

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Centre d'Adiopodoumé

Laboratoire Pédologie

PROJET DE COMMUNICATION AU CONGRES DE TANANARIVE
DE NOVEMBRE 1967

"QUELQUES EXEMPLES DES EFFETS DE L'EROSION HYDRIQUE
SUR LES CULTURES"

par

ROOSE (E.J.)

Chargé de Recherches en Pédologie à l'ORSTOM

Avril 1967

P L A N

1. Introduction
2. La destruction du sol en place
 - 2.1. L'effet splash
 - 2.2. Le ruissellement
3. Le déplacement des éléments constituants du sol
 - 3.1. Les arrachements
 - 3.2. Les dépôts
4. Les pertes subies par un champ soumis à l'érosion
 - 4.1. Quelques chiffres de pertes en terre et en eau
 - 4.2. Les pertes en éléments fertilisants à Adicpodoumé
 - 4.2.1. Les résultats analytiques
 - 4.2.2. Les exportations annuelles
 - 4.2.3. Conclusions
5. Quelques moyens de lutte antiérosive
 - 5.1. A l'échelle du champ cultivé
 - 5.2. A l'échelle du bassin versant
6. Conclusions.

Résumé

De très nombreux auteurs ont décrit depuis l'Antiquité les dégâts causés par l'érosion dans diverses régions du globe, étudié leurs causes et cerné les facteurs qui en régissent l'importance.

Par des exemples observés en Afrique Occidentale, l'auteur attire l'attention sur quelques conséquences fâcheuses pour l'agriculture de ces phénomènes complexes à savoir : la destruction de la structure du sol, l'arrachement et la sédimentation des particules constituantes, les pertes en eau et en éléments utiles à la croissance des végétaux.

De l'analyse de ces exemples il ressort l'intérêt pour les pays en voie de développement de mettre en oeuvre des méthodes peu spectaculaires mais simples et peu coûteuses (couverture du sol, culture intensive en courbe de niveau) par la masse des cultivateurs avertis de la gravité de ce problème par l'animateur rural.

1. Introduction

L'érosion hydrique peut se définir comme l'ensemble des phénomènes d'arrachement des particules du sol par l'énergie cinétique des gouttes de pluie et du ruissellement. Elle comprend la destruction des agrégats de la couche superficielle du sol, l'entraînement et le transport des particules constituantes (et par conséquent leur sédimentation en aval) ainsi que les pertes en matières minérales et organiques du sol. Le lessivage du sol par les eaux de drainage est généralement exclu de la notion d'érosion.

Notre propos n'est pas de faire le tour des problèmes qu'elle pose mais de mettre en lumière par quelques exemples observés en Afrique Occidentale les causes et les effets de l'érosion sur les cultures ainsi que certains moyens de lutte simples et adaptés aux conditions de ces pays tropicaux en voie de développement.

2. La destruction du sol en place

Un moyen fort simple d'étudier l'érosion est d'observer au cours de l'année la surface du sol d'un champ cultivé.

2.1. L'effet "splash"

Les premières pluies tombent sur un champ labouré bien aéré, motteux et irrégulier : le ruissellement y trouve difficilement son chemin. Par contre les gouttes de pluie cisèlent le sol, attaquent les mottes, travaillent les moindres saillies du microrelief et comblent les petites fosses des produits arrachés.

Le pouvoir incisif de la pluie est tel qu'il suffit de quelques orages pour qu'apparaissent les "microdemoiselles coiffées", petites colonnettes de terre protégées des gouttes par un "chapeau" plus résistant (branchette, feuille, cailloux ou terre durcie) et épousant parfaitement leur contour.

C'est encore cette force incisive qui est à l'origine des petits cratères que l'on remarque sur le sol en l'absence de ruissellement important (petites pluies en août septembre en basse Côte d'Ivoire) et tout particulièrement aux points de chute préférentielle des gouttes comme l'extrémité des feuilles formant gouttière.

La destruction de la structure, l'arrachement des particules élémentaires des agrégats, leur dispersion, le compactage et l'encroûtement superficiel du sol ainsi que le rejaillement d'une couronne de fines gouttelettes chargées de suspension sont autant de façons de dissiper l'énergie cinétique des gouttes de pluie et de traduire l'effet "splash".

2.2. Le ruissellement

Il intervient lui aussi dans les phénomènes de rabaillage du sol au cours de la saison des pluies et de son encroûtement en sapant le microrelief et en étalant les produits arrachés par les gouttes (pores bouchés, sols "fermés").

On s'en aperçoit, dès que le ruissellement cesse vers la fin de la saison des fortes pluies, en observant la persistance sur le sol des nombreuses manifestations de l'activité de la micro-faune : petites termitières, trous de fourmis, turricules de vers de terre, etc.

