

CONSERVATION DES EAUX ET DU SOL EN VUE DE L'INTENSIFICATION

DE L'EXPLOITATION DE L'ESPACE AGRICOLE TROPICAL

par le Docteur E. ROOSE
Maître de Recherches en Pédologie à l'ORSTOM (1)
Côte d'Ivoire

Introduction

L'Afrique tropicale est une région du globe où les potentialités de production agricole sont immenses car la température reste favorable toute l'année et les pluies, en dehors de la zone sahélienne, sont largement excédentaires par rapport aux besoins des cultures.

En fait, la révolution verte reste à faire car les sols sont pauvres et les précipitations, mal réparties et brutales, sont souvent la cause de la dégradation de la fertilité des sols par l'érosion ou la lixiviation des éléments nutritifs. La production végétale et animale de cette zone est actuellement limitée du fait des carences chimiques des sols mais aussi et peut être encore plus à cause du déficit hydrique qui règne à certaines époques de l'année. C'est évident pour la zone tropicale sèche où les pluies s'arrêtent pendant 4 à 8 mois de l'année mais cela se vérifie également sous des climats sub-équatoriaux très humides. En effet, si on admet en première approximation que l'eau nécessaire à la croissance optimale des plantes est égale à l'évapotranspiration potentielle, on constate (voir tableau 1) que le déficit hydrique diminue certes lorsque les précipitations augmentent, mais qu'il dépasse encore 200 millimètres dans la région d'Abidjan où les pluies annuelles moyennes égalent 2100 mm (Ehin, 1971). En plus de ce déficit global qui limite la durée des cycles culturaux, peuvent survenir à des époques sensibles des décades déficitaires particulièrement défavorables pour les rendements.

: Tabl. 1	: Pluies : annuelle moy. : mm.	: Régime : climatique	: ETP : annuel moy. : mm.	: Déficit : annuel : mm.	: Drainage : au-delà de 1 m. : en mm.
: Abidjan	: 2100	:) sub-équatorial	: 1220	: 150 à 250	: 600 à 1200
: Gagnoa	: 1500	:) à	: 1480	: 250 à 400	: 300 à 600
: Bouaké	: 1200	:) deux saisons : des pluies	: 1480	: 400 à 600	: 200 à 400
: Korhogo	: 1400	:) Tropical à	: 1850	: 600 à 850	: 300 à 500
: Ouagadougou	: 860	:) 1 saison des : pluies	: 1900	: > 1200	: 0 à 200

Pour remédier à la mauvaise répartition des pluies, deux moyens efficaces se présentent à l'esprit :

- l'apport massif d'eau par l'irrigation,
- ou la conservation sur place des eaux de pluie par la suppression du ruissellement.

L'irrigation associée à la fertilisation minérale permet d'obtenir des rendements considérables et d'effectuer 2 à 3 récoltes par an. Dans les régions d'Abidjan et de Bouaké par exemple on a produit 35 à 40 T/ha/an de fourrage de bonne qualité dans des champs irrigués de Panicum maximum moyennant des apports fractionnés de 500 unités d'azote, 400 unités de potasse et 200 de phosphore. Cependant, l'irrigation nécessite généralement une haute technicité et des investissements importants. Elle pose des problèmes phytosanitaires, d'économie des engrais (facilement lixiviés) et d'économie de l'eau. Les sols ferrallitiques par exemple sont pour la plupart très perméables et demandent l'utilisation de techniques spéciales de colmatage pendant plusieurs années avant d'être utilisables pour la riziculture inondée. De tout ceci, il résulte que les surfaces aménageables pour l'irrigation sont limitées.

