettes de niveaux.
- Aménagement des zones d'écoulement des eaux et des exutoires.
- Etablissement d'un couvert de graminées et de légumineuses pouvant donner du foin.
- Amélioration des pâturages.
- Construction de haies et clôtures permanentes selon la nouvelle utilisation du sol.
- Plantation d'arbres et création de rideaux brise-vents.
- Aménagement sylvicoles et lutte contre les feux.
- Prospection des zones giboyeuses, en particulier par l'augmentation des de bordure.
- Aménagement d'étangs et augmentation des ressources piscicoles.
- Travaux de drainage à ciel ouvert ou par drains souterrains.

La réalisation de ce programme permettrait de dresser un nouveau tableau d'emploi des terres selon les classes d'utilisation de sol. Tableau en annexe II.

D'après ce tableau également on a pu déduire que l'érosion ne serait plus que de 100.000 tonnes/an au lieu de 256.900, cela suivant la répartition probable suivante :

Evaluation des pertes de sol par érosion :

EMPLOI DU SOL	ÉTAT ACTUEL (tonnes)	APRÈS LA RÉALISATION DU PROGRAMME RECOMMANDÉ (tonnes)
Cultures .....	204.400	53.300
Sol inoccupé .....	4.600	
Fourrage permanent .....		6.900
Terres enherbées .....	15.700	18.100
Bois .....	15.400	5.200
Emplacements de fermes routes, etc ....	16.800	16.800
Total .....	256.900	100.300

Ce programme est actuellement en cours de réalisation et doit être terminé en 10 ans.

Il a mis en action les organismes suivants :

- Soil Conservation Service qui a prêté ses techniciens (prospecteurs, pédologues, agronomes, ingénieurs, biologistes et hydrologues).
- State Agricultural Extension Service, qui s'occupe de la vulgarisation des méthodes.
- Washington Suburban Sanitary Commission intéressée par les ressources en eau potable.
- Le P. M. A. (Production and Marketing Administration) qui par ses paiements a aidé le développement du programme, ainsi que plusieurs banques privées.

Le State Département of Forestry.

Le State Game and Inland Fish Commission.

Le State Roads Commission.

Le F.H.A. (Farmers Home Administration and le Farm Crédit Administration).

- Ainsi que de très nombreuses organisations culturelles aux échelons école, ferme, industrie.

Les résultats seront les suivants (ils sont déjà en partie acquis).

- Augmentation des spéculations animales.
- Limitation des surfaces en céréales, mais augmentation des rendements par une meilleure utilisation des terres.
- Stabilisation des ravinelements sur berges des cours d'eau et des routes.
- Reboisement de 1.200 hectares, tandis que par ailleurs certaines surfaces en forêts ont pu être rendues à l'agriculture.
- Création de nombreux étangs de ferme.
- Possibilités d'irrigations complémentaires.
- Diminution du débit solide des cours d'eau et de l'envasement du bassin.
- Meilleure structure des sols qui bien aménagés ont eu leur taux d'infiltration amélioré, et amortissement dans les deux sens des variations saisonnières des débits hydriques.