Le ruissellement participe d'autant plus aux phénomènes d'arrachement que la pente augmente et que l'érosion devient ravinante.

Mais son rôle essentiel dans le cas d'une érosion en nappe est de transporter, trier et redistribuer les particules élémentaires arrachées aux agrégats par la pluie.

Les sables grossiers forment un mulch sur place ou s'étalent non loin de leur point d'origine (colluvions) tandis que les particules fines et les matières organiques restent longtemps en suspension et peuvent parcourir des distances considérables (alluvions). A l'échelle du champ il en résulte dans les cuvettes et parties basses du microrelief une alternance de dépôts clairs sableux et de feuillets sombres plus argileux et humifères développant une structure horizontale lamellaire défavorable à la pénétration des racines et au drainage.

3. Le déplacement des éléments constitutants du sol

C'est cet aspect spectaculaire qui a frappé tous les observateurs : d'abord les empreintes de l'érosion, rigoles et ravines creusées par les pluies ensuite les cônes de déjection qui confirment encore l'ampleur du phénomène.

3.1. Les arrachements

Le décapage peut se faire de façon diffuse sur toute la surface non protégée du sol : c'est l'érosion en nappe d'autant plus dangereuse et pernicieuse qu'elle est peu visible pour un oeil non averti. Elle se traduit par l'apparition de taches claires aux endroits "usés" du champ (l'horizon humifère a disparu) et par la concentration des pierres en surface ("les cailloux poussent"). Elle entraîne le déchaussement des touffes d'herbes (surpâturage) et des arbres (hévées en basse Côte d'Ivoire). Elle peut être la cause de l'appauvrissement en éléments fins des horizons superficiels par érosion préférentielle.

Lorsque les eaux de ruissellement se concentrent elles lacèrent les champs de rigoles fort difficiles à effacer, toujours prêtes à renaître et à évoluer en ravines. A Séfa, sur les sols ferrugineux de moyenne Casamance il a fallu abandonner toutes les pentes supérieures à 1,5 % après quatre années de culture mécanisée, les ravines formant un obstacle infranchissable aux engins. Dans la zone dense de Korhogo (nord de la Côte d'Ivoire, sols ferrallitiques pente 2 à 4 %) ce sont les bordures des champs cultivés en billons et surtout les pistes qui sillonnent le pays en tous sens qui sont à l'origine des ravines (ravine de Napiéoléougou).

3.2. Les dépôts

Les ravines charient des quantités impressionnantes de matériaux. Les éléments fins en suspension finissent par rejoindre les cours d'eau importants mais les sables se déposent souvent au bas du versant. Cela n'est pas sans inconvénient lorsque les bas fonds sont aménagés pour la culture intensive.

A Laptinkaha (région de Korhogo) une ravine qui draine quelques dizaines d'hectares a crevé les digues du canal primaire et déversé plusieurs tonnes de sable stérile dans la rizière irriguée : tous les casiers atteints par l'épandage du sable ont eu des rendements très réduits.

En basse Côte d'Ivoire des plantations de palmiers à huile ont été entreprises sur une vaste échelle (35.000 ha en 5 ans). Des champs de plusieurs centaines d'hectares d'un seul tenant ont été défrichés et labourés (8 passages du tracteur) avant le semis des plantes de couverture (Pueraria et Centrosema) sans tenir aucun compte de la pente et du danger d'érosion. Ces deux légumineuses sont lentes à démarrer si bien que le sol est resté pratiquement nu pendant la grande saison des pluies. L'érosion en nappe et en rigole a été si importante qu'elle a emporté les graines sur les versants et déposé une couche de 20 à 50 cm de sable grossier et stérile au bas des collines. Deux ans après on note encore une différence manifeste de végétation (nombre et couleur des feuilles) entre cette plantation et la voisine qui, plantée deux mois plus tôt, a beaucoup moins souffert de l'érosion et de la sécheresse. Dans le cadre d'une agriculture extensive ce retard ne sera jamais rattrapé. On peut seulement espérer grâce aux apports d'engrais et à la masse de matière organique produite par la plante de couverture diminuer la perte de production de cette plantation due à l'érosion.

4. Les pertes subies par un champ soumis à l'érosion

Différents sont les bilans des hydrologues et sédimentologues qui travaillent à l'échelle du bassin versant et ceux de l'agronome et du paysan qui s'intéressent au champ cultivé.

Dans une parcelle d'érosion, champ clos cultivé, il ne s'opère pratiquement que des pertes par ablation tandis que des compensations et même des enrichissements peuvent intervenir au bas des versants. Les chiffres qui suivent sont tirés d'expériences en parcelles d'érosion et ne recouvrent donc pas parfaitement les phénomènes naturels tout au long d'un versant.