(1) ORSTOM = Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer

5 AVR 1977

O. R. S. T. O. M.

322

Collection de Référence

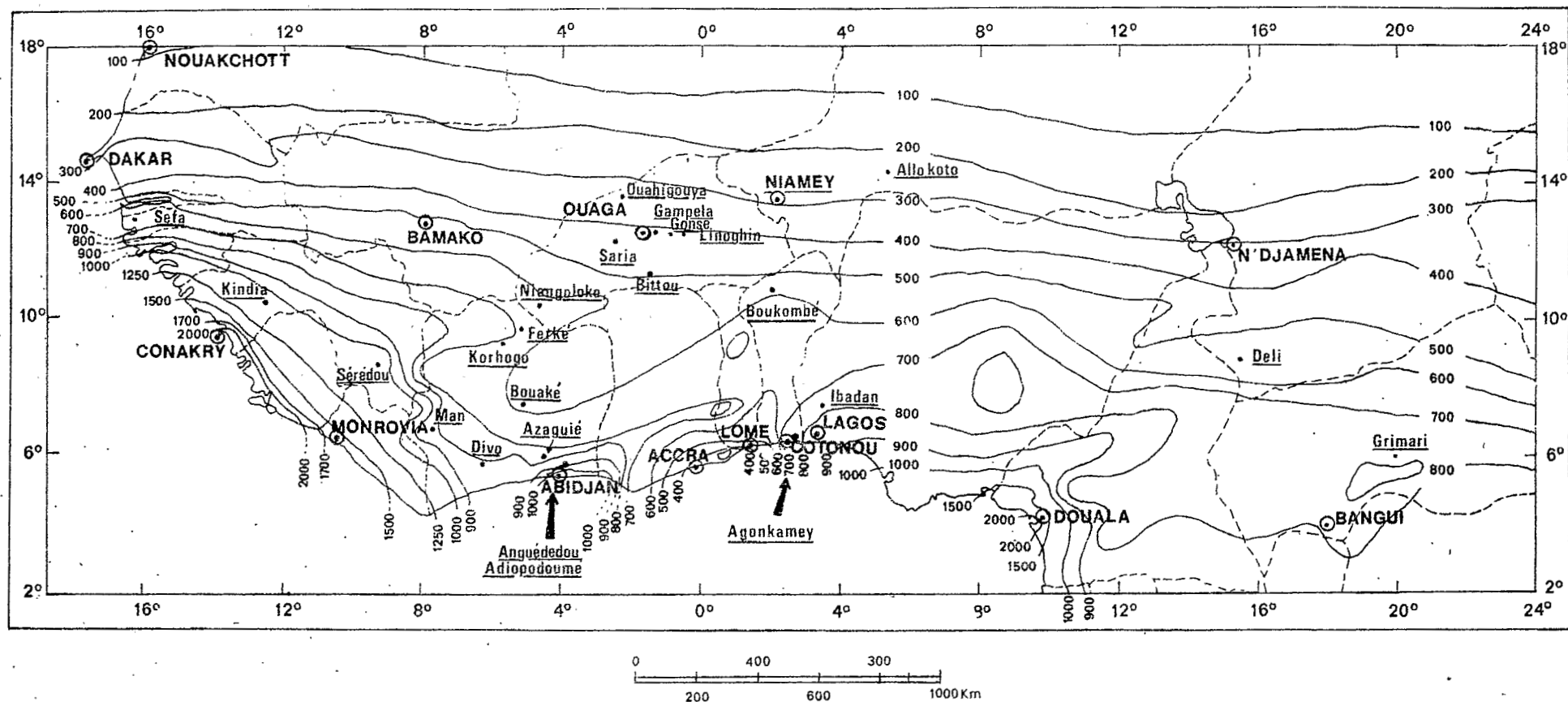
M 62 n° 8599 ex 1 Pédologie

B 8599 ex 1

4/8776
76.21

PDL
②

ESQUISSE DE LA REPARTITION DE L'INDICE D'AGRESSIVITE CLIMATIQUE ANNUEL MOYEN (RUSA DE WISCHMEIER) EN AFRIQUE DE L'OUEST ET DU CENTRE SITUATION DES PARCELLES D'EROSION



D'après les données pluviométriques rassemblées par le Service Hydrologique de l'ORSTOM et arrêtées en 1975.

