P4

DIVERSITE DES STRATEGIES TRADITIONNELLES ET MODERNES DE CONSERVATION DE L'EAU ET DES SOLS INFLUENCE DU MILIEU PHYSIQUE ET HUMAIN EN REGION SOUDANO-SAHELIENNE D'AFRIQUE OCCIDENTALE

Projet de publication n° 31 du livre Réseau Zones Arides

"La diversité dans l'aridité"

par Eric ROOSE

Directeur de Recherche Pédologue à l'ORSTOM

Février 1989

ORSTOM Fonds Documentaire

11 JUIL. 1989

N° : 26.589 ex 1

Cote : B M P 136

Diversité des stratégies traditionnelles et modernesde conservation de l'eau et de la fertilité des sols.Influence du milieu physique et humain en région Soudano-sahélienne d'Afrique Occidentale

RESUME

Les méthodes de lutte antiérosive sont très variées en fonction des conditions écologiques et socio-économiques. Les stratégies traditionnelles, généralement bien adaptées au milieu physique sont aujourd'hui dépassées suite à la croissance démographique. Les démarches plus modernes d'équipement rural ont également échoués, par manque de consensus des populations concernées. L'auteur présente alors une stratégie ascendante de développement rural (la gestion conservatrice de l'eau et de la fertilité des sols : GCES), qui est fondée sur les besoins, les traditions et les possibilités économiques des paysans.

Dans une deuxième partie, l'auteur analyse les méthodes de lutte antiérosive observées dans la zone soudano-sahélienne d'Afrique Occidentale. Il montre que le milieu est fragile, même si l'érosion est modeste (0,5 à 30 t/ha/an), elle est sélective et les pertes en nutriments et en eau par ruissellement (KR = 5 à 40 %) sur ces glacis cultivés sont intolérables en zone semi-aride. En fonction de la diversité du milieu (économie en eau et ethnies), l'auteur distingue quatre zones où se développent des stratégies différentes :

- la zone Sud-soudanienne (Pluie = 1 000 m) : cultures pluviales drainées.
  Les Sénoufos cultivent sur gros billons et veillent à l'évacuation des excès d'eau.

- La zone Nord-soudanienne (Pluie = 1 000 à 700 mm) : cultures pluviales strictes.
  Les Miniankas évacuent le ruissellement collinaire, mais cherchent à infiltrer au champ toutes les eaux pluviales; (buttage cloisonné derrière des digues de protection).

- La zone Sud-sahélienne (Pluie = 700 à 400 mm) : cultures pluviales sous impluvion.
  Les Mossi du Yatenga tentent de capter toutes les eaux de ruissellement (cordons de pierres, citernes, ZAI, paillage, débuttage).

- La zone Nord-sahélienne (Pluie < 400 mm) : cultures concentrées dans les vallées.
  La culture étant trop risquée sur les versants (réservés à l'élevage), les efforts d'aménagement sont orientés vers l'intensification des cultures dans les vallées.

Les structures antiérosives sont incapables à elles seules de résoudre les graves problèmes de ruissellement en milieu cultivé, mais elles sont indispensables pour développer des systèmes agro-sylvo-pastoraux plus intensifs comprenant une meilleure gestion de la biomasse, des nutriments et des états de la surface du sol.

MOTS CLES : Zone Soudano-sahélienne - Stratégie de lutte antiérosive - Diversité méthodes traditionnelles - variabilité de l'économie de l'eau.

Diversity of traditional and modern strategy for soil and water Conservation. Ecological and ethnical impact in Sudano-Sahelian areas of Western Africa.

SUMMARY

Soil conservation systems are various in relation with ecological and socio-economical conditions. Generally, traditionnal strategies were well adapted but are today obsolete because the population has growed very fast. Actual strategy of rural equipment have also failed by lack of farmers consensus. Therefore the author proposes a strategy of rural development (the water and soil fertility management) which is founded on needs, traditions and economical possibilities of farmers.

In the second part, the author analyses the observed variability of soil conservation systems applied in the Sudano-Sahelian area of Western Africa. It is well known that this environment is fragile. Even if sheet erosion is moderate (0,5 to 30 t/ha/year), the losses of nutrients and water by runoff (5 to 40 % of annual rainfall) are intolerable on arable slopes of semi arid areas. In relation with the variety of the environment (water economy and ethnies), the author discerns four subareas where strategies are different :

- the **South Sudanian** area (Rainfall > 1000 mm) : **drainage farming.**
  Senoufos cultivate on broad ridges for excess rainfall drainage.

- the **North Sudanian** area (R = 1000 to 700 mm) : **rainfed farming** sensu stricto
  Miniankas build protection earth bunds at the bottom of the hills but in the field try to infiltrate all the rainfall (tied ridging).

- the **South Sahelian** area (R 700 to 400 mm) : **runoff farming.**
  Mossis of Yatenga try to capt all runoff water (cistern, pounding, stone bunds, Zai, mulching, hoeing out, etc...).

- the **North Sahelian** area (R < 400 mm) : **valley farming**
  Slopes are used for extensive stocking : management for intensive cropping are localized in the valley.

The soil conservation structures alone are not able to solve runoff problems in cultivated areas, but they are usefull to developp more intensive agro-silvo-pastoral systems taking into account the management of biomass, nutrients and the soil surface status.

KEY WORDS : Sudano-Sahelian area - Soil and water conservation strategies - Variability of water economy - Diversity of conservation methods.

1. INTRODUCTION.

L'érosion est un concept qui recouvre plusieurs processus naturels très variables dans le temps et dans l'espace : l'arrachement de particules solides, leur transport et leur sédimentation.

L'érosion normale est généralement lente, de l'ordre de quelques tonnes par km² et par an, mais elle connait des soubresauts catastrophiques, par exemple les glissements de terrain. Pendant des siècles des versants peuvent rester stables, puis, à la suite d'une longue série d'averses, tout le versant glisse en entraînant avec lui des arbres centenaires ou des villages.

L'érosion accélérée se développe sous l'effet des activités de l'homme : le surpâturge, l'extension des défriches et des cultures à des zones fragiles, les feux répétés, les techniques culturales mal adaptées, la réduction de la jachère et le déséquilibre du bilan des nutriments et des matières organiques aboutissent plus ou moins rapidement à la dégra-dation des couvertures végétales et pédologiques. Ce mode déséquilibrant d'exploitation du milieu entraine le développemennt du ruissellement et de différentes formes d'érosion (en nappe, en ravine , en masse, etc...) en fonction de causes et de facteurs différents.

Mais si c'est l'homme qui augmente les risques d'érosion par ses techniques maladroites, on peut espérer qu'en adaptant progresivement son système d'exploitation aux conditions écologiques, chaque communauté rurale arrive, au bout d'un certain temps, à mettre au point des stratégies lui permettant de maîtriser son environnement.

Dans cette note, nous passerons rapidement en revue les stratégies traditionnelles et modernes de lutte antiérosive. Devant l'échec actuel de celles-ci, nous proposerons une nouvelle stratégie (GCES) fondée sur l'analyse des besoins des paysans, démarche ascendante qui leur permette de résoudre eux-mêmes leurs problèmes d'environnement. Nous analyserons ensuite la fragilité du milieu soudano-sahélien d'Afrique Occidentale et la diversité des stratégies de gestion de l'eau développées par différentes ethnies en relation avec diverses situations écologiques. Nous suggérons de fonder sur cette diversité les projets d'intensification de la production dans le cadre d'une gestion conservatrice du milieu.

2. LES STRATEGIES EN PRESENCE.

La culture itinérante a été pratiquée sur tous les continents à une époque où la population était peu dense (20 à 40 habitants/km² en fonction de la richesse du sol et du clilmat). Après défrichement, on cultive sur les cendres et on abandonne la terre dès qu'elle ne rend plus assez pour le travail fourni. Pour que le système reste équilibré, il faut une réserve de terre considérable. Si la pression démographique augmente, le temps de jachère diminue et le sol se dégrade progressivement.

2.1. Les stratégies traditionnelles.

Face à ces problèmes de dégradation des couvertures végétales et pédologiques, les générations successives ont développé différentes stratégies d'économie de l'eau et de gestion de la fertilité des sols en fonction des conditions écologiques et socio-économiques.

2.11. Les billons, les cultures associées et l'agroforesterie.

Dans les zones forestières humides et volcaniques dU Sud-Ouest du Cameroun, les Bamileke ont réussi à assurer un équilibre raisonnable du milieu malgré une forte population (150 à 300 hab./km²) en combinant les cultures associées couvrant toute l'année de gros billons, à divers systèmes agro-forestiers.

2.12. Les alignements de pierres, murettes et fumure organique.

Comme bien d'autres ethnies, les dogons du Mali se sont jadis retranchés dans les falaises gréseuses de Bandiagara pour résister à l'influence musulmane. Pour survivre, ils ont dû développer toute une série de méthodes conservatoires :

- petis champs entourés de blocs de grès piégeant le sable en saison séche et le ruisselllement lors des pluies,

- murettes de pierres et remontée de terre sableuse deouis la plaine pour créer des sols sur les dalles gréseuses servant d'impluvium,

- structures en nid d'abeille servant d'unité de production pour des oignons irrigués à l'aide de calebasses,

- paillage et compostage des résidus de culture, des déchets familiaux et déjections animales.

2.13. Les gradins en courbe de niveau. Lorsque la population est dense, que la terre est rare et le travail manuel bon marché, on trouve souvent des gradins en courbe de niveau avec des canaux d'irrigation comme sur le pourtour méditerranéen, en Asie et en Amérique latine.