4.1. Quelques chiffres de pertes en terre et en eau

Tous les résultats du tableau n° 1 proviennent d'expérimentations en parcelles d'érosion.

A Adiopodoumé situé en basse Côte d'Ivoire la pluviométrie annuelle de 2.000 mm est répartie en deux saisons des pluies ; la plus importante est centrée en juin et la plus petite en octobre. Les parcelles ont une pente de 7 % sauf la parcelle sous forêt qui accuse 22 %. Le sol est ferrallitique très désaturé et très sableux (50 % de sable grossier).

L'érosion est négligeable sous forêt (0,2 t/ha an) mais 600 fois plus forte si le sol reste nu après défrichement (120 t/ha) et 10 à 20 fois plus forte, la première année de culture. Dès que le sol est couvert par la végétation les pertes en terre ne dépassent guère 1 tonne/ha an.

Le coefficient de ruissellement, très faible sous forêt et sous couverture végétale dense, peut atteindre 15 à 20 % sous une culture ouverte et 30 % sur sol nu. Les ruissellements maxima par pluie unitaire dépassent rarement 61 %.

A Séfa situé en Casamance au Sénégal il tombe 1.300 mm de pluie de juin à octobre sur des sols sableux (40% de sable fin) se colmatant facilement, très cohérent en saison sèche et fluide durant les pluies. Le sol est classé parmi les sols ferrugineux tropicaux lessivés. Les pentes varient de 1 à 2 %.

La forêt, qu'elle soit brûlée ou mise en défens, protège 40 fois mieux le sol contre l'érosion que la jachère naturelle.

Si la plante cultivée couvre bien le sol, les pertes en terre ne dépassent guère 2 à 4 t./ha. an. Mais si les semis sont trop tardifs ou peu denses l'érosion atteint 8 à 15 t/ha et peut s'élever à plus de 50 t/ha. an lorsque les insectes ou les maladies déciment la culture. Dès que le couvert forestier disparaît la structure du sol se dégrade et le ruissellement s'intensifie jusqu'à atteindre 15 à 40 % de la pluviosité annuelle.

De toutes ces expériences on peut conclure que la cause prédominante de l'érosion sur les parcelles d'érosion tant à Adiopodoumé qu'à Séfa est l'énergie cinétique des gouttes de pluie puisque en effet il suffit de poser un écran sur le sol (paillis ou couverture végétale) pour intercepter la pluie si bien que celle-ci n'entraîne plus que le centième des dégâts qu'elle causerait sur sol nu.

A Séfa cependant le ruissellement peut arracher des masses de terre importantes lorsqu'il se rassemble en filets d'eau drainés par un ravineau.

Il est difficile de mettre en évidence l'érosion préférentielle des particules fines par des analyses successives du sol des parcelles cultivées car les travaux culturaux remontent en surface des matériaux plus argileux. De plus les sédiments grossiers déposés au fond des cuves d'érosion ne sont pas plus riches en éléments fins que le sol en place. Cependant la proportion de terre érodée sous forme de suspension capable d'effectuer de longs trajets avant de sédimenter est inversement proportionnelle à la puissance de l'érosion et peut atteindre 3 à 50 % (en moyenne 10 à 20 %) de la totalité. On voit ainsi les rapports des particules érodées aux particules du sol en place (0 à 10 cm) passer à 1,5 pour l'argile, 2,2 pour le limon, 0,96 pour les sables fins et 0,92 pour les sables grossiers. L'érosion préférentielle, doublée dans certains cas du lessivage oblique, apporte donc une explication au phénomène assez général d'appauvrissement en colloïdes des horizons supérieurs des sols tropicaux.

Tableau n° 1 - Caractéristiques de l'érosion et du ruissellement mesurés sur parcelles expérimentales à Adiopodoumé A (basse Côte d'Ivoire) et Séfa B (Casamance, Sénégal) depuis 10 ans.