Dressée par ROOSE (E.J)
Maître de Recherche en Pédologie - ORSTOM - B.P 20 Abidjan

L'autre méthode consiste à utiliser au mieux les eaux apportées par les précipitations atmosphériques naturelles en évitant les pertes par ruissellement et en favorisant leur stockage et leur infiltration dans le sol. La lutte antiérosive en effet, permet à la fois d'optimiser l'utilisation par les plantes des eaux de pluie, de tamponner le régime des eaux de surface (protection des ouvrages d'art, routes, ponts, etc...) de conserver la fertilité des sols et d'assurer l'alimentation des nappes souterraines en eau de qualité.

Dans cette note, il ne sera question que des techniques de conservation de l'eau et des sols adaptées aux zones tropicales sèches ou humides pour lesquelles des études en petites parcelles expérimentales ont été entreprises depuis une vingtaine d'années. L'analyse des causes et des facteurs déterminant l'intensité de l'érosion nous permettra d'orienter le choix des méthodes antiérosives les mieux adaptées pour éviter la dégradation de la fertilité des sols et le gaspillage des eaux naturelles.

2 - Les résultats expérimentaux et leurs conséquences

Sous l'impulsion du Professeur F.FOURNIER, l'ORSTOM et les Instituts Français de Recherches Appliquées ont mis en place depuis 1954, tout un réseau de petites parcelles (voir la carte) destinées à quantifier les causes et les facteurs déterminant l'intensité de l'érosion et du ruissellement en Afrique de l'Ouest.

Des bilans de ces recherches ont déjà été publiés (FOURNIER, 1967 ; ROOSE, 1972, 1973 et 75) que nous allons tenter de placer dans un contexte plus vaste offert par l'équation universelle de prévision de l'érosion proposée par Wischmeier et Smith au 7ème Congrès de Sciences du sol à Madison (1960). Cette équation est basée sur l'analyse statistique de plus de 10.000 résultats annuels de mesure de pertes en terre sur parcelles ou petits versants des U.S.A. Elle s'énonce : $E = R.K. SL. C. P.$

- où E est l'érosion mesurée ou prévisible,
- R est un indice d'agressivité climatique,
- K = indice de résistance du sol à l'érosion en nappe et en rigole,
- SL = indice topographique couvrant à la fois l'inclinaison et la longueur de la pente,
- C = facteur biologique exprimant les interactions entre la couverture végétale et les techniques culturales pratiquées,

P = indice tenant compte de l'efficacité des aménagements antiérosifs.
L'intérêt d'une telle équation est de déterminer le plus objectivement possible les techniques antiérosives à mettre en oeuvre pour ne pas dépasser le taux d'érosion tolérable une fois connus l'agressivité climatique, l'érodibilité du sol et la topographie des terrains à mettre en valeur.

Pour en tirer les leçons pratiques concernant la lutte antiérosive en Afrique de l'Ouest il est nécessaire de distinguer deux régions : la zone tropicale sèche dominée par les sols ferrugineux tropicaux et la zone tropicale humide ou subéquatoriale couverte principalement par les sols ferrallitiques.

On a réuni au tableau 2 les variations des coefficients qui interviennent dans cette équation dans la Grande Plaine Américaine et dans les zones tropicales sèches ou humides de l'Afrique de l'Ouest.

Tableau 2	Plaine des U.S.A.	Zone tropicale sèche sols ferrugineux Pentes faibles	Zone tropicale humide sols ferrallitiques pentes moyennes
R (climat)	50 à 650	100 à 700	500 à 2000
K (sol)	0,05 à 0,60	0,10 à 0,30	0,02 à 0,20
SL (pente)	0,1 à 6	0,1 à 1	0,1 à 2,5
C (couvert)	1 à 0,001	1 à 0,01	1 à 0,001
P (pratiques antiérosives)	1 à 0,1	1 à 0,1	1 à 0,1