2.14. Les bocages : association étroite entre les cultures, l'élevage et l'arboriculture.

L'Europe a déjà connu plusieurs crises d'érosion. La plus connue se situe au moyen-âge, lorsque sous la pression démographique, il fallu abandonner la jachère naturelle. Le travail du sol et l'enfouissement du

fumier furent introduits pour restaurer plus vite la fertilité chimique et physique des sols. On a associé l'élevage à la culture et on a cloisonné les paysages par une succession de bosquets, de petits champs et de prairies clôturées par des haies vives. On peut se demander si ce n'est pas vers ce type de solution qu'il faudrait tendre dans la frange soudano-sahélienne.

Mais actuellement, la mécanisation et l'industrialisation de l'agricul-ture, ainsi que la crise économique imposent une remise en cause de ces aménagements. Une nouvelle crise d'érosion se développe et il faut trouver de nouvelles stratégies de conservation des sols.

2.2. Des stratégies modernes d'équipement rural.

Plus récemment se sont développées diverses stratégies modernes de lutte antiérosive.

2.21. **La RTM.** La restauration des terrains en montagne s'est développée en France à partir de 1850, puis dans les montagnes d'Europe où, pour protéger les plaines fertiles et les voies de communications, les services forestiers ont racheté les terres dégradées en montagne, reconstitué la couverture végétale et pédologique et corrigé les torrents par des techniques de génie civil et biologique. (Lilin, 1986).

2.22. **La CES.** La conservation de l'eau et des sols cultivés, a été organisée aux USA d'Amérique depuis 1930. L'extension rapide des cultures industrielles peu couvrantes comme le coton, l'arachide, le tabac ou le maïs dans la Grande Plaine a déclenché une érosion catastrophique par le vent et par l'eau. En 1930, 20 % des terres cultivables étaient dégradées par l'érosion.

Sous l'impulsion de Bennet (1939) s'est constitué un service de conservation de l'eau et des sols, présent dans chaque canton, pour conseiller et aider les fermiers qui demandent un appui technique et financier : les services centraux effectuent les études et les projets.

Deux écoles s'affrontent encore aujourd'hui :

- L'une, à la suite de Bennet observe que c'est le ravinement qui provoque les transports solides les plus spectaculaires : or, le ravinement provient de l'énergie du ruissellement qui est fonction de sa masse et de sa vitesse au carré (E. Ruiss = $1/2\ MV^2$). La lutte antiérosive s'organise donc autour des moyens de réduction de la vitesse du ruissellement et de sa force érosive (banquette de diversion, seuils et exutoires enherbés) sans réduire la masse de ruissellement au champs.

- L'autre école, (à la suite des travaux de Ellison 1944) sur les processus de battance des gouttes de pluie et des équipes de Wischmeier (1960), rappelle que le ruissellement se développe suite à la dégradation de la structure de la surface du sol par l'énergie des gouttes de pluie. La lutte antiérosive s'organise cette fois sur les champs autour du couvert végétal, des techniques culturales et d'un minimum de structures dans le paysage.

2.23. La DRS. La défense et restauration des sols s'est développée en Algérie, puis autour du bassin méditerranéen vers les années 1940 - 60, pour faire face à de graves problèmes de sédimentation dans les retenues artificielles et de dégradation des routes et des terres. Il s'agissait avant tout de mettre en défense les terres dégradées par le surpâturage et le défrichement et de restaurer leur potentiel d'infiltration par l'arbre, considéré comme le moyen le plus sûr d'améliorer le sol. D'énormes moyens mécaniques ont été mis en oeuvre pour capter le ruissellement en nappe dans les terres cultivées (diverses banquettes, levées de Monjauze, etc...) pour reforester les terres dégradées et pour structurer des zones d'agriculture intensive (Plantie, 1961 ; Monjauze, 1964 ; Greco, 1978).

2.3. La GCES = Une stratégie fondée sur le développement rural.

Depuis 1975 - 80, de nombreuses critiques de chercheurs, de socio-économistes et d'agronomes se sont élevées pour constater l'échec fréquent des démarches d'équipement menées trop rapidement sans tenir compte de l'avis des populations (Lovejoy, Napier, 1986).

Aux USA, malgré 50 ans de travaux remarquables des services de CES, 25 % des terres cultivées perdent encore plus de 12 t/ha/an, limite de tolérance sur les sols profonds.

Au Maghreb et en Afrique de l'Ouest, les paysans préfèrent souvent abandonner les terres aménagées par l'Etat plutôt que d'entretenir des moyens de production dont ils ignorent l'objectif (et la propriété) - (Heusch, 1986).

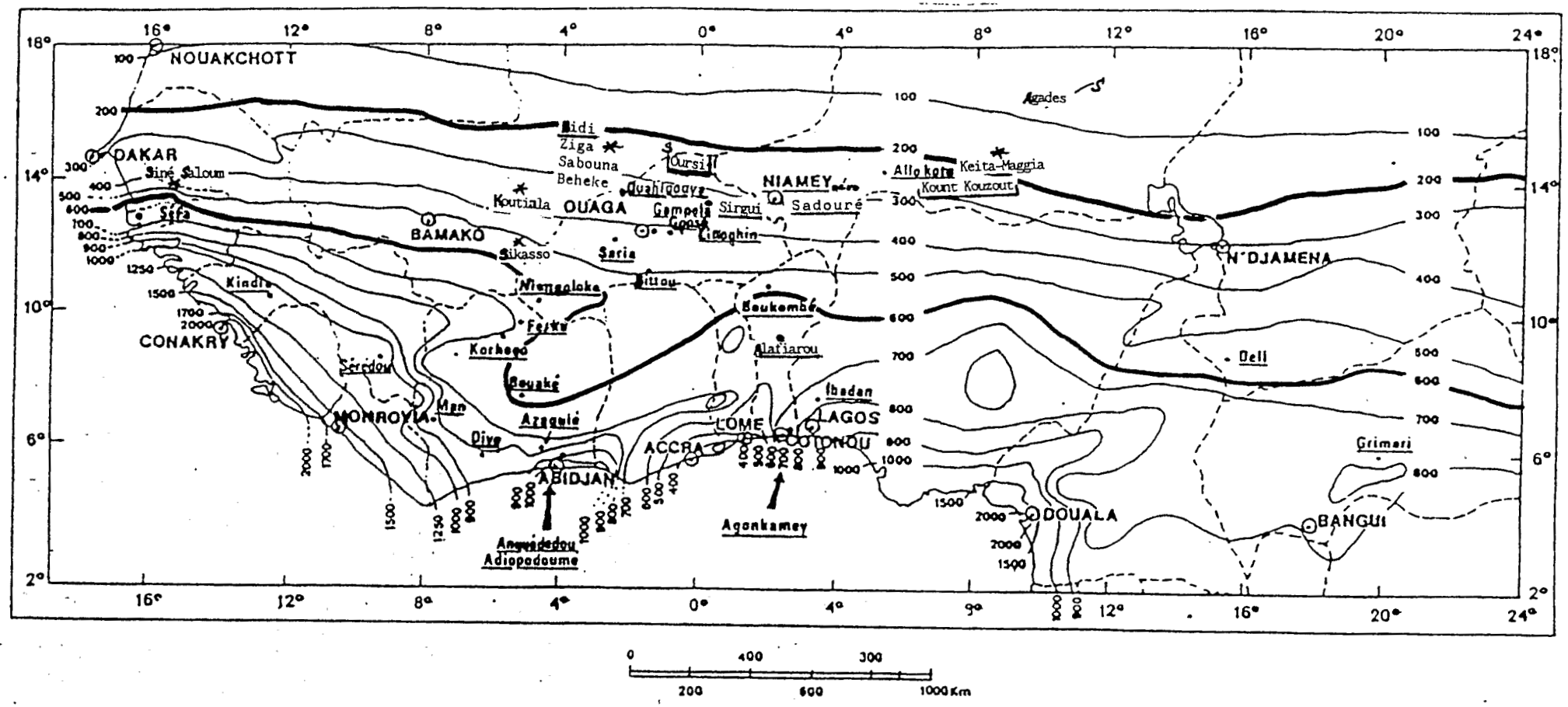
Les raisons évoquées des échecs partiels sont multiples (Marchal, 1979 ; Lefay, 1986, REIJ et al, 1986) :

- choix de techniques peu adaptées au sol, au climat, à la pente ;
- mauvaise planification ou réalisation peu soignée ou absence de suivi et d'entretien ;
- absence de préparation des bénéficiaires et rejet du projet à cause d'une perte de surface non compensée par l'augmentation des rendements,
- désorganisation des unités de production (parcelles morcelées et isolées).

Aussi fallait-il développer une nouvelle stratégie, la gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols (GCES), qui prend mieux en compte les besoins des gestionnaires des terres (paysans et éleveurs) en proposant des méthodes qui améliorent à la fois la capacité d'infiltration du sol et les rendements ou la marge bénéficiaire (Roose, 1987). Elle prend pour point de départ la façon dont les paysans ressentent les problèmes de dégradation des sols et comporte trois phases :

FIG. 1 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 ET DES SITES DE RECHERCHE - DEVELOPPEMENT



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

Dressée par ROOSE (E.J.)

1. **Dialogues préparatoires** entre paysans, chercheurs et services techniques. Cette phase comprend deux enquêtes pour localiser les problèmes, evaluer leur importance, leur cause et les facteurs sur lesquels on va pouvoir jouer pour réduire le ruissellement et l'érosion. Elle comporte aussi des "tours de champs", avec une communauté villageoise active pour développer leur sens de la responsabilité communautaire et découvrir la façon dont il ressentent les problèmes de dégradation et les stratégies qu'ils mettent en oeuvre pour améliorer l'usage de l'eau, entretenir la fertilité des sols, renouveler la couverture végétale et maîtriser la divagation du bétail.