**ANNEXE I**

CLASSES DE PENTE	EMPLOI DU SOL	CLASSE D'EROSION					TOTAL	% du Bassin versant
		1 EN ACRES	2 EN ACRES	3 EN ACRES	4	5		
A	— Cultures ..	1.714	21	0	0	0	1.735	3,4
	— Pâturages .	1.753	10	0	0	0	1.763	3,4
	— Bois et div.	1.913	10	0	0	0	1.923	3,8
	Total ....	5.380	41	0	0	0	5.421	10,6
B	— Cultures ..	3.404	13.171	143	7	0	16.725	32,6
	— Pâturages .	1.380	1.308	9	0	0	2.697	5,2
	— Bois et div.	4.435	834	3	0	0	5.272	10,3
	Total ....	9.219	15.313	155	7	0	24.694	48,1
C	— Cultures ..	80	6.066	2.728	117	8	8.999	17,5
	— Pâturages .	73	1.403	336	10	0	1.822	3,6
	— Bois et div.	2.815	746	126	1	0	3.688	7,2
	Total ....	2.968	8.215	3.190	128	8	14.509	28,3
D	— Cultures ..	34	255	1.734	186	0	2.209	4,33
	— Pâturages .	33	267	701	54	2	1.057	2,1
	— Bois et div.	1.694	223	184	12	0	2.113	4,1
	Total ....	1.761	745	2.619	252	2	5.379	10,5
E et F	— Cultures ..	18	24	127	33	1	206	0,4
	— Pâturages .	13	53	129	2	1	198	0,4
	— Bois et div.	794	39	46	1	0	880	1,7
	Total ....	825	119	302	36	2	1.284	2,5
	Tot. de chaque cl. d'érosion	20.153	24.433	6.266	423	12	51.287	
	% du Bassin versant ....	32,3	47,7	12,2	0,8	0,01	100	

**ANNEXE II**

**EMPLOI DU SOL AU MOMENT DE LA PROSPECTION**

EMPLOI CLASSES DE SOLS	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL
Cultures .....	728	15.825	6.459	2.633	2.014	221	29.940
Inoccupé .....	27	616	509	217	419	146	1.934
Pâturages permanents.	109	2.762	1.568	508	2.352	238	7.537
Forêts et zones giboyeuses .....	219	4.500	3.316	1.767	2.365	551	12.718
Emplacements des fermes, routes, etc....	36	770	261	47	42	2	1.158
Totaux.....	1.179	24.473	5.172	5.172	7.192	1.158	51.287

**NOUVEL EMPLOI DU SOL RECOMMANDE.**

EMPLOI	I	II	III	IV	V	VI	TOTAUX
Cultures .....	815	16.441	3.744	—	—	—	21.000
Foin permanent ....	—	—	3.224	776	—	—	4.000
Pâturages permanents.	328	4.281	1.568	2.582	2.352	—	11.111
Forêts et zones giboyeuses .....	—	2.981	3.316	1.767	4.798	1.158	14.018
Emplacements des fermes, routes, etc....	36	770	261	47	42	—	1.158
Totaux.....	1.179	24.473	12.213	5.172	7.192	1.158	51.287

Les dépenses d'installation ont été évaluées. Elles sont compensées d'une part par une augmentation des revenus agricoles, d'autre part par une diminution des dépenses annuelles d'entretien. C'est ce que montrent les deux tableaux en annexe.

En conclusion, l'aménagement rationnel d'un bassin versant est une opération rentable à tous ses échelons, et dans tous ses aspects (agriculture, industrie).

### A) BILAN DES DEPENSES

MESURES RECOMMANDEES	DEPENSES (en dollars)	
	INSTALLATIONS EN DOLLARS	ENTRETIEN
I Traitements des surfaces cultivées recommandés pour la réduction de l'érosion du sol et la limitation de la sédimentation .....	67.618	4.232
II Changement d'utilisation du sol et amélioration de l'enherbement recommandés pour la réduction de l'érosion et l'emploi efficient du terrain .....	630.704	135.417
III Pratiques sylvicoles recommandées spécialement pour le maintien des ressources forestières et la protection du bassin versant .....	111.944	6.067
IV Mesures recommandées spécialement pour la protection du gibier et l'amélioration des ressources piscicoles .....	44.034	3.266
V Mesures structurales recommandées spécialement pour lutte contre la sédimentation .....	55.855	240
VI Mesures structurales recommandées spécialement pour améliorer les ressources en eau utilisables, en reconversions de terrains et l'enlèvement des excès d'eau .....	290.490	9.906
<b>TOTAUX</b> .....	<b>1.200.695</b>	<b>159.128</b>