Couverture végétale et façons culturales	Erosion annuelle t./ha.		Ruiss. annuel moyenne en %	Ruiss. max. %
	extrêmes	moyenne		
A) Forêt secondaire; pente de 22 %	2,4 à 0,01	0,2	0,7	6 (12) *
Sol nu ; pente 7 %	90 à 132	120	29,4	58
Plantes de couverture plantation hâtive, fort développement; dès la 1ère année. Pennisetum purpureum, Setaria, Guatemala grass.	0,2 à 1,1	0,3	3,61	25 (59)
Plantes de couverture plantation tardive, faible développement densité faible 1ère année	33 à 48	40	19,3	59 (75)
Crotalaria, Flemingia congesta, Mimosa invisa, 2ème année	0,1 à 0,5	0,3	2,3	17
Panicum maximum, Digitaria umfolozi				
Paillis avec bananier	-	0,04	0,5	3
Ananas : à plat 1ère année	6 à 15	10	14,0	51
: butté 1ère année	-	1,5	6,3	5
: à plat ou butté 2ème année	0,04 à 0,3	0,3	2,5	12
Manioc : -à plat ou butté 1ère année	27 à 93	40	20	61 (83)
et : -buttes + cloisonnées 1ère année	13 à 32	22	15	61
Igname : -à plat ou butté 2ème année	-	2	-	23
Mais	-	35	13,8	52
Palmier à huile et caféier avec une bonne plante de couverture	0,1 - 0,5	0,3	2,5	16
=====				
B) Forêt brûlée ou protégée pente 2 %	0,02 à 0,5	0,12	0,8	3
Sol nu (culture complètement dévastée)	7 à 54	50	40	90
Jachère naturelle (savane arbustive)	1,5 à 10	4,8	17	68
Arachide à plat	2,9 à 16	6,9	23	79
Riz à plat	2,1 à 18	8,2	27	91
Mais, Mil, Sorgho (engrais vert ou grain), coton à plat.	1,2 à 23	8,8	30	89

Note * Ruissellement exceptionnel

A - Etudes effectuées par DABIN (B.), LENEUF (N.), PERRAUD (A.) et ROOSE (E.).

4.2. Pertes en éléments fertilisants à Adiopodoumé

Les pertes en éléments fertilisants du sol varient en fonction des quantités de matériaux érodés sur les parcelles bien plus qu'en fonction des conditions expérimentales (DABIN et LENEUF, 1958). C'est pourquoi nous pouvons nous contenter de moyennes pour tenter d'établir un bilan à Adiopodoumé. Celui-ci tient compte des quatre formes sous lesquelles se présentent les pertes par l'érosion : les sédiments grossiers, les suspensions fines, les eaux de ruissellement et les matières organiques grossières qui flottent à leur surface.

4.2.1. Les résultats analytiques

Il existe une bonne concordance entre les résultats analytiques de 1957/58 (DABIN et LENEUF) et ceux de 1965/66 (ROOSE). Après 8 années de culture le sol dénote une baisse notable de fertilité. Seul le potassium est en hausse ce qui s'explique à la fois par la pauvreté en potassium du sol forestier initial et par un apport massif de fumier en avril 1964. Cet apport de fumier entraîne également un enrichissement en carbone, azote et phosphore total des matériaux grossiers érodés en 1965 qui semblent par ailleurs beaucoup plus pauvres en bases qu'en 1957.

Les eaux de ruissellement sont pauvres (résistivité de l'ordre de 10^5 ohms/cm²) mais leur volume est tel qu'il faut y trouver une cause importante de l'appauvrissement du sol.

Par contre les éléments fins entraînés sous forme de suspension sont cinq à huit fois plus riches en carbone, azote, et bases totales que le sol en place. Les matières organiques grossières sont encore beaucoup plus riches en éléments fertilisants.

4.2.2. Les exportations annuelles

Nous avons choisi le cas d'une érosion faible (20 t/ha) qui pourrait être celle d'un champ de manioc ou d'igname, culture de base en Côte d'Ivoire.

Cette érosion moyenne a entraîné une perte de 440 kg de carbone, 53 kg d'azote, 23 kg de phosphore, 71 kg de chaux, 23 kg de magnésie, 35 kg de potasse et 103 kg de soude.

Tableau n° 2. Résultats analytiques du sol des parcelles d'érosion d'Adiopodoumé et des produits érodés. Valeurs moyennes en %.

	Sédiments de fond		Taux de ruissellement		Sédim. en suspension	Matière organique	Sol en place (0-10 cm)	
	1957	1965	1957	1966	1966	1965	Janvier 1958	Janvier 1966
Carbone total %	1,179	1,312	-	0,001234	7,516	28,7	-	1,280
Azote totale %	0,095	0,115	-	0,00075	0,514	-	-	0,101
P ₂ O ₅ total %	0,072	0,0734	0,000424	0,000066	0,100	0,258	0,0764	0,0645
Bases échangeables %								
CaO	0,094	0,0535	0,00123	0,00061	0,0557	0,3640	0,02604	0,00840
MgO	-	0,0084	-	0,00047	0,0364	0,1456	0,00740	0,00640
K ₂ O	0,026	0,0132	0,00072	0,00024	0,0263	0,1137	0,00376	0,02350
Na ₂ O	0,035	0,0025	0,00072	0,00015	0,0186	0,0248	0,00124	0,00186
Bases totales %								
CaO	-	-	0,00123	0,00061	0,12040	-	0,08400	0,02018
MgO	-	-	-	0,00047	0,17460	-	-	0,02100
K ₂ O	-	-	0,00072	0,00024	0,33464	-	0,04042	0,06298
Na ₂ O	-	-	0,00072	0,00015	0,04774	-	0,06820	0,01240
Argile %	10,8	8,4	-	-	53,3	-	12,2	13,1
Limon	2,5	2,4	-	-	28,7	-	1,8	2,7
Sable fin	20,5	17,5	-	-	7,9	-	30,8	28,8
Sable grossier	63,7	71,1	-	-	0,0	-	54,4	55,5