2. La 2ème phase met en place des **expérimentations sur les champs des paysans** pour quantifier et comparer les risques de ruissellement ou d'érosion et les gains de rendement sous différents types de mise en valeur ou de techniques culturales.

3. Enfin **un plan d'aménagement global** doit être défini après 3 à 5 ans de dialogue pour intensifier rationnellement l'exploitation des terres productives, pour structurer le paysage et pour fixer les ravines en privilégiant les méthodes biologiques simples, maîtrisables par les paysans eux-mêmes. Rien ne peut se faire sans l'accord préalable des paysans amenés à gérer l'ensemble de leur terroir.

Après ce rapide tour d'horizon des stratégies en présence, voyons comment s'organise la lutte antiérosive dans la zone semi-aride d'Afrique occidentale.

3. LES DIVERSES STRATEGIES EN MILIEU SOUDANO SAHELIEN D'AFRIQUE.

Entre les énormes billons accumulés par les Sénoufo et le semis direct des Mossi du Yatenga, les stratégies d'économie de l'eau sont vraiment contrastées. Il n'est donc guère étonnant que l'imposition uniforme des méthodes de CES mises au point par Bennet (1939) dans la plaine américaine aboutise à des échecs. Il convient par conséquent d'analyser la diversité des conditions écologiques dans la zone étudiée avant de décrire la diversité des stratégies mises au point par divers groupes éthniques.

3.1. Le milieu soudano-sahélien est fragile et diversifié.

Sous cette appellation globale, on peut distinguer quatre régions écologiques : la région sahélienne (pluie de 150 à 400 mm), la région Sud Sahélienne (P = 400 à 700 mm), la région Nord Soudanienne (P = 700 à 1 000 mm) et la région Sud Soudanienne (P> 1 000 mm) voir tableau 1.

Les précipitations annuelles décroissent donc de 1 200 à 150 mm vers le Nord, mais elles ont diminué de 200 mm en moyenne ces dix dernières années. Les pluies tombent en 3 à 6 mois avec des intensités très élevées (45 à 75 mm/h pendant 30 minutes) en comparaison avec la faible capacité d'infiltration des sols battants (3 à 12 mm/ha). Les averses journalières atteignent 75 à 50 mm tous les ans, 120 à 90 mm tous les 10 ans et 170 à 110 mm tous les 100 ans (Brunet - Moret, 1963). L'indice d'érosivité des pluies " Rusa" diminue de 600 à 100 à mesure qu'on se rapproche du Sahel (Roose, 1976 - 80) (fig. 1 : carte d'érosivité des pluies).

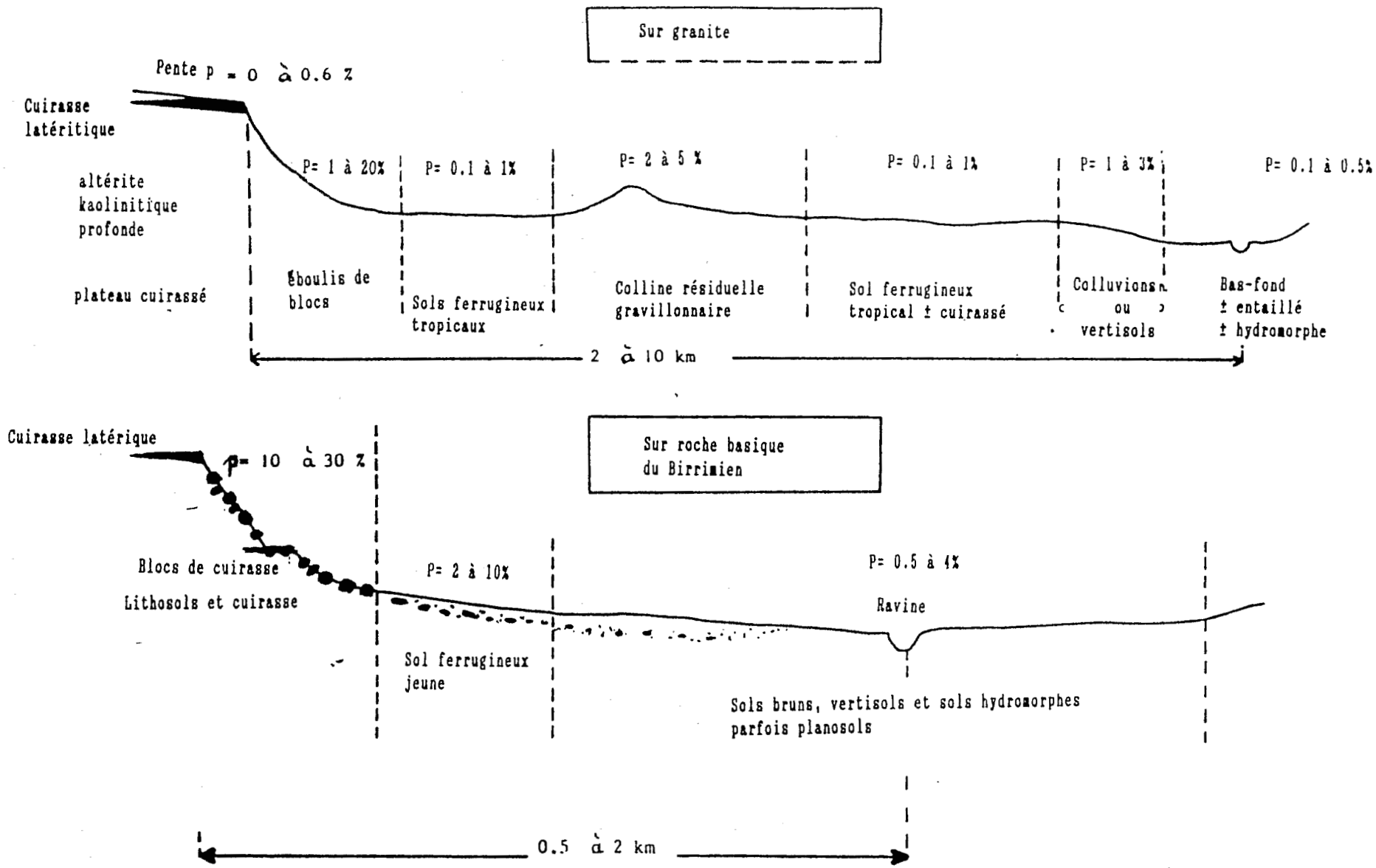


FIG. 2 Toposéquences typiques en région Soudano-Sahélienne du Centre Burkina Faso.

Les **paysages** les plus fréquents sur granite et sur grès (voir fig. 2) sont formés d'un plateau cuirassé plus ou moins vaste, d'un court éboulis de blocs, d'un long glacis gravillonnaire recouvert d'un voile sablo-limoneux de plus en plus épais, d'un bourrelet de berge et du lit mineur souvent encaissé. La majorité des pentes sont faibles (0,5 à 3 %) mais très longues. Elles peuvent être envahies par des dunes plus ou moins anciennes ou être plus raides sur roches basiques ou quartzitiques.

Les **sols ferrugineux tropicaux** plus ou moins lessivés et hydromorphes en profondeur et les **sols bruns** plus ou moins hydromorphes ou **vertiques** de bas de pente sont pauvres chimiquement (carences N-P... parfois K, pH 6 à 4) et de structure instable (peu de matière organique, beaucoup de limons et sables fins). Dès qu'ils sont dénudés, il se forme en surface une croûte (de battance ou de sédimentation) très peu perméable. Après quelques années de cultures (coton, arachide, niébé, ou divers haricots alternant avec sorgho, maïs, mil, fonio) avec labour et deux sarclo-buttages par an exécutés avec la traction animale, il se forme vers 12-15 cm une discontinuité peu pénétrable aux racines (compacité, pH, carence ou toxicité ?). Le pédoclimat est donc beaucoup plus sec encore pour les cultures.

Les **cultures** couvrent mal le sol et laissent très peu de résidus. Les tiges de cotonnier sont brûlées ; les fanes d'arachide et autres légumineuses sont utilisées comme fourrage ; les feuilles de céréales sont broutées sur place et les tiges restantes utilisées pour quelques travaux artisanaux ou brûlées. Les jachères sont en voie de disparition, trop courtes et trop surpâturées pour régénérer efficacement la fertilité des sols.

La **végétation**, une savane arborée assez dense à l'origine, a été terriblement dégradée ces dernières années du fait du surpâturage de l'extension des cultures, du ruissellement et de la baisse de niveau des nappes, des énormes besoins en bois de feu. Les troupeaux se sont beaucoup développés durant les années humides dans tout le Sahel ; aussi durant la période sèche, la biomasse produite en diminution, n'arrive plus à nourrir à la fois les troupeaux du village et les troupeaux transhumant du Sahel vers des zones plus humides (Hallam, Van Campen, 1985 ; Quilfen et Milleville, 1984).

Les processus d'érosion les plus actifs dans cette zone sont l'érosion en nappe, en ravine et l'érosion éolienne. Les études sur les transferts de matières par le vent et par le ravinement ont été fort peu développées jusqu'ici au Sud du Sahara. Comme les processus d'érosion en nappe sont à l' origine de la dégradation des sols, du ruissellement et du ravinement, nous ne présenterons ici que le résumé des recherches sur parcelles d'érosion dans la région (voir les tableaux en annexe).