### B) BILAN DES RECETTES

Cultures :	VALEUR PAR UNITÉ EN DOLLARS	ACTUELLEMENT		DANS LE FUTUR	
		PRODUCTION TOTALE EN UNITÉS	VALEUR EN DOLLARS	PRODUCTION TOTALE EN UNITÉS	VALEUR EN DOLLARS
Maïs .....	1,39 bu	334.075	464.365	351.376	488.413
Autres céréales .....	1,80	240.950	433.710	226.528	407.750
Prairies temporaires .....	25 t.	12.808	320.200	10.650	266.250
Fourrage permanent .....	25 t.			4.934	123.337
Total partiel .....			1.218.275		1.285.750
Accroissement .....					67.475
Pâturages .....			95.757		211.109
Accroissement .....					115.352
					182.827
				Accroissement total des recettes annuelles .....	182.827

### C) DANS LA REGION DU LAC SALE (UTAH)

Dans la région où se trouve actuellement le grand lac salé, près de la ville de Salt Lake City, il existait il y a 20.000 ans environ un immense lac, le lac Bonneville.

Pour des raisons non nettement précisées le niveau de l'eau est actuellement de presque 300 mètres plus bas et ne forme plus que cette classiqué étendue d'eau salée où l'on flotte sans faire de mouvements. L'existence de cet ancien lac est prouvée par les traces exactement horizontales que l'on remarque sur les flancs de la montagne, et par l'existence de toute une série de terrasses alluviales. C'est sur les terrasses supérieures, aux sols non salés et facilement irrigués par les torrents venant de la montagne que se sont développés des cultures riches, ainsi que des vergers et des pâturages.

Il y a un peu plus de 100 ans que les premiers pionniers se sont installés dans la région et ont fondé la ville de Salt Lake City, où les édifièrent le temple des Mormons, cathédrale de cette secte.

En 1847, les premières irrigations se développèrent. Mais peu à peu, on s'aperçut que les débits d'écoulement des torrents présentaient des pointes de plus en plus fortes, quoique toujours dans des limites normales, cela surtout lors de la fonte des neiges, et durant les orages d'été. De temps en temps, l'eau se chargeait de terre en suspension et des inondations locales devenaient sérieuses.

En 1923, les dégâts, par l'inondation, furent exceptionnels et de grandes surfaces furent recouvertes non seulement de terre, mais de gros blocs rocheux (plusieurs mètres de diamètre). De nombreuses fermes furent détruites, les systèmes d'irrigations endommagés, la plupart des routes furent emportées.

L'examen des grands ravins taillés dans les sédiments déposés par l'ancien lac Bonneville, a prouvé nettement qu'une telle érosion était exceptionnelle, et ne s'était même jamais réalisée.

Par la suite, de 1923 à 1930, les ravages furent évalués à 1 million de dollars, et le dommage moyen par hectare à 80.000 francs. Pourtant les relevés pluviométriques montraient que l'on se trouvait dans des conditions normales, et l'étude de la nappe phréatique ne révélait aucun changement récent.

L'examen de l'humidité des sols après les fortes pluies montra que l'eau n'avait pénétré que de 6 à 10 inches seulement soit de 15 à 25 cms. Comme la capacité de retention de ces sols est comprise entre 2 et 3 inches d'eau par pied de profondeur, soit de 160 à 200  $\frac{m}{m}$  par mètre, cela indiquait que moins de 2 inches de pluie s'étaient infiltré donc, que tout le reste avait ruisselé. Les dégâts étaient donc dus uniquement à l'augmentation du ruissellement.

On entreprit alors une prospection du bassin versant et on localisa près des sommets les zones d'origine du ruissellement. Ces zones, malgré l'importance des dégâts causés, ne représentaient pas plus de 10 % de la surface du bassin. Leur sol, très dénudé, était extrêmement raviné, et cet état de fait ne venait pas d'un orage spécialement localisé comme a pu le montrer l'étude de l'humidité des sols dans tout le bassin.

En réalité, les causes étaient le *surpâturage* et les *prises à feu*, cette dernière technique se développant au fur et à mesure que le surpâturage dégradait qualitativement la végétation.