En zone tropicale humide, les pluies sont extrêmement agressives et d'autant plus agressives que la moitié des précipitations est souvent concentrée en deux mois. Heureusement les sols ferrallitiques sont très perméables : leur résistance à l'érosion est bonne, et d'autant meilleure que leurs taux de matières organiques et d'éléments grossiers (sables et gravillons) sont élevés et les teneurs en limons faibles. Les pentes cultivées varient de 0,5 à 15% avec une forte proportion de pentes inférieures à 7%. Erosion et ruissellement restent médiocres tant que le sol est bien couvert. C'est le cas sous forêt, jachère forestière, pâturage et cultures arborescentes (hévéa, palmier, cacao, café, fruitiers divers) dont les interlignes sont couvertes. Le drainage est important (voir tableau 1) ainsi que les risques de lixiviation des éléments fertilisants. Pour assurer la conservation de l'eau mais surtout du sol on peut faire varier plusieurs facteurs dont l'influence va décroissante (voir tableau 2) : la couverture du sol (facteur 1000) la pente (facteur 25) et le sol (facteur 10). On comprend que la couverture végétale prédomine tous les autres facteurs car si le sol est couvert, les phénomènes d'érosion restent négligeables quels que soient l'agressivité du climat, la pente et le sol. C'est donc sur le facteur couverture végétale et sa répartition dans le temps et dans l'espace qu'on va jouer principalement pour aménager au mieux le territoire :

- cantonner les cultures annuelles sur les pentes inférieures à 7%, les orienter parallèlement aux courbes de niveau et laisser en surface les résidus de culture,
- laisser les fortes pentes aux forêts et cultures pérennes et veiller à l'orientation et au drainage des routes,
- semer tôt et dense des variétés à fort développement, utiliser une fumure équilibrée et fractionnée, limiter le travail du sol et assurer la protection des végétaux.

En zone tropicale sèche, les pluies sont nettement moins agressives qu'en région subéquatoriale mais souvent plus agressives qu'en zone méditerranéenne et surtout qu'en zone tempérée. Les sols ferrugineux tropicaux cultivés sont assez sensibles à l'érosion parce qu'ils ont tendance à se couvrir d'une pellicule de battance quasi imperméable ; ils ont une structure instable car ils sont pauvres en matières organiques (feux de brousse annuels et termites) et riches en limons et sables fins. En général, les pentes cultivées sont très faibles (0,1 à 3%) mais assez longues. Sous une vieille savane non brûlée et non surexploitée (ce qui est rare) les phénomènes d'érosion sont négligeables. Les jachères jeunes, les parcours du bétail et les cultures traditionnelles couvrent mal le sol, en particulier lors des premières tornades.

Dans cette zone sèche, les transports solides (érosion) sont limités par la faiblesse des pentes. Le ruissellement par contre est considérable à cause de la pellicule de battance qui limite l'infiltration. Or, le gaspillage des eaux de pluie est particulièrement regrettable dans cette zone sub-sahélienne dont l'histoire récente nous a brutalement rappelé qu'elle souffre de la sécheresse.

Pour lutter efficacement contre la battance des pluies, il faut conjuguer les effets :

- du travail du sol selon les courbes de niveau (labour de fin de cycle, binages ou buttage cloisonné) ;
- de la couverture végétale (semis dense et hâtif avec fertilisation adéquate) et d'une politique des matières organiques (paillage avec les herbes de la savane, limitation des feux de brousse, utilisation systématique des résidus de culture et des déjections animales). L'expérience a montré que, dans ce cas, un aménagement antiérosif simple (gros billons enherbés ou empierrés soulignant les principales courbes de niveau) suffit à assurer l'infiltration totale des pluies et à améliorer l'alimentation hydrique des cultures durant les périodes critiques du cycle végétal.

C'est probablement dans cette zone sub-sahélienne que la vulgarisation des méthodes simples de protection du sol et surtout de conservation de l'eau, serait la plus rentable à condition que le paysan comprenne l'intérêt de ces techniques et les exécute lui-même. L'intervention extérieure devrait se limiter à des démonstrations par les Services de l'animation rurale, à la fourniture régulière des engrais, semences sélectionnées, produits phytosanitaires, entretien des petites machines attelées et à la commercialisation des récoltes.