Zone Zam exemple	Sud Soudanienne 1 000 mm Korhogo	Nord Soudanienne 1000 à 700 Koutiala	Sud Sahélienne 700 à 400 Ouahigouya	Nord Sahélienne 400 à [illegible] Gorom Mare Dursi
Références Précipitation P annuel moyen 1969-85 P mensuelle max P jour 1 10 1 100 Ipc 1 10 RUSA Drainage calculé Densité en Hab./km²	Camus, 1976 1350 - 250 312 76 - 119 - 169 75 - 106 675 156 à 468 30 à 80	B. Moret, 1983 900 - 200 250 62 - 107 -166 60 - 78 420 10 à 180 mm 30 à 50 près de Koutiala	B. Moret, 1983 725 - 150 207 55 - 101 - 146 59 - 82 360 0 à 50 70 à 100	Chevallier et al., 1982 535 - 100 177 49 - 79 - 109 32 45 280 0 10 hab./km²
Sols du versant	ferrallitique SA ± gravillonnaire	ferrugineux lessivé SA ± gravillonnaire + vertisols + sols bruns sur roche basique	ferrugineux lessivé SA ± gravillonnaire + vertisols + sols bruns sur roches basiques	ferrugineux peu lessivé sur dunes ou nappes sableuses sur sol brun rouge subaride.
Végétation	Savane arborée Daniella, Parkia Butyrospermum + Andropogon + divers	Savane arborée Parkia, Butyrosp. + épineux + Andropogon + divers	Savane arbustive Combretum, baobab, Acacias et épineux + rares Andropogon.	Steppe, Dum-Baobab, Acacias Balanites, Ziziphus graminées annuelles.
Agro Système	Drainage Farming drainage des excès	Rainfed farming Infiltration totale des pluies	Runoff farming captage pluie + ruissellement.	Valley farming cultures limitées aux vallées.
Techniques traditionnelles	Ignames/grosses buttes maïs + divers/billons mil/arachides + divers/billon Cultures associées aux arbres. Drainage entre parcelles.	Cultures à plat + 2 sarclages sorgho/coton mil/sorgho/arachide/niebe passage eau collinaire infiltration pluie/champ Murettes et Cordons pierres. Alignements herbes/bois	Culture à plat + 2 sarclages sorgho ou mil/arachide ou niebe paillage, ZAI Boli = trous d'eau, cordons ou alignements pierres, herbes/bois parfois début-tage/sable.	Semis à plat + 2 sarclages mil sur sable sorgho sur bas-fond argileux pâturage sur versants jardins dans bas-fonds cultures décrues/mares
Techniques modernes proposées	CES (1964-68) Reboisements cuirasses bandes d'arrêt fixation ravines protection rizières	GCES Koutiala 1985 . Amélioration parcours . Diguettes de protection . Haies vives + cordons, pierres ou bandes d'herbes . exutoires enherbés . Aménagement bas-fond	DRS Gerès 1960-65 puis CES ORD + FEER GCES CIRAD/ORD . Améliorer parcours . Mares pour bétail + Irrigation . Cordons pierres + herbes + haies vives/champs. . Aménagement ravines . Aménagement bas fond.	GCES . Plantation arbustes fourragers dans demi-lune ou fossé. . Aménagement parcours . Mares pour bétail . Captage ruissellement . Diguettes filtrantes/sur glacis . Cultures de bas-fonds.

Tableau 1 : Diversification de la zone "soudano-sahélienne".

3.2. Zone Sud Soudanienne : cultures pluviales drainées (drainage farming).

. Cas des Sénoufos de la région de Korhogo.

3.21. Le milieu.

L'ensemble des dispositifs de mesure d'érosion - drainage - pluie et des observations a été réalisé sur le bassin de Waraniene, à 5 km de Korhogo, bassin représentatif des savanes arborées à Parkia biglobosa, Butyrospermum parkii, et Daniella olivieri sur arène granitique du Nord de la Côte d'Ivoire. La strate herbacée est abondante (Andropogon, Hyparrenia, Pennisetum. etc). L'ensemble de la végétation est profondément modifiée par les feux de brousse quasi annuels, les défrichements sélectifs et les cultures traditionnelles billonnées.

Le climat, tropical de transition, est sec et chaud pendant quatre mois (d'où certains caractères de sol ferrugineux en surface) mais fort humide pendant quatre mois (P = 150 à 320 mm/mois) pendant lequel on observe 160 à 450 mm de drainage (Roose, 1979). La toposéquence (schématisée à la figure 3) comprend un plateau cuirassé (sols rouges ferrallitiques modaux au centre, gravillonnaire sur le pourtour), une ou plusieurs corniches cuirassées, un large glacis concave (pente 4 à 2 %) (sols rouges gravillonnaires sous la corniche, ocre cent mètres plus bas et ocre beige 400 mètres en aval) et une petite plaine colluviale (sol gris hydromorphe sableux) très cultivée (apport d'eau par inféroflux).

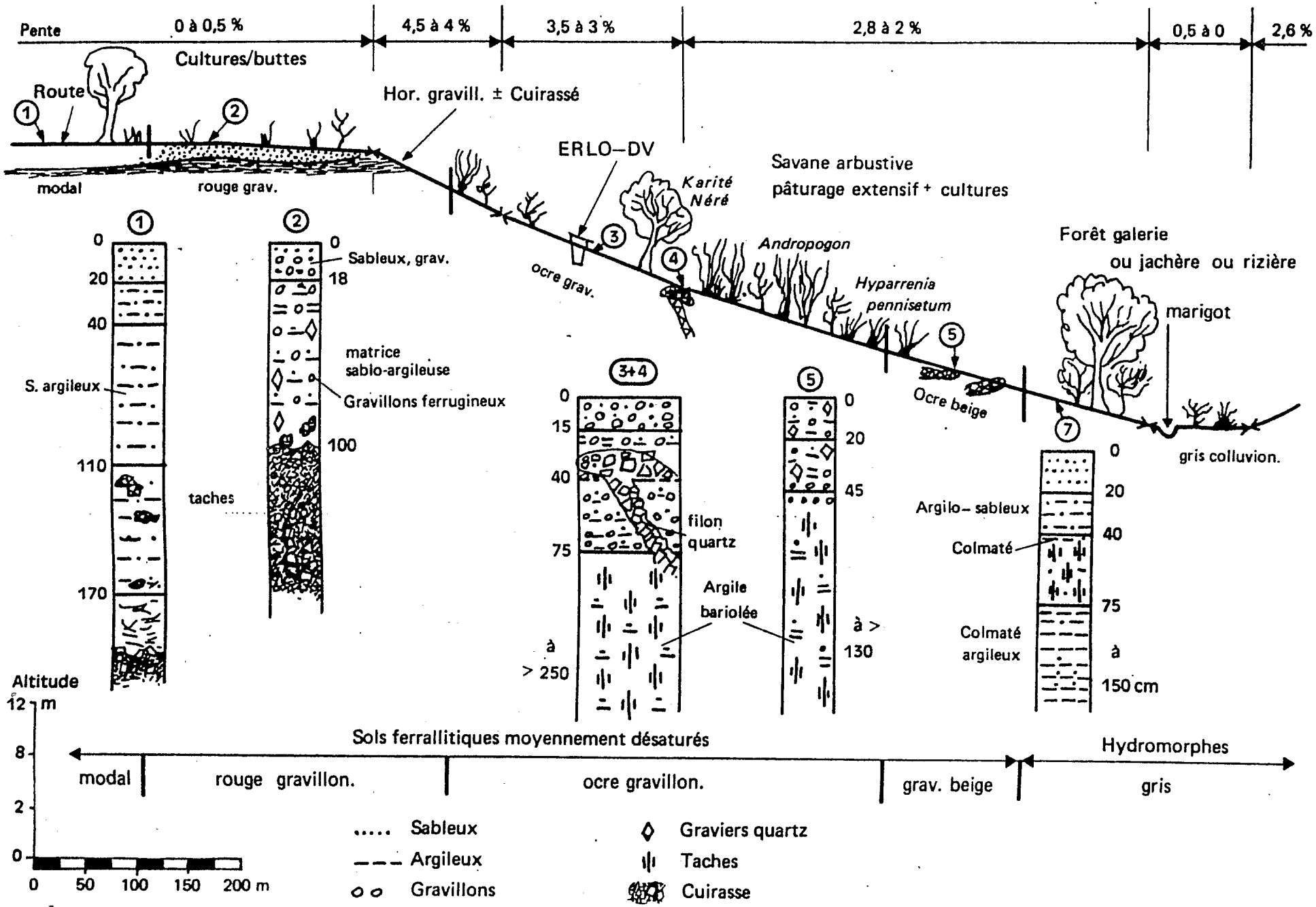
Les cultures traditionnelles d'igname sur grosses buttes sont plantées dès février après défrichement et brûlis progressif. L'année suivante les buttes sont reprises pour former de gros billons (H 60 cm - distance 100 - 150 cm) sur lequel les Senoufos plantent du maïs et divers condiments en cultures associées (ou quelquefois du manioc). Les 3 et 4ème années le billon est fractionné et rejeté dans le sillon (sur les adventices et les résidus de culture) pour former un billon plus petit planté de mil, sorgho, arachide et divers légumes (Gombo, tomates, tabac, etc...). Les bas fonds ± étendus sur les colluvions latérales, sont occupés par des rizières irriguées.

3.22. Les mesures sur petites parcelles d'érosion (voir tableaux 2 et 3) montrent que les sols ferrallitiques sont très perméables tant qu'ils sont couvert (KR = 1 à 7 %), mais ils peuvent se dégrader et donner des coefficients de ruissellement importants (KR = 40 à 89 %) lors des averses de fréquence décennale tombant sur des sols dénudés humides. Les pertes en terre sous culture sont modérées (E = 0,2 à 6 t/ha/an) grâce à la présence de gravillons, de pentes modérées (2 à 3 %) ou de billons perpendiculaires à la pente.