Une étude fut alors entreprise à l'aide de parcelles expérimentales et le rôle de la couverture végétale nettement vérifié.

Les travaux entrepris dans les zones sensibles à l'érosion ont été le creusement de banquettes d'infiltration, ouvertes au Buldozer pour les pentes inférieures à 40 %, à la charrue attelée ensuite, à la pioche enfin dans les zones rocheuses. Ces banquettes furent obturées par de petites levées de terre tous les 10 mètres environ, leur capacité étant équivalente à une hauteur d'eau de 150  $\frac{m}{m}$  environ.

Ces banquettes ont tenu généralement sauf en certains endroits où l'accumulation de la neige était trop grande.

Des essais d'enherbement furent exécutés généralement avec succès avec les espèces suivantes :

- Smooth brome.
- Mountain brome.
- Kentucky bleu grass.
- Slender Wheat.
- English rye.

Les résultats furent probants :

Le 4 juillet 1934, après une pluie de 12  $\frac{m}{m}$ , les banquettes ont tenu aisément, tandis que dans une zone non traitée des rochers de 3 mètres de diamètre furent entraînés.

Le 10 juillet 1936, une pluie de 29  $\frac{m}{m}$  accusa un maximum durant cinq minutes de 126 m/m-heure, et le 19 août pour 26  $\frac{m}{m}$  de précipitation le maximum fut de 171  $\frac{m}{m}$ .

Il n'y a eût que très peu de ruissellement et pratiquement pas d'érosion. Les mêmes précipitations provoquèrent dans un bassin de 70 hectares non encore traité, une ruissellement de 807 m<sup>3</sup>, cette quantité d'eau venant presque uniquement d'une surface dénudée (routes et campements) de seulement 6 hectares, où 50 % de la chute avait ruisselé.

En 1945, autre test ;

Après 9 ans de protection contre le feu et le pâturage intensifs, le bassin reçoit quatre pluies intenses, totalisant 75 m/m, une de ces pluies de 26 m/m, atteignant un taux maximum durant cinq minutes supérieur de 35 %, au même taux atteint en 1936.

Cependant le ruissellement n'atteignit guère que 0,1 m<sup>3</sup>/seconde/km<sup>2</sup>, tandis qu'il atteignait 30 m<sup>3</sup>/seconde/km<sup>2</sup> dans un autre bassin récemment brûlé.

Les dépenses furent chiffrées à :

- \$ 100.000 pour enlever les débris amenés par l'inondation.
- \$ 130.000 pour la construction de banquettes et l'enherbement.
- \$ 30.000 pour la création de voies d'accès pour tracteurs.
- \$ 40.000 pour l'achat de terres érodées et la conversion en forêt classée.

Cela fait une moyenne de \$ 230 sur chacun des 1.300 acres traités, soit un prix de revient de 230.000 francs l'hectare. Mais les dommages causés par les inondations se montaient déjà à \$ 1.040/acre, soit 200 fois plus.

En conclusion, il a été prouvé qu'une mauvaise utilisation (surpâturage et feux), de seulement 10 % de la surface totale du bassin versant suffisait pour provoquer un désastre général. Les opérations de lutte anti-érosive se sont avérées *rentables*, mais il aurait été préférable d'utiliser rationnellement le sol à l'origine ce qui aurait évité le désastre et n'aurait demandé que très peu de frais d'aménagements.

## CONCLUSIONS

Le problème de la conservation du sol et de l'eau est très vaste et présente en particulier les aspects suivants :

- Aspects législatifs et politiques (souvent les plus importants).
- Aspects financiers (crédit agricole) et économique (problèmes gouvernementaux de soutien agricole).
- Aspects psychologiques (propagandes et éducation).
- Prospections, cartographies et études diverses.
- Problèmes techniques : aménagements des sols (terracing, drainage, irrigation, barrages).
- Problèmes culturels : assolements, rotations et méthodes culturales.