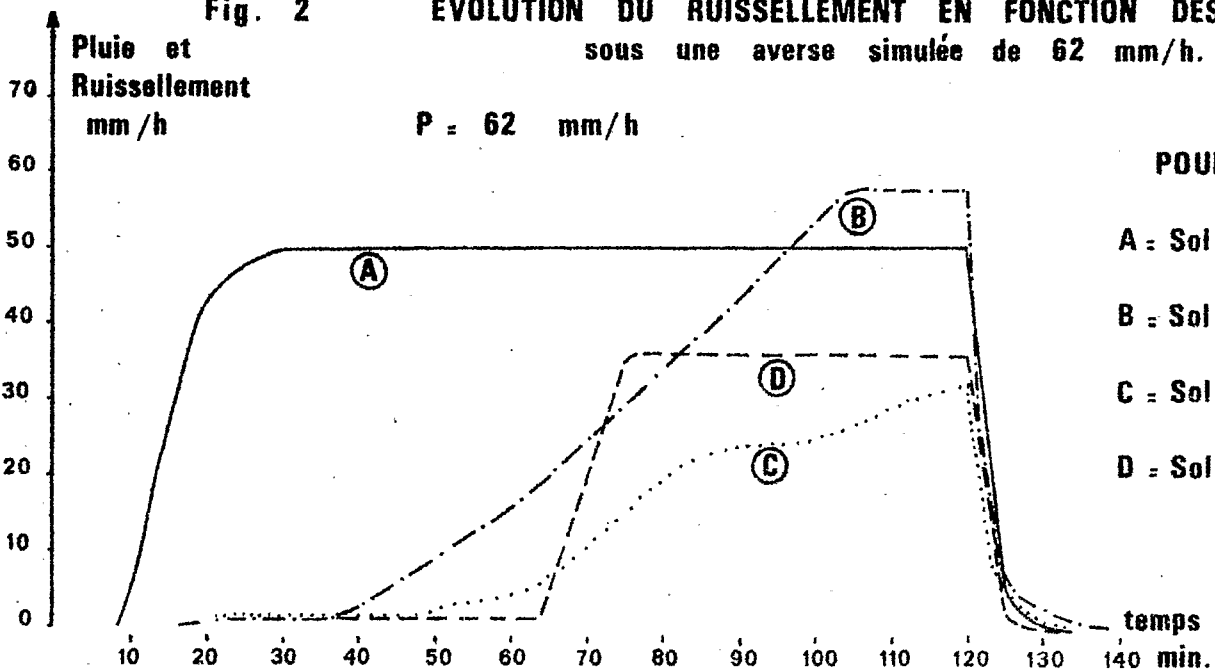
Pour illustrer l'impact que peuvent avoir les techniques culturales sur la conservation de l'eau (et du sol) on a réuni à la figure 2 les courbes montrant l'évolution du ruissellement mesuré au bas de parcelles de 50 m² soumises à une averse exceptionnelle simulée de 62 mm/heure pendant deux heures.

A Bouni (zone sahélienne située à 100 km au nord de Ouagadougou), alors que sur sol nu (colluvial riche en limons) le ruissellement est rapidement très élevé (50mm/h soit 83%), on peut voir (Fig.2) que le labour et à fortiori le labour suivi d'un paillage (10 t/ha) en tiges de sorgho ou d'un billonnage cloisonné (toutes techniques réalisables en milieu traditionnel) retardent et réduisent considérablement le ruissellement.