3.23. Les stratégies traditionnelles de gestion de l'eau et des sols.

a) Les versants sont couverts d'un damier de jachères et de champs ± étendus billonnés alternativement dans le sens de la pente ou perpendiculairement, qui assure un bon drainage ± ralenti par les cloisons de bordure de champs, l'orientation des billons et/ou la culture de riz pluvial dans les sillons ; les bordures des parcelles sont soulignées par un fossé qui sert de déversoir aux eaux excédentaires... lequel se transforme souvent en ravineau peu profond.

Fig. 3 - Schéma de la toposéquence "Case Erlo-Du" de Waraniene (Korhogo : Nord Côte d'Ivoire)



b) Au défrichement, les paysans respectent un certain nombre d'arbres utiles et de souches d'arbustes (souvent des légumineuses) qui vont envahir rapidement le terrain lorsqu'il est finalement abandonné à la jachère. Le faible niveau de fertilité est entretenu par l'apport des cendres du foyer, de poudrette mêlée au compost familial, par l'enfouissement des adventices et des résidus de cultures lors de la préparation des nouveaux billons et bien sûr par une jachère ± longue selon la pression démographique. Les Sénoufos acceptent facilement la présence des arbres à objectifs multiples dans leurs systèmes de production (fruits, bois de feu, perches, médicaments, etc...).

c) L'impressionnant travail du sol (buttes et billons dépassant 60 cm de haut) favorise la formation de beaux tubercules, mais aussi améliore considérablement l'infiltration (Camus et al, 1976). les paysans Sénoufos remanient aussi les petits bas-fonds secondaires pour élargir la zone de riz irrigué.

3.24. Stratégie moderne d'aménagement des bassins versants.

En 1964-68 fut entrepris une action de CES sur la zone dense de Korhogo ayant trois objectifs :

- protéger les rizières contre l'ensablement par les ravines,
- reboiser pour produire du bois de feu et assurer la continuité du débit d'étiage des sources,
- protéger les terres cultivées sur les versants en ralentissant le ruissellement.

On a donc boisé les éboulis cuirassés, planté quelques bois villageois, interdit les feux de brousse (amende collective de 10 à 25 000 CFA en 1964 au village par où passe le feu) et tracés des pistes coupe-feux parallèlement, on a tracé au rooter des bandes d'arrêt enherbées et plantées d'arbres repères (Anacardier, Teck, Gmélina) en courbe de niveau dans les champs et jachères. Enfin on a fixé quelques grosses ravines et aménagé les bas-fonds pour la riziculture irriguée.

Cet aménagement a été mis en place après l'échec des aménagements DRS du GERES dans la région de Ouahigouya. Gosselin (1962-64) a donc veillé à faire des investissements plus légers (300 m bandes d'arrêt/ha = 650 CFA contre 7 000 CFA pour les fossés de diversion du Geres et 9 000 CFA pour les cordons de Vetiver), des aménagements faciles à réaliser sans topographe expert (bandes enherbées sur deux raies de Ripper), et qui ne demandent presque pas d'entretien mais favorisent le couvert végétal du sol (lutte contre les feux de brousse, plantations d'arbres, pistes pare-feux). Gosselin (1965) a bien noté que le préliminaire de cet aménagement de l'espace est de réduire la divagation du bétail pour lequel il propose toute une série d'actions :

- amélioration des kraals - en pente avec apport de paille de brousse en vue de produire beaucoup de fumier collectivement,
- plantation d'arbres servant de piquets verts tous les 5 mètres autour des villages pour y aménager des parcs à bestiaux,
- amélioration des jachères : Stylosanthes à brouter sur place en saison sèche,
- clôture des pâtures pour éliminer les feux en supprimant les pailles sèches par broutage complet (3 ou 4 parcs en rotation rapide à raison de deux animaux/ha/an.

On pourrait schématiser actuellement l'aménagement :

- favoriser le drainage des eaux excédentaires (billonnage cloisonné) dans des exutoires aménagés (exutoires largement profilés enherbés),
- favoriser l'infiltration, la couverture du sol, la production de biomasse et donc la protection des sols,
- améliorer la gestion de la biomasse (feu, élevage, fourrage, paillage/compost),
- ameliorer l'usage des arbres (agroforesterie),
- ameliorer la gestion du bétail (production animale en fonction des potentialités fourragères).

Variante : Cas des Sénoufos du Sud Mali :

Dans le cadre des opérations de recherche-développement menées par l'IER (Institut d'Economie Rurale à Bamako) le IRT (Institut Royal des Tropiques à Amsterdam) et la CMDT (Compagnie Malienne des Textiles) dans la région de Sikasso, la DRSPR a proposé aux paysans le système d'équipement antiérosif suivant (Hallan, Van Campen, BA, Vierstra et Kebe : 1985-86) :

1. Grosse digue de protection en amont du bloc de culture avec diversion vers un exutoire aménagé tous les 200 - 300 mètres (largeur 10 m, profondeur 0,3 m).

2. Dans les champs cultivés, diguettes en terre de diversion (pente 0,3 %) tous les 100 à 50 mètres, protégées par enherbement (théoriquement).

3. Labour, sarclage et buttage le long de ces diguettes.

Ce système classique a donné satisfaction à quelques paysans car les nappes d'eau sauvages ne circulent plus sur leurs parcelles mais entre les champs. Cependant, les paysans désapprouvent les diguettes sinueuses implantées dans leur champs car l'irrégularité des parcelles pose des problèmes de mesure de surface, de calcul des intrants et surtout de mécanisation des travaux culturaux.

Ce système d'équipement antiérosif de blocs de culture sans tenir compte du parcellaire ni de l'ensemble du système de production ni des besoins économiques des paysans ne s'est pas étendu naturellement. Les pertes en surface (10 à 14 %) ne sont pas compensées par des augmentations tangibles de rendement. Le réseau de drainage se détruit rapidement par défaut d'entretien : sans protection par enherbement, au bout de quatre ans les exutoires utilisés comme chemin d'exploitation sont ravinés, les fossés sont comblés de sédiments et les diguettes tassées et souvent cassées par les eaux débordantes ou par le passage du bétail. La réalisation du dispositif demande un gros effort au propriétaire et aux encadreurs mais n'entraîne pas une dynamique communautaire de conscientisation pour l'aménagement de l'environnement (Hallam, Van Campen, 1985, Roose, 1985).

3.3. Zone Nord Soudanienne (P = 1000 à 700 mm) : culture pluviale au sens stricte (Rainfed farming).

. Cas des Minianka de la région de Koutiala (Mali).

3.31. **Le milieu** (voir tableau 1) est peu différent du milieu sud soudanien à part bien sûr une fréquence plus faible des plus fortes averses, une réduction des risques de drainage, l'apparition de nombreux épineux (en particulier Acacia albida), le développement des sols ferrugineux tropicaux lessivés beaucoup plus fragiles que les sols ferrallitiques et l'allongement des glacis en pente douce. L'environnement humain est fortement influencé par l'usine de coton de Koutiala, par un encadrement rapproché de la CMDT et par une organisation villageoise très efficace. Les défrichements s'étendent rapidement ne respectant que 10 à 30 arbres utiles à l'hectare.

Les cultures traditionnelles jadis essentiellement céréalières et cantonnées sur les hauts glacis gravillonnaires se développent actuellement sur le glacis sablo-limoneux suite à la vulgarisation de la culture attelée du coton (ou arachide/niebe sur sols pauvres) alterné avec des céréales (sorgho ou mil et/ou maïs). Le semis est effectué le plus tôt possible après labour : il est suivi de deux sarclages et éventuellement d'un buttage. Après la récolte, le paysan s'accorde avec un peulh pour y faire paître le troupeau à condition d'y installer un parc (contrat de fumure/pacage). Ensuite les tiges de coton sont brûlées pour raison sanitaire tandis que la majorité des pailles des céréales sont utilisées pour des besoins artisanaux, pour la cuisine et le bétail. Le restant (10 à 25 %) est brûlé sur place avant le labour. Les bas-fonds qui formaient jadis une réserve de fourrage vert en fin de saison sèche sont cultivés en sorghos s'ils sont secs, en riz s'ils sont hydromorphes ou en jardin potager/fruitier.

3.32. **Les mesures sur parcelles d'érosion** (voir tableau 4-5-6-7) montrent que les sols ferrugineux tropicaux et les sols bruns sont presque aussi perméables que les sols ferrallitiques tant qu'ils sont bien couverts par une vieille jachère ou une savane arborée. Mais une fois cultivés ces sols sont moins stables et laissent s'échapper un fort ruissellement inacceptable dans les zones semi-arides (KRAM 6 à 25 % et jusqu'à 75 % lors des averses de fréquence rare). Malgré les pentes faibles et le travail du sol (0,5 à 2 %) les pertes en terre sont trop élevées (14 à 20 t/ha/an) sur sol nu et sous cultures peu couvrantes (E = 3 à 6 t/ha/an). Sur le sol gravillonnaire peu profond de Gampela, seul le billonnage cloisonné est nettement différent des autres préparations du sol (non travail traditionnel ou billonnage non cloisonné) mais il n'améliore pas les rendements car le sol ne peut stocker l'eau. A Gonse on a constaté une forte influence de la date des feux de brousse. Lors des plus fortes averses ; la brousse brûlée tardivement se comporte pratiquement comme une parcelle nue (KR max 75 %).

3.33 **Les techniques traditionnelles de conservation des sols** sont limitées à des murettes en pierres si le sol est rocailleux (sur grès, quartzite ou roches vertes) ou à des lignes de pierres, d'herbes ou de branches. Le travail du sol, peu profond mais répété toutes les 3-4 semaines avant que la culture couvre sérieusement la terre, brise la croûte de battance en même temps que les adventices et rétablit une bonne infiltration dans le profil.