Tous ces aspects sont liés et il faudrait les aborder tous pour pouvoir tirer des conclusions sur la Conservation du sol et de l'eau au U. S. A., ce qui n'est pas possible ici.

Nous essaierons plutôt, en fonction des choses vues outre-Atlantique, de faire le point de la question conservation du sol en Afrique, tout au moins en A.O.F.

Il est évident que sous les tropiques la notion de la conservation des sols et de l'économie de l'eau est essentielle, peut-être même plus qu'ailleurs, vu les conditions écologiques (climats à variables excessives, sols pauvres et instables). Cette notion doit donc inspirer tout plan de mise en valeur agricole. Mais il faut se persuader d'autre part que la *restauration* des sols érodés n'est *pas possible* pratiquement *en Afrique*, et ne peut être utilisée que très localement dans des conditions rentables (reboisement ou revégétation). Il ne faut donc prévoir que des méthodes préventives, et des améliorations agricoles.

Ces principes établis que peut-on prévoir dans les conditions actuelles.

Nous ne voyons que quatre choses :

- 1° des prospections et de la cartographie ;
- 2° des mises en défens ;
- 3° de l'expérimentation ;
- 4° le développement des secteurs de colonisation.

1) Les *prospections pédologiques* doivent être développées (inventaire des sols et cartographie).

Elles doivent, dès que leurs études sont assez avancées, amener à l'établissement des « cartes d'utilisation des terres ».

Dans celles-ci les terres sont divisées en classes selon leur valeur agricole et les aménagements qu'elles requièrent, en fonction principalement des types de sols, des pentes et du type d'érosion.

Ces cartes d'utilisation des terres permettent l'évaluation rapide des moyens à mettre en œuvre pour la mise en valeur rationnelle du pays.

Elles doivent être réalisées le plus rapidement possible et un service étoffé, travaillant vite, utilisant la cartographie aérienne, et lançant des équipes de prospecteurs dont la division du travail est très poussée, devrait être organisé à l'échelon A. O. F. C'est, pour nous, le premier pas à franchir, et à franchir rapidement.

2) De la lecture de ces cartes il faut immédiatement définir les zones à *mettre en défens*.

Certes, ces zones à mettre en défens poseront des problèmes politiques, mais nous considérons que rien de rationnel ne pourra être fait, dans la mise en valeur de l'Afrique, si on ne retire pas rapidement certaines surfaces de la « circulation agricole » du pays.

Comme zones à mettre en défens nous classons :

a) Toutes les surfaces à pente élevée, donc susceptible d'érosion par ruissellement. Dans certains cas, le pourcentage limité peut descendre à 3 %.

b) Toutes les surfaces actuellement érodées quelque soient leurs pentes (érosion par ruissellement ou par le vent).

c) Toutes les surfaces, même plates, qui, non encore mises en cultures, seraient susceptibles d'être aménagées un jour en secteurs pilotes de colonisation, cela représentent exactement une « mise en réserve de terres ».

Quand la pression démographique deviendra trop forte, ces terres seront rendues aux autochtones mais sous certaines conditions, leur imposant pratiquement l'établissement d'une agriculture fixée, avec assolement.

En échange de ces terres neuves, on pourra les obliger à abandonner certaines zones de culture trop dégradées, qui seront alors mises en défens.

d) Toutes les forêts classées à vocation réellement forestière.

Nous insistons sur ce point car nous considérons que le classement des forêts ne doit pas être un *but* mais un *moyen de mise en valeur*.

Nous distinguons deux types de forêts classées : celles données par la carte d'utilisation des terres dans la catégorie des sols à vocation forestière, avec au besoin quelques magnifiques forêts dites primaires ; et donc à garder intégralement sous couvert arboré.

Celles qui seraient susceptibles d'être mises en culture le jour où la pression démographique deviendra trop forte, et à considérer donc comme des « terres mises n réserve ».