Note : Toutes les analyses ont été réalisées aux laboratoires de l'ORSTOM à Adiopodoumé. Nous voudrions témoigner ici notre reconnaissance à Mr NALOVIC chef de laboratoire Mmes PERRAUD et GAVINELLI ainsi qu'à Mr PETARD qui ont assuré avec toute l'équipe de techniciens africains l'analyse des échantillons de 1965/66.

Tableau n° 3. Exportation annuelle moyenne (en kg./ha.) d'un champ cultivé à Adiopodoumé sur pente : 7 % (E = 20 t/ha an dont 10 % de suspension ; R = 15 % ; pluie = 2000 mm)
Moyennes des analyses réalisées en 1957/58 et 1965/66.

	Sédiment de fond	Ruissellement (solution) 3.000 m ³	Matière organique brute	Suspension	Total (1)	Sol en place sur 1 mm (2)	Rapport (1) (2)
C total	224,28	37,02	28,70 *	150,32	440,32	192,00	2,29
N total	18,90	22,50	1,40	10,28	53,08	15,15	3,50
P ₂ O ₅ total	13,09	7,35	0,26	2,00	22,70	10,58	2,14
Bases échangeables							
Ca O	13,28	27,60	0,36	1,11	42,35	2,58	16,41
Mg O	1,51	14,10	0,15	0,73	16,49	1,04	15,86
K ₂ O	3,53	14,40	0,12	0,53	18,58	2,04	9,11
Na ₂ O	3,38	13,20	0,03	0,37	16,98	0,18	94,33
Bases totales	**		**				
Ca O	39,69	27,60	0,99	2,41	70,69	7,81	9,05
Mg O	4,83	14,10	0,37	3,49	22,79	3,15	7,23
K ₂ O	13,41	14,40	0,43	6,69	34,93	7,76	4,50
Na ₂ O	87,88	13,20	0,78	0,96	102,82	6,05	17,00
terre érodée t./ha.	18	-	0,1	2	20,1	15	1,34

Notes * Calculé en supposant un rapport C/N = 20

** En l'absence de données sur les bases totales nous avons multiplié les bases échangeables par le rapport des bases échangeables/totales dans le sol en place soit 3,0 pour le Calcium ; 3,2 pour le Magnésium ; 3,8 pour le Potassium et 26 pour le Sodium.

Les sédiments grossiers interviennent pour 49 % des pertes totales (scude non comprise), les eaux pour 19 %, les suspensions pour 27 % et les matières organiques grossières pour 5 %.

Le carbone circule principalement dans les sédiments fins et grossiers tandis que l'azote et le phosphore sont aussi entraînés en solution dans l'eau.

Calcium, sodium et potassium se retrouvent surtout dans les sédiments grossiers et les eaux de ruissellement tandis que la majeure partie du magnésium est perdue sous forme de solution.

Si on désirait contrebalancer de telles pertes en éléments minéraux dues à l'érosion il faudrait apporter :

240 kg de dolomie à 30% de chaux et 20% de magnésie

60 kg de chlorure de potasse à 20% de potasse

250 kg de sulfate d'ammoniaque à 21% d'azote

130 kg de superphosphate à 18% de $P_2 O_5$

3.600 kg de fumier frais à 12,3 % de carbone.

4.2.3. Conclusions

L'érosion en nappe telle qu'elle est mesurée sur les parcelles expérimentales entraîne un décapage du sol à peine perceptible à l'échelle humaine (14 cm en 100 ans à Adiopodoumé).

Il nous faut cependant attirer l'attention sur des pertes en éléments fertilisants 2 à 7 fois supérieures à celles qu'on pourrait attendre d'un tel décapage du sol en place (voir tableau n° 3 dernière colonne). Ce fait avait déjà été noté par DABIN et LENEUF (1958) à Adiopodoumé et par l'auteur (1965) à Séfa.

Les parcelles étant cultivées depuis 10 ans on ne peut expliquer de façon satisfaisante ces pertes excédentaires par une richesse supérieure des tous premiers centimètres du sol (cas classique sous forêt) par rapport à celle des échantillons prélevés sur 10 cm.