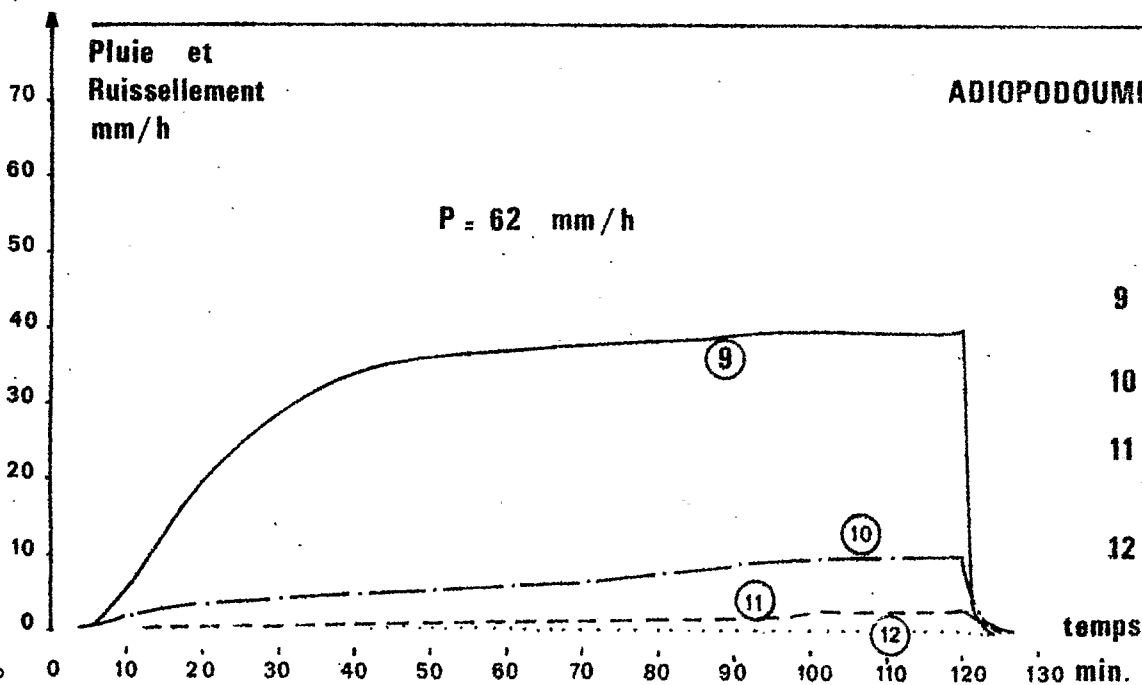
Fig. 2

EVOLUTION DU RUISSELLEMENT EN FONCTION DES TRAITEMENTS

sous une averse simulée de 62 mm/h. pendant 2 heures.



Coeff. Ruiss. %	Ruiss. max. mm/h	Infiltration mm
71	50	36
33,5	58	82
16	29	104
22	36	97



Coeff. Ruiss. %	Ruiss. max. mm/h	Infiltration mm
51	39,5	61
9,6	9,9	112
2,2	3	121
0	0	124

Le stockage des eaux de pluie dans le sol au cours de cette pluie de 120 millimètres n'est que de 36 mm. sur sol battu mais s'élève de 82 à 104 millimètres sur sol travaillé, paillé ou cloisonné (Collinet et al., 1975).

A Adiopodoumé (zone subéquatoriale près d'Abidjan en basse Côte d'Ivoire) sur un sol ferrallitique sableux, les phénomènes d'érosion furent observés sous le même type de pluie sur des parcelles de 30% de pente dont l'une est maintenue en sol nu et les autres sous culture d'ananas (couvert = 60% à 6 mois) dont on a brûlé, enfoui ou laissé en surface les résidus de la culture précédente (12 t/ha). On constate le rôle important joué par la couverture du sol (ananas = 50% et mulch = 100%) et par le mode d'utilisation des résidus de la culture sur la conservation de l'eau et du sol. Le brûlis des résidus de culture semble néfaste car la minéralisation brutale des résidus de culture supprime leur participation à la couverture protectrice du sol ainsi que la formation des phases transitoires des matières organiques liées à la structure du sol. Par contre, la conservation sur place des résidus de la culture (résidus enfouis ou mieux encore laissés en surface) permet l'infiltration de la quasi totalité des précipitations (121 à 124 mm). Les ravines spectaculaires observées dans les plantations d'ananas de la région trouvent donc leur origine dans le déversement localisé du ruissellement accumulé dans le réseau routier et secondairement dans l'accumulation temporaire des eaux dans les sillons ou les interlignes dans lesquels le sol est tassé par les multiples passages des travailleurs et des engins.