Cette deuxième classe peut représenter une superficie fixe, au total, mais dont les terres subiraient une sorte de rotation (culture, jachère arborée, forêt). Car, il faut penser à l'avenir et envisager les problèmes que poseront les pressions démographiques croissantes.

Ces mises en défens sont pour nous un point essentiel.

3) *L'expérimentation*.

Nous résumons ainsi son ordre d'urgence :

1° Etablissement de *parcelles expérimentales* permettant de définir selon les conditions (sols et climat), les pentes limités à défricher ou cultiver, et dans les pentes cultivables les assolements et les aménagements à utiliser. Deux ou trois zones pilotes seulement devraient être définies, mais équipées très sérieusement en A.O.F.

2° Etude des *assolements* en fonction de l'*évolution des sols*, même sur les surfaces planes ou non soumises directement à l'érosion, car cette dernière n'est qu'un aspect, le plus grave de la *Conservation* du sol. Le réseau d'études actuel de ce genre n'est pas assez vaste, et ne s'occupe pas assez des sôles de régénération (problèmes de l'engrais vert, en particulier, abordé à Bambey et en Casamance à Sefa).

3° Etude des méthodes culturales et d'*aménagement des terres*, vue sous l'angle facilité de leur réalisation pratique, et *rentabilité* de leur exécution.

Le but doit être la mise au point d'une agriculture rationnelle, fixée au sol.

#### 4) *Le développement des secteurs de modernisation.*

Cette notion de secteurs pilotes commence à se préciser et, quoique ses modalités ne soient pas encore au point, elle doit seule permettre de faire avancer l'agriculture locale.

Ces secteurs pilotes en tant que centre de diffusion de méthodes agricoles éprouvées, ont vraiment un rôle de vulgarisation.

Leur personnel, centralisé, possédant des moyens de travail, ne fait donc pas de l'*agriculture administrative* comme il ne peut que le faire quand il est dispersé. Il se qualifie vraiment et par le travail intéressant qu'il peut avoir acquiert une bonne productivité.

Les méthodes d'association avec les indigènes permettent en plus des conseils et des impératifs techniques qui leurs sont prodigués, de faire rentrer la mécanisation dans leur agriculture.

Nous n'insisterons pas sur cette question de la semi-mécanisation, mais nous pensons qu'en plus de l'amélioration des revenus et des niveaux de vie, elle doit permettre surtout de réussir une révolution agricole : *le passage de la culture itinérante à la culture continue fixée, avec sôles de régénération et restitutions chimiques*. Cette révolution agricole, équivalente à celle réalisée au XVIII<sup>e</sup> siècle en France, est la clef de la mise en valeur de l'A.O.F.

Le meilleur moyen de sauvegarder les terres érodibles est, en effet, d'intensifier la production des autres. Mais pour cela les études ne sont pas encore très avancées.

Pour l'instant, les méthodes réellement applicables et à développer peuvent se résumer ainsi à notre avis :

- utilisation d'assolements équilibrés avec sôles de régénération quand ils sont définis.
- contrôle de la charge des pâturages, et mise en défens des surfaces surpâturées.
- emploi des amendements et des engrais.
- association culture-élevage à développer.

On ne peut rien prévoir d'autre tant que l'expérimentation n'ait pas fait plus de progrès.

Pour *conclure* cet exposé nous ferons remarquer que dans tout ce qui précède, la question de l'*érosion* n'a été envisagée que comme un des aspects du problème de la *conservation des sols*.

Nous avons parlé de mise en défens de terres érodibles, et d'amélioration des méthodes culturales sur les autres. C'est qu'en réalité l'Agronomie est un tout indissociable, et que pour faire la synthèse entre tous ses aspects, il faut se servir d'un dénominateur commun, justement cette notion essentielle de la *conservation du sol et de l'eau*.

FAUCK Roger,  
*Pédologue Chargé de Recherches  
de l'O.R.S.T.O.M.*



---

Imprimé sur les presses de la  
Grande Imprimerie Africaine  
6, rue Carnot - DAKAR  
sous le numéro 1178-3-55

---