On pourrait expliquer l'érosion préférentielle des particules en observant que tous les matériaux décapés sur les parcelles

expérimentales n'atteignent pas l'extrémité inférieure de cette dernière. Les plus grossiers peuvent sédimenter sur place tandis que les eaux de ruissellement entraînent des éléments en suspension et en solution. La microfaune, en homogénéisant sans cesse le sol, transmet en profondeur cet appauvrissement en particules fines et en éléments fertilisants.

Les remontées biologiques par ailleurs ne jouent qu'un rôle négligeable durant l'année car toute la production végétale est exportée hors des parcelles en fin d'année.

Le phénomène d'érosion comprendrait donc non seulement le décapage mécanique de la surface du sol mais aussi l'appauvrissement en colloïdes et en bases des premiers centimètres du sol.

5. Quelques moyens de lutte antiérosive.

Les techniques antiérosives aussi bien au niveau d'une parcelle qu'au niveau d'une région sont bien connues et ont fait l'objet depuis 1935 de nombreux ouvrages en particulier aux Etats Unis. L'application de ces techniques aux conditions africaines ont été étudiées par de nombreux chercheurs depuis plus de dix ans au moyen de parcelles et de bassins versants expérimentaux. Leur mérite est d'avoir fait ressortir l'efficacité de méthodes simples et à la portée du paysan pour restreindre l'érosion sur les champs cultivés à des limites acceptables.

Notre propos est de souligner par deux exemples l'importance du facteur humain lorsqu'il s'agit d'appliquer des techniques très valables en elles-même et de les introduire dans des structures psychologiques peu préparées.

A Ouhigouya (Haute-Volta) des moyens importants et des techniques perfectionnées et originales ont été déployées pour défendre une zone densément peuplée (100 habitants au km²) et parcourue par un cheptel beaucoup trop abondant. On a creusé 40.000 km de fossés de diversion pour éliminer l'effet de la longueur des pentes ; 150 km de murettes en pierres sèches stabilisent les exutoires et les vallées ; 160 barrages et mares temporaires retiennent les eaux de ruissellement en amont des plaines fertiles ; on a augmenté la perméabilité des sols par des passages au ripper et des plantations forestières. Ces réalisations intéressantes et spectaculaires n'ont pas abouti à tous les résultats escomptés car la population est restée étrangère à l'effort entrepris et ne s'est pas sentie concernée par l'entretien des ouvrages. Aujourd'hui, les autorités voltaïques ont parfaitement compris qu'il fallait aboutir à un véritable développement du milieu rural pour transformer la physionomie d'une région et que les moyens à mettre en oeuvre sont aussi de l'ordre de la rationalisation et l'intensification des cultures (engrais, fortes densités, traction animale, etc..), de l'organisation du marché des produits agricoles et l'élimination (primes à l'abattage) du bétail rachitique et surnuméraire.

Conscients des difficultés rencontrées en Haute-Volta les Services chargés de l'aménagement de la zone dense de Korhogo (Côte d'Ivoire) ont choisi la méthode des bandes anti-érosives qui consiste à maintenir en permanence le long des courbes de niveau des bandes enherbées sur quelques mètres de largeur. Grâce à l'excellente perméabilité du sol obtenue par l'abondance du chevelu radicaire des graminées, ces bandes épongent une partie du ruissellement, diminuent la vitesse des écoulements et provoquent ainsi le dépôt des éléments grossiers et la formation de terrasses à pente douce. Cette méthode extrêmement simple et relativement bon marché ne demande aucun entretien à part la lutte contre les feux de brousse et peut servir de tremplin à l'extension de la culture en courbe de niveau dans le milieu paysan. L'efficacité de cette technique ne fait plus de doute (ROOSE, 1967) ; malheureusement le manque d'encadrement et l'usage des gros engins au lieu de la main d'œuvre locale a entraîné le désintéressement des paysans qui n'ont pas soigné les arbres destinés à marquer définitivement l'emplacement des courbes de niveau ou, pire encore, n'ont pas respecté les bandes d'arrêt.

Ces deux expériences nous montrent la nécessité de préparer soigneusement le milieu psychologique et humain pour qu'il participe aux travaux d'aménagement, s'y intéresse et de ce fait assure leur pérennité. Le bulldozer peut certainement aménager le territoire mais il reste impuissant à éduquer les masses. Les petits moyens à la portée du paysan sont bien plus difficiles et lents à généraliser mais les résultats sont plus sensibles et mieux respectés par ceux qui ont collaboré et peiné à leur mise en place.

5.1. A l'échelle du champ cultivé

Au Sénégal et en Côte d'Ivoire (ROOSE 1965, 1967) comme en Rhodésie (HUDSON, 1957) c'est la couverture végétale du sol qui s'est montré le facteur par lequel l'homme a le plus d'emprise sur l'érosion dans un champ. La première règle et la plus universelle est donc de couvrir au maximum le sol surtout durant les périodes les plus érosives de l'année.