3.34. Stratégie actuelle d'aménagement des terrains villageois.

Suite à l'expérience de Fonsébougou, l'équipe de la DRSPR (Division de Recherche sur les Systèmes de Production Rurale) a développé à Kaniko (et 3 villages environnants) une approche plus souple où l'Association Villageoise après mures discussions a décidé des priorités suivantes dans le plan général d'aménagement proposé (Hallam et al, 1985 ; Roose, 1985).

1. Protection du bloc de culture contre les eaux ruissellantes des collines par l'aménagement du parcours extensif (mise en défens, replantation d'arbres fourragers, bandes enherbées et lignes de cailloux dans les passages d'eau) et par un système de diguettes de protection dirigeant les eaux vers des exutoires aménagés. Implantation d'une pépinière villageoise.

2. Protection des exploitations contre la divagation du bétail par l'implantation de haies vives autour des exploitations et plus tard des parcelles. Utilisation de buissons et d'arbres à objectifs multiples (Acacia albida, Parkia, Butyrospermum). Formation combinée d'exutoires fixés (saignées de pierres) ± enherbées et de routes d'accès pour évacuer les récoltes.

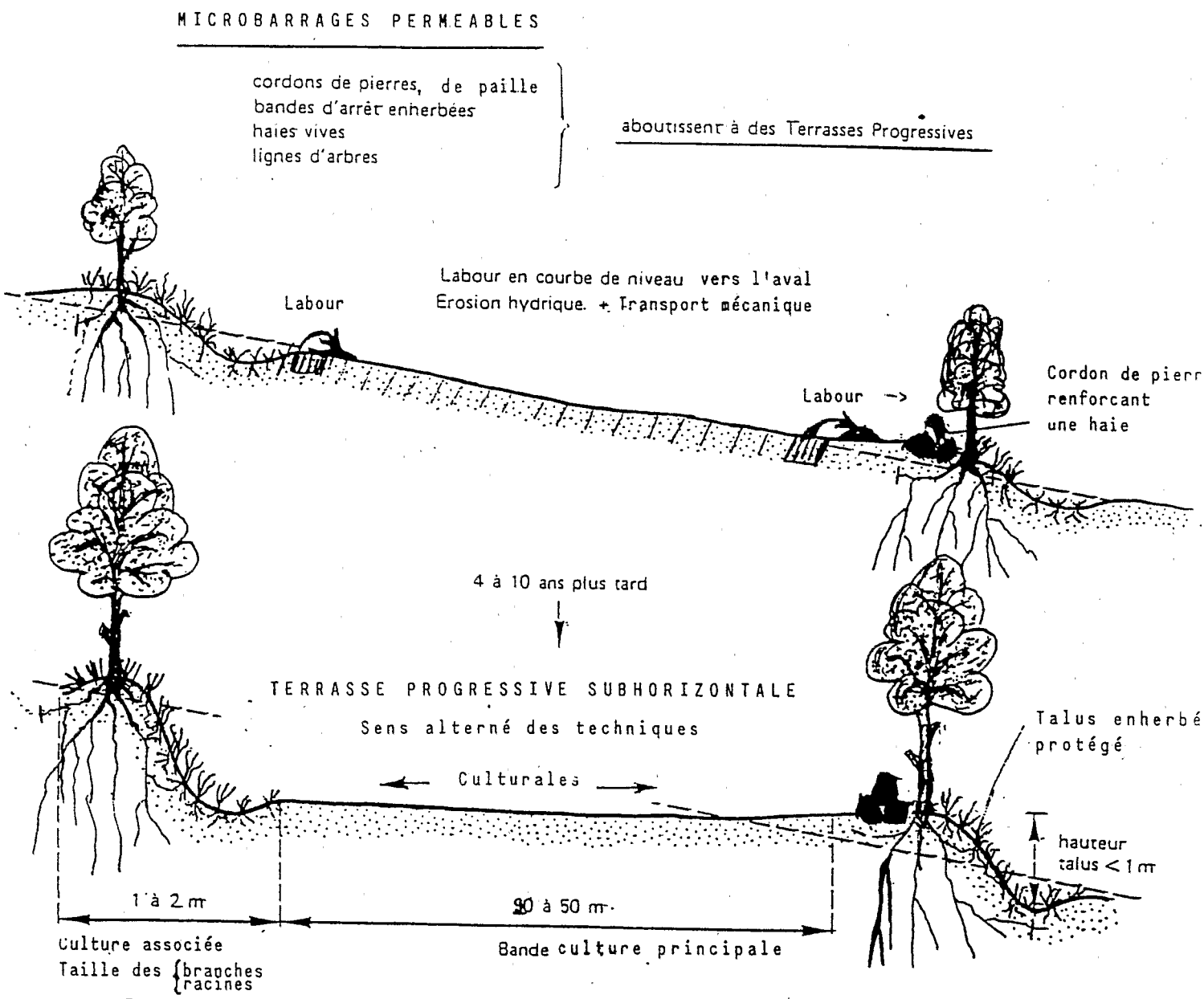
3. Amélioration de l'infiltration sur les parcelles cultivées :

- griffage en sec, labour à plat, deux sarclages + buttage cloisonné,
- introduction de légumineuses en rotation ou en association (Mucuna ou Niebe, remplissage des manquants),
- recyclage maximal des résidus de culture (fumière, compostière, etc...),
- bande enherbée ou lignes de cailloux entre les limites de parcelles tous les 25 mètres pour ralentir le ruissellement naissant sur le champ (voir fig. 4).

4. Enfin aménagement des bourrelets de berges (souvent très dégradés) et des bas-fonds (rizière ou jardins associant des cultures sur plusieurs étages : légumes/fourrages, arbustes fruitiers, grands arbres) microbarrages constitués de diguettes en terre (H = 2 m) avec exutoires empierrés latéraux.

Si on inverse l'ordre on risque un ensablement total des bas-fonds, mais le système veut favoriser toutes les initiatives paysannes, même si l'ordre prévu n'est pas toujours respecté. De cette façon l'ensemble du village s'est engagé dans l'aménagement du terroir et son niveau d'information s'accroît de toutes les expériences de la communauté. Il est clair que ce projet DRSPR - CMDT, correspond bien à la stratégie GCES où la lutte antiérosive fait partie intégrante de l'amélioration du système agraire.

Fig. 4 : Méthode des microbarrages perméables.



- Processus
  - Réduction de la vitesse du ruissellement par les barrages perméables
    - dépôts de sédiments grossiers + mat. organiques
    - augmentation de l'infiltration
  - Erosion mécanique par le travail du sol (1 à 10 t/ha/an de terre déplacée)
  - → Reptation lente du sol, Accroissement désinteractions biologiques racines, litière, mésofaune.

- Avantages
  - La nature fait le travail
  - Efficacité maintenue lors des fortes averses.
  - Mise en place facile, sans spécialiste topographe
  - Bon marché, facile à entretenir, pas de place perdue
  - Les risques d'érosion diminuent avec le temps :
  - Formation de terrasses horizontales
  - Diversification de la production : bois, fourrage, fr
  - Maîtrise de l'érosion éolienne
  - Le Ruissellement. {n'engorge pas l'amont / irrigue l'aval

3.4. Zone Sud sahelienne (P = 700 à 400 mm) Culture sous impluvium (Runoff farming).

. Cas des Mossi du Yatenga (Burkina Faso).

3.41. Le milieu est nettement plus aride que le climat soudanien, même en saison des pluies, de telle sorte qu'on y observe des manifestations d'érosion éolienne (voiles de sable, monticule de sable sous les touffes herbacées pérennes, nebka et dunes anciennes recouvrant les buttes cuirassées). La végétation est plus rabougrie et dispersée. Le Butyrospermum disparait au bénéfice du baobab du du Pterocarpus lucens et des épineux (Balanites, Ziziphus et nombreux acacias dont le fameux Acacia albida qui constitue des parcs dans les vallées cultivées). Les graminées pérennes (Andropogon) se raréfient pour laisser la place aux graminées annuelles à cycle rapide.

Les paysages granitiques cuirassés s'estompent au Nord sous des nappes de sable (sols ferrugineux peu lessivés) tandis que les sols bruns ou vertiques des zones de roches vertes sont vigoureusement ravinés. les nappes phréatiques ne sont plus alimentées par le drainage des versants mais par les mares des bas-fonds et les zones gravillonnaires ou rocheuses.

Paradoxalement la population, nombreuse dans cette région (localement de 70 à 110 ha/km²) est habituée à des migrations saisonnières ou semi-permanentes vers les pays côtiers pour mieux valoriser le travail : en saison sèche les campagnes sont donc peuplées de vieux, de femmes et d'enfants : il faudra en tenir compte lors du choix du type d'aménagement du terroir.

3.42. **Des mesures de ruissellement et d'érosion** sont en cours à Bidi sur trois grandes parcelles cultivées sous impluvium sur un versant sableux filtrant (Lamachère, Serpantié, 1988). Le ruissellment annuel n'est pas négligeable sous culture traditionnelle (10 à 30 %). Les cordons pierreux n'ont guère réduit le ruissellment global (- 1 à 5 %), ni les plus forts ruissellement (KR max de 60 à 85 %). Cependant, lors des fortes averses, ils ont écrêté les débits de pointe (- 25 %), retardé et prolongé (15 à 30 minutes) les écoulements et de ce fait ils ont réduits les risques d'érosion. A leur abris peut se développer des systèmes de culture plus intensifs (fertilisation et travail répété du sol) qui améliorent l'infiltration mais fragilisent les sols. L'impluvium apporte aux parcelles cultivées un appoint de 100 millimètres qui ne contribue à la recharge de la réserve hydrique du sol que si on maintient sa capacité d'infiltration grâce à la rugosité créée par les pierres (gain d'infiltration de 25 mm) et par le travail du sol (gain d'infiltration de 75 mm). Cet appoint d'eau entraîne une augmentation de production de la biomasse (localisée surtout près de l'impluvium et devant les pierres) et des rendements (+ 33 à 81 %) sauf lorsque les pluies s'arrêtent trop tôt (- 11 % de grain en 1985). L'efficacité de l'aménagement sur l'infiltration varie suivant les averses en fonction des états de la surface du sol et des qualités des cordons de pierres : il faut donc prévoir l'entretien des parcelles et des aménagements. Tableau 8, Bidi.