3 - Conclusions

On a trop longtemps considéré que la lutte antiérosive s'articulait autour des techniques de terrassement. Celles-ci sont conçues en vue d'évacuer sans danger excessif d'érosion le refus à l'infiltration apparaissant sur les champs du fait de l'intensité des pluies et des techniques culturales mal adaptées au milieu tropical. Or, les techniques de terrassement, si largement décrites dans les manuels, sont chères, peu rentables dans le cadre des cultures vivrières pauvres, difficiles à entretenir et pas nécessairement adaptées à toutes les conditions climatiques.

Par contre, il existe toute une gamme de techniques biologiques visant l'obtention d'une abondante couverture du sol (travail localisé du sol et fertilisation équilibrée, semis

dense et précoce de graines sélectionnées, lutte phytosanitaire, rotations, utilisation rationnelle des résidus de culture et du paillage, bandes d'arrêt, etc...) : elles assurent à la fois la conservation de l'eau et du sol ainsi qu'une haute productivité. La protection des zones sensibles par des cultures pérennes, l'intensification de la production des meilleures terres en respectant les techniques biologiques conservatoires et la structuration du patrimoine foncier en bandes cultivées le long des courbes de niveau (concrétisées définitivement par des billons enherbés, des haies ou des bandes d'arrêt) permettent dans la majorité des cas la conservation des sols et l'exploitation optimale des eaux de pluie. Que l'on se place au niveau de la stabilisation du régime hydrique du sol et des cours d'eau, de la protection de l'environnement ou des ouvrages routiers et hydrauliques comme de l'augmentation de la production agricole, nul doute que l'amélioration de l'infiltration sur l'ensemble des terres cultivées peut apporter une aide précieuse en zone tropicale.

Résumé

La température restant favorable toute l'année, les potentialités agricoles de l'Afrique tropicale sont immenses à condition de corriger les carences chimiques du sol et surtout le déficit hydrique constaté même en zone subéquatoriale. L'irrigation combinée à la fertilisation minérale est une méthode extrêmement efficace pour accroître la production. Cependant les surfaces immédiatement irriguées sont réduites car l'irrigation exige une haute technicité et des investissements importants. Une autre méthode pas assez vulgarisée est la conservation du sol et surtout des eaux : des techniques biologiques simples et visant le développement maximal de la couverture végétale se sont avérées très efficaces pour protéger l'environnement et pour intensifier l'exploitation agricole. Les techniques classiques de terrassement par contre sont chères, peu rentables dans le cadre de l'agriculture pauvre de ces régions chaudes, difficiles à entretenir et finalement moins efficaces dans les conditions climatiques tropicales.

Bibliographie

- 1 - COLLINET (J.), ASSELINE (J.), LAFFORGUE (A.) - 1975 - Compte-rendu d'une mission en Haute-Volta (3 mars au 3 juin 1975). Utilisation d'un simulateur de pluie sur quelques sols représentatifs de la zone soudano-sahélienne. ORSTOM Abidjan, 27 p. multigr.

- 2 - ELDIN (M.) - 1971 - Le climat in "Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire", ORSTOM Paris mémoire n°. 50, vol.1, 391 p.
- 3 - FOURNIER (F.) - 1967 - La recherche en érosion et conservation des sols sur le continent africain. Sols africains, 12, 1, p. 5-53.
- 4 --ROOSE (E.J.) - 1972 - Comparaison des causes de l'érosion et des principes de lutte antiérosive en région tropicale humide, tropicale sèche et méditerranéenne. Communication aux Journées d'Etude du Génie Rural à Florence du 12.16/9/72. pp. 417-441.
- 5 - ROOSE (E.J.) - 1973 - Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical. ORSTOM, Abidjan, 125 p. multigr. Thèse Doct.Ing., Fac.Sci. Abidjan, 1973,n°20.
- 6 - ROOSE (E.J.) - 1975 - Application de l'équation de prévision de l'érosion de Wischmeier et Smith en Afrique de l'Ouest. ORSTOM, Abidjan, 22 p. multigr., (Colloque sur la conservation et l'aménagement du sol dans les tropiques humides, Ibadan, 30 juin-4 juillet 1975).
- 7 - WISCHMEIER (W.H.), SMITH(D.D.) - 1960 - A universal soil-loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7 th Intern.Congr. Soil Science Vol I. p.418-425.