Cela signifie intensifier les cultures grâce aux apports d'engrais et de fumier, semer tôt et dru des variétés à développement rapide et vigoureux, user de paillis et de plantes de couverture, laisser en surface les déchets de culture et couvrir le sol d'une culture associée ou dérobée si les pluies sont encore importantes après une première récolte.

L'exemple des engrais vert en Casamance illustre bien cette règle. Jusqu'en 1963 une rotation quadriennale voyait succéder à trois années de culture mécanisée (arachide, riz, arachide) une année de régénération du sol consistant en une culture de sorgho enfouie comme engrais vert suffisamment tôt (fin août) pour permettre l'humification des grosses tiges. Il s'en suivait un éphémère accroissement de rendement des cultures et de la porosité du sol mais l'érosion y était au moins aussi critique que sous les autres cultures.

Depuis lors on a imaginé de labourer directement après la récolte précédente, avant la saison sèche, ce qui permet de semer le sorgho dès les premières pluies, de prélever une récolte de fourrage en fauchant en août et d'enfouir les repousses avant les toutes dernières pluies. Cette fois le sol accuse une très nette régénération : la structure acquise par le labour avant la saison sèche est protégée par le couvert des graminées ; l'érosion est maîtrisée car les pluies de fin de saison n'ont plus l'occasion de détruire les bénéfices de cette technique (travaux des ingénieurs de l'IRAT au Sénégal).

Conservation des sols veut dire exploitation rationnelle et durable. Aussi faut-il souvent mettre au point les techniques culturales adaptées à chaque région : labour avant la saison sèche (zone tropicale sèche) billonnage isohypse cloisonné, rotation, scarifiage, etc...

5.2. A l'échelle du bassin versant

Frappé par les dégâts spectaculaires (rigoles, ravines etc..) dus au ruissellement, le planificateur a tendance à vouloir arrêter l'érosion par absorption totale sur le versant des

eaux de ruissellement ; ceci l'entraîne à des terrassements importants (fossés et terrasses d'absorption) et souvent peu bénéfiques pour les cultures. Or, avant la stabilisation des digues ou en cas de pluies exceptionnelles, les risques de catastrophe sont graves.

Plus économiques et moins dangereuses sont les techniques qui permettent l'écoulement des excès d'eau tout en évitant de concentrer les eaux de ruissellement et de leur laisser l'occasion d'acquérir une énergie cinétique importante. La culture en courbe de niveau, la concrétisation de ces dernières par des haies vives ou mieux encore par des bandes d'arrêt enherbées, l'alternance des cultures et des jachères enherbées sont des techniques simples qui, combinées entre elles et jointes à l'aménagement des exutoires (souvent des ravines), suffisent le plus souvent pour maîtriser l'érosion sur des pentes inférieures à 8 % sur des sols ferrallitiques et 2 % sur des sols ferrugineux. Sur les pentes supérieures on peut adjoindre à ces techniques des fossés de diversion ou d'absorption protégés par des herbages ou y planter des arbustes sur de petites terrasses isclées ou en ligne ischypse, en légère contrepente, les interlignes étant protégés dès l'implantation par une plante de couverture (exemple - les hévéas de l'Anguédédou en basse Côte d'Ivoire).

6. Conclusions

S'il est parfois difficile de mettre en évidence par les chiffres de rendement des cultures le manque à gagner dû à l'érosion et au ruissellement, le bilan des pertes physiques et chimiques permet d'en constater l'importance économique et de choisir sagement les mesures antiérosives appropriées à chaque cas. Les parcelles expérimentales de mesure sont indispensables à cet effet mais il ne faut pas perdre de vue qu'en réalité les champs cultivés sont plus larges et les pentes plus longues ; les possibilités de concentration des eaux et de ravinement sont donc plus grandes. Il n'en reste pas moins vrai qu'à l'origine, le problème de l'érosion par l'eau (comme par le vent) est une question de couverture végétale, de fertilisation, d'intensification et de rationalisation des cultures avant de devenir un problème de Génie Rural ou Forestier.

Avant d'envisager les méthodes coûteuses de lutte mécanique contre l'érosion il faudra donc veiller à soigner la densité de la couverture végétale du sol et mettre au point les techniques culturales adaptées à chaque région.

Enfin, toutes ces techniques doivent soigneusement tenir compte des problèmes humains posés par leur application concrète. C'est principalement pour les populations rurales et dans le milieu rural que sont entrepris les efforts de lutte antiérosive. Pour s'assurer leur collaboration et la pérennité des ouvrages il est normal que l'on en tienne compte dans le choix parmi les nombreuses techniques valables.