3.43. Système traditionnel de culture et de gestion des eaux.

Les Mossi ont un comportement de pionniers. Ils défrichent en brûlant presque tous les arbres (sauf quelques Acacia, Sclerocarya, etc...) et sèment le sorgho sur les meilleures terres et le mil sur les terres sableuses, en poquets tous les mètres, sans travailler le sol, dès les premiers orages de mai : ils recommenceront les semis 2 à 5 fois puis assurent deux sarclages à la houe. Sur les terres sableuses du Nord, le sarclage s'accompagne d'un débuttage qui améliore l'infiltration (Serpantié, 1986). La culture attelée est en recul depuis la longue sécheresse. Pour faire face à l'épuisement des terres, les paysans apportent des matières organiques (5 t/ha de poudrette de kraal et de cendres ménagères ou un paillage de tiges de céréales et des rameaux de légumineuses buissonnantes peu appetées par le bétail comme Piliostigma reticulatum et Bauhimia rufescens) ou ils abandonnent la terre à la jachère pâturée.

La méthode du ZAI pour récupérer les terres épuisées est tout à fait originale. Elle combine le piégeage du ruissellment, la fumure organique localisée et l'activité perforatrice des termites (Trinervitermes) pour améliorer l'infiltration. Après un premier orage, le paysan creuse à la houe un petit trou (10 à 50 cm de diamètre, 10 cm de profondeur) et y dépose un peu de poudrette : ces matières organiques attirent les termites qui creusent jusqu'à la surface du sol des galeries pour s'en nourrir, puis tapissent les galeries de leur excréta. A la deuxième averse, le ruissellement s'engouffre dans ces galeries et mouille le sol en profondeur formant des poches d'humidité à l'abri de l'évaporation immédiate. Les 5 à 15 graines de mil ou de sorgho semées les jours suivants vont germer rapidement et trouver en profondeur une réserve d'eau et de nutriments qui leur permettront de tenir jusqu'aux averses suivantes. L'influence d'un léger paillage (1-2 cm) posé sur les plaques de sol infertile est semblable : les termites y reconstituent la macroporosité tandis que la paille protège le sol de la battance (ROOSE, PIOT, 1984).

La tradition des "boli" -trous d'eau de quelques mètres cubes avec rejet des déblais vers l'aval en demi-lune permet également de récupérer une fraction des eaux de ruissellement pour alimenter en eau le bétail près des parcours ou irriguer un petit jardin-. (DUGUE, 1987).

Enfin, s'il manque de terre, les paysans Mossi récupèrent par des structures en nid d'abeille les Zipellés - surfaces de terre érodées, dénudées et encroûtées où la jachère ne peut même plus se développer par défaut d'infiltration. Ils entourent leurs petites parcelles d'alignements de pierres, d'herbes ou de piquets pour ralentir le ruissellement et provoquer le dépôt de sédiments grossiers et perméables (sables, agrégats et matières organiques diverses). Dès la seconde année, cet horizon sableux est travaillé, fumé et planté : il n'est pas rare d'y récolter 600 à 800 kg/ha de sorgho (Wright, 1985). Par la suite, les parcelles récupérées sont plantées d'arbres à objectifs multiples (Acacias, etc...) et un nouvel alignement est mis en place en amont pour capter les eaux ruisselantes des collines.

3.44. Le Yatenga, laboratoire des stratégies antiérosives.

Depuis 25 ans, le Yatenga a connu une succession d'aménagement antiérosifs à grande échelle pour tenter de ralentir la dégradation rapide des couvertures végétales et pédologiques de ces paysages fragiles en bordure du Sahel.

1. La DRS[1] de 1960 à 65. Le Service Forestier, puis le GERES[2], ont aménagé 200 000 ha, réalisé 35 000 km de fossés de diversion ou d'absorption, le rootage croisé des zones tassées gravillonnaires, 70 km de murettes ou de diguettes en pierres dans les exutoires, 24 barrages collinaires et d'autres structures en demi-lune pour améliorer l'infiltration dans le haut des versants (le parcours extensif) et pour protéger les plaines cultivées. Cet aménagement, intéressant techniquement, s'est rapidement soldé par un échec, car les paysans, non concernés, ont continué à vivre selon leur mode d'utilisation traditionnel du paysage (Marchal, 1979-86).

2. La CES[3] de 1976 à 85. Le FDR[4] puis le FEER[5] ont fait appel à des groupements villageois décidés à construire des diguettes de diversion en terre sur des blocs de culture de 25 à 100 ha. Plus de 47 000 ha de terre de culture ont été aménagés en 10 ans (Mietton, 1986). Mais étant donné le rythme de construction (max = 9 000 ha/an) et la faible durée de vie des aménagements des parties de versant (2 à 4 ans, sans protection végétale des diguettes), il faudrait plusieurs siècles pour couvrir toutes les terres qui en ont besoin. On a donc été amené à reconsidérer les anciennes techniques traditionnelles étudiées par divers Organisations Non Gouvernementales (Wright, 1985).

3. La GCES[6] de 1985 à 88. Parmi de nombreux projets d'aménagements antiérosifs qui évoluent rapidement (PAE[7], PAF[8], AVPF[9], OXFAM, etc...), nous ne rapporterons ici que celui de la cellule Recherche-Développement de l'INERA-CIRAD/DSA au sein du CRPA de Ouahigouya (Dugue, 1984-88 ; Rodriguez, 1988 ; Roose, 1986-87). La stratégie GCES est la même qu'au Mali, à savoir :

---

(1) Defense et Restauration des Sols.

(2) Groupement Européen de Restauration des Sols de Haute-Volta.

(3) Conservation de l'Eau et des Sols.

(4) Fond de Développement Régional.

(5) Fond de l'Eau et de l'Equipement Rural.

(6) Gestion Conservatoire de l'Eau et de la Fertilité des Sols.

(7) Projet Agriculture Ecologique.

(8) Projet Agro Forestier.

(9) Association des Volontaires du Progrès Français.

1. Enquête auprès des paysans-éleveurs sur leurs problèmes de gestion de l'environnement : dégradation de la fertilité des sols, de l'infiltration, des matières organiques.

2. Recherche expérimentale des techniques traditionnelles les mieux adaptées pour accroître l'infiltration, la production de biomasse et donc pour mieux assurer la protection des sols sur les terres cultivées.

3. Plan d'aménagement de l'ensemble du paysage conçu avec les paysans (Roose, 1987-88).

Les choix des Mossi du Yatenga ont été assez différents de ceux des Minianka (Koutiala, Mali).

1. Les Mossi ont préféré commencer par l'aménagement de leurs parcelles individuelles et sont tentés de capter le ruissellement à tous les niveaux de la toposéquence :

- cordons ou alignements de pierres qu'il faudrait à pérenniser en réservant une bande enherbée (Andropogon) à l'amont pour étaler le ruissellement et une haie vive à l'aval avec des arbres tous les cinq mètres pour tenir les pierres en place,

- plantation d'arbres autour des parcelles,

- utilisation maximale des résidus de culture : fumière au village, compostière au champ,

- grattage des sols lors des premières averses, labour à plat + 2 sarclages + buttage cloisonné pour rompre la croûte de battance,
- récupération de l'eau des pistes sur les champs voisins, dérivation des petites ravines.

2. Aménagement du haut glacis pour récupérer le ruissellement provenant des parcours :

- contrat de mise en défens temporaire par rotation des parcours avec replantation d'arbres et d'herbes fourragères,

- trou d'eau en tête des ravines (citerne) évoluant en microbarrage demi-lune pour alimenter le bétail et organiser une irrigation d'appoint sur 1 000 m² (maïs hâtif puis pastèques),

- diguettes en terre et cordon pierreux perméable captant les eaux de ruissellement d'un impluvium pour l'irrigation d'appoint d'un champ (Bedu, 1986).

3. Aménagement progressif des bas-fonds :

- en amont diguettes filtrantes (Serpantié à Bidi ; PAE, AFVP - GRET/CIEH à Kongoussi/Rissian.
- diguette en terre (H<2 m) avec exutoire latéral empierré,
- microbarrage en gabions avec exutoire central.

A tous les niveaux du paysage il s'agit de capter, de ralentir puis de redistribuer le ruissellement pour augmenter le stockage de l'eau en surface ou dans la nappe en vue d'améliorer la production ou de réduire les risques. L'apport immédiat d'un supplément de ruissellement sur les parcelles déjà humides en cours d'averse pose des problèmes (risque de ravinement) : le creusement de citernes ou de petites mares est plus satisfaisant, mais il reste à mettre au point une pompe à main capable d'élever 10 m^3/jour à 1 mètre au-dessus du sol.

Là où il manque de pierre, on cherche à mettre au point des microbarrages biologiques (haie vive ou ligne d'herbes = difficile tant que le bétail circule librement en saison sèche) ou des segments de diguettes en terre protégées tous les 25 mètres par un exutoire empierré de sécurité.