BIBLIOGRAPHIE
=====

- CARBON 1964.
 "Périmètre de restauration des sols de Ouahigouya"
 Rapport d'étude III
 Note sur le réseau antirérosif et son influence sur
 les méthodes culturales".
 Rapport GERES. 38p.
- CHARREAU (C.) et PIERI (C.) - 1966.
 "Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en
 1965".
 Compte rendu IRAT Sénégal 1965 40p. nombreux tableaux.
- CHARREAU (C.) et TOBIAS (C.) - 1965.
 "Mesure de l'érosion et du ruissellement à Séfa en
 1964".
 Compte rendu IRAT 1964 27p. nombreux tableaux.
- COINTEPAS (J.P.) - 1956.
 "Les premiers résultats des mesures de l'érosion en
 Moyenne Casamance".
 VI Congrès Int. Sc. du Sol. Paris 1956. Vol. VI n° 15
 pp. 569-576.
- DABIN (B.) et LENEUF (N.) - 1958
 "Etude de l'érosion et du ruissellement en basse
 Côte d'Ivoire", mai 1956 - mai 1958".
 Rapport multigr. ORSTOM inédit 20p.
- FAUCK (R.) - 1956.
 "Erosion et mécanisation agricole"
 Bureau des Sols en AOF Septembre 1956 24p.
- FEODOROFF (A.) - 1965.
 "Mécanismes de l'érosion par la pluie".
 Revue Géogr. Phys. Géol. Dyn. (Paris)
 avril-juin 1965 VII, 2, p. 149-163.

FOURNIER (Fr.) - 1954.

"La parcelle expérimentale. Méthode d'étude expérimentale de la conservation du sol, de l'érosion et du ruissellement".

Extrait du rapport de la Mission O.E.C.E. "Etude des Sols" aux Etats Unis (T.A. 38-63)

ORSTOM Bondy août 1954.

FOURNIER (Fr.) - 1960.

"Climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations".

Presses Universitaires de France. 198p.

GOSSELIN (P.) - 1963.

"Contribution à l'aménagement du terroir en Nord Côte d'Ivoire (Boundiali Odienné) et à la conservation des sols en zone dense de Korhogo".

Rapport multigr. du Service des Sols

Korhogo. 36p. fév. 1963.

GOSSELIN (P.) - 1964.

"Rapport sur la mission restauration des sols à Ouahigouya - Haute-Volta. 8 au 13 janvier 1964".

Rapport ronéo. Service des Sols à Korhogo 15p.

GROENE (D.) - 1961.

"Périmètre de lutte contre l'érosion de Ouahigouya Conservation des sols".

Ministère de l'Economie Rurale Rép. de Haute-Volta 15p.

HAUREZ (M.J.) - 1965.

"Périmètre de restauration des sols de Ouahigouya.

-Entretien du réseau antiérosif et amélioration des techniques de production

-Etude complémentaire de la campagne 1964".

GERES-Volta rapport SCET-Coopération 120p.

HUDSON (N.W.) - 1957.

"Erosion control research".

Progress report on experiments at Henderson research station 1953-1956."

Rhodesian Agricultural Journal Vol. 54 n° 4 p.297-323.

HUDSON (N.W.) - 1957.

"Soil erosion and tobacco growing".

Rhodesian Agricultural Journal Vol. 54 n°6, p.547-555.

IGNATIEFF (V.) et PAGE (H.J.) - 1959.

"L'utilisation rationnelle des engrais".

Etude agricole de la F.A.O. n° 43. Rome, 1959, 379p.

LEROUX (D.) - 1951.

"Engrais, amendements, produits pour la protection
des cultures (étude et analyse)".

Gauthier-Villars Paris 1951, 387p.

MOUNIS

"Etudes hydro-climatologiques".

GERES-Volta rapport Sogetha

.rapport provisoire 1963 45p.

.rapport 1964 18p.

PERRAUD (A.) - 1961.

"Etude expérimentale de l'érosion en 1960".

Rapport multigr. ORSTOM Abidjan inédit 5p.

ROOSE (E.) - 1965.

"Dix années de mesures de l'érosion et du ruissellement
au Sénégal.

(Station IRAT de Sefa - Moyenne Casamance)

Rapport de mission du 12-7 au 3-9-1964

Station ORSTOM d'Adiopodoumé ronéo 63p. 22 tabl. 28réf.

ROOSE (E.J.) - 1967.

"Contribution à l'étude de la méthode des bandes
d'arrêt pour la conservation des sols

- Etudes expérimentales et observations sur le terrain".

Rapport multigr. ORSTOM, Abidjan, 19p. 7 réf.