3.4 Zone Nord Sahélienne (P < 400 m) : cultures localisées dans les bas-fonds (Valley farming).

. Cas des communautés Peul + Songhaï + Bella de la Mare d'Oursi (Burkina Faso)

3.41. Le milieu

On constate une nette rupture avec les précipitations des régions soudaniennes : les pluies sont plus erratiques et limitées dans l'espace, leurs hauteurs et intensités sont beaucoup plus faibles (voir tableau 1). Si les sols sont sableux, on observe peu de ruissellement que le sol soit cultivé en mil ou en jachère (couverture végétale faible, surpâturage) mais pas mal d'érosion éolienne. Par contre sur les piémonts et glacis limono-argileux, les sols mis en culture sont vite glacés et on observe un ravinement très actif et une dégradation rapide sous culture de sorgho (Chevallier et Coll, 1985).

3.42. Des mesures d'érosion et de ruissellement ont été effectués par le CTFT pendant trois ans à la Mare d'Oursi, sur un voile sableux au pied d'un massif de gabbro. Le ruissellement est d'ordinaire assez faible (5 à 10 %). Le travail du sol, en cassant la croûte de battance, améliore l'infiltration déjà très élevée sur ces voiles sableux : cependant lors des fortes averses on peut encore enregistrer plus de 40 % de ruissellment (y compris sur jachère en défens). L'érosion hydrique est encore forte sur sol nu, (pentes 5 %) mais peu élevée les années les plus sèches tant sur mil que sur jachère en défens. Ce qui n'apparait pas ici ce sont les transports éoliens très actifs dès qu'on remue la surface du sable. (voir tableau 9).

3.43. Le système traditionnel de culture et d'aménagement.

Alors qu'au Nord du Sahara en milieu méditerranéen (pluies en saison fraiche), il existe plusieurs systèmes pour collecter les eaux de pluie ou de ruissellement pour faire pousser des arbres ou des céréales au milieu de larges impluvium (ex. Jessour, citerne, tabia, Fogara) les stratégies de gestion des eaux dans la zone tropicale sahélienne (pluies en période chaude) sont peu apparentes. En réalité elles s'appuient <u>sur le choix des cultures en fonction des sols</u> (mils sur sols sableux, sorghos dans les bas-fonds et jardins irrigués autour des mares), <u>sur l'adaptation aux opportunités des orages</u> (très faible travail du sol, semis direct répétés très peu

coûteux en graines (3 kg/ha) et en travail (9 h), grandes surfaces semées quitte à en laisser une partie lors du sarclage) et sur les migrations à faible distance (récolte de fonio sauvage, de bulbes de nénuphar), habitation sur les champs de novembre à août près des greniers et du lieu de traite, migration du troupeau sur un pâturage occasionnel) (Milleville, 1982).

D'après Milleville (1982) la limite de culture des céréales passe par l'isohyète 350 mm de précipitation : le choix de la Mare d'Oursi est donc un peu limite pour représenter cette zone. Cependant les pluies annuelles ont beaucoup baissé ces dernières années et les pluies sont très variables selon les années et les terroirs et leur efficacité varie en fonction des sols et de la répartition des pluies. De plus, les rendements en grain (150-250 kg/ha) sont si faibles que l'élevage et le nomadisme à faible distance sont très importants pour assurer la survie.

3.44. Système d'aménagement moderne.

Le milieu étant extrêmement fragile, il est périlleux de conseiller le développement du système agropastoral au rythme de la croissance démographique. En réalité le développement semble bloqué aujourd'hui car presque toutes les terres cultivables sont cultivées : les jachères disparaissant, les sols s'épuisent et le coût des intrants (fertilisation minérale, graines à cycle court) n'est rentable que les années où les pluies sont abondantes et bien réparties (Milleville, 1982).

On pourrait cependant expérimenter à l'échelle d'un terroir comme à Keita (Niger) :

- l'installation de haies vives ou d'épineux fourragers (Balanites, Acacia albida) sur les zones sableuses,

- des impluviums collectant les eaux pour des petits champs billonnés sur glacis,

- l'aménagement agroforestier des bas-fonds (cordon de pierres, haies vives, arbres fourragers ou fruitiers),

- l'aménagement des bordures de mare en vue d'une culture intensive diversifiée (fourrages pour la production laitière, céréales, légumes et quelques fruitiers).

Cependant il est clair que la production agricole est limitée aux bas-fonds et que l'élevage avec un nomadisme à faible distance est mieux adapté à ce milieu sahélien très fragile.

4. CONCLUSION.

Le milieu semi-aride d'Afrique occidentale est en définitive très diversifié dans l'espace (du point de vue ressource en eau, distribution des orages, capacité d'infiltration des sols) et dans le temps (variabilité interannuelle et saisonnière). La végétation naturelle évolue très différemment selon la zone climatique et le mode d'exploitation par l'homme et les troupeaux. En outre, les différentes ethnies qui occupent aujourd'hui ces paysages ont adapté leurs modes d'exploitation du milieu et leur stratégie de gestion de l'eau et de la fertilité des sols à cette diversité écologique.

Face aux pressions démographiques et socio-économiques, ces modes de gestion ne sont plus adaptés et les couvertures pédologiques se dégradent. Les stratégies modernes "d'équipement rural imposées par des ingénieurs dépêchés par le pouvoir central" sont trop rigides, mal adaptées à la diversité des circonstances écologiques et humaines : elles se heurtent à la résistance des traditions populaires.

Devant ces échecs, constatés tant aux Etats-Unis qu'au Maghreb et en Afrique Occidentale, l'auteur suggère une approche de développement rural : "la gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols,

- qui part d'une enquête sur les besoins ressentis par les paysans-éleveurs, et la diversité des risques de dégradation du milieu,
- qui expérimente sur leurs propres champs les techniques simples les plus prometteuses en vue d'améliorer l'infiltration, la production de biomasse, et finalement de réduire les risques d'érosion,
- qui forme progressivement les communautés villageoises à la gestion de leur environnement.

Le ruissellement es abondant sur les longs glacis mal couverts de ces zones semi-arides. Pour réduire les pertes en eau et en nutriments, les structures antiérosives ne suffisent pas, mais elles sont souvent indispensables pour installer un système cultural plus intensif visant une une meilleure infiltration (travail du sol pour rompre l'état encrouté de la surface), une meilleure stabilité structurale (gestion de la biomasse et en particulier des résidus de culture) et une amélioration des condtions de croissance des plantes (fertilisation minérale et organique).

Cela prend du temps ; c'est difficile à financer mais c'est un nouveau champ d'expérimentation qui s'ouvre aux chercheurs... bien loin des stations de recherches classiques. Il manque en effet cruellement des mesures quantitatives de l'efficacité des diverses méthodes de conservation de la productivité des sols, des aspects économiques et sociologiques de la lutte antiérosive, des moyens d'augmenter la sécurité des systèmes de production et même de la mesure de l'érosion éolienne et de l'érosion hydrique en zone sahélienne.

ANNEXE.

LES MESURES DE RUISSELLEMENT ET D'EROSION SUR PARCELLES EN ZONE SUD SOUDANIENNE.

Tableau 2. Parcelles de Korhogo (Roose, 1979) 1967-75 sur sol ferrallitique gravillonnaire, pente = 3 %, parcelles de 200 m² et 22 mètres de long.

Pluies de 1 156 à 1 723 mm/an (Md = 1 280 mm) et RUSA = 658.
K = 0,021 0,011 (nappe de gravillons).

	KRAM %	KR Max %	E t/ha/an
Savane dégradée, brûlis précoce	3,2	28	0,209
Sol nu travaillé chaque mois	33	89	5,4

Tableau 3. Parcelles de Niangoloko (Christoï, 1966) 1955-61 sol ferrallitique sablo-argileux, pente = 2,5 %.
Pluies de 979 à 1 422 mm (Md = 1 080 mm), cultures : mil-arachide-mil-arachide.

	KRAM %	KR Max %	Erosion t/ha/an
Jachère	0,4	1	0,09
Cultures à plat	6,6	39	25,4
Culture sur billons//pente	2	23	6,34
Culture sur billons pente	0,3	3	1,5

KRAM = Coefficient de ruissellement annuel moyen en % des pluies.

KR Max = Coefficient de ruissellement max. pour une forte averse.

E = Erosion à la parcelle exprimée en tonne par hectare et par an.

K = Erodibilité du sol selon Wischmeier et Smidt (1960).

MESURES D'EROSION EN ZONE NORD SOUDANIENNE.

Tableau 4. Parcelles de Gampela (Roose, Piot : 1984) 1967-72 ;
sol ferrugineux tropical sur cuirasse vers 25 cm ; pente 0,8 % ;
surface 5 000 m².
Pluies de 636 à 817 mm/an (Md = 731 mm) RUSA MD = 319.
K = 0,05 0,32 0,16.
Cultures sorgho - mil - arachide - Essais influence du labour profond + billonnage au tracteur + diguettes de diversion.

	KRAM %	KR Max %	E t/ha/an
Sol nu	-	-	16,0
Cultures à plat traditionnelles	22,5	40	4,1
Cultures sur billons//pente diguette en terre	23,7	45	5,9
Cultures sur billons pente + diguettes en terre	18,2	37	4,4
Cultures sur billons pente cloisonnée + diguette en terre	4,6	31	1,4

Seul le billonnage cloisonné est nettement différent des autres traitements.

Tableau 5. Parcelle de Gonsé (Roose, 1980) 1968-74. Sol ferrugineux lessivé sur cuirasse, pente 0,5 %, surface 250 m².
Pluies de 553 à 809 mm Md = 691 ; RUSA MD = 321
Savane arborée avec touffes d'herbes. Effet date feu de brousse.

	KRAM %	KR Max %	E t/ha/an
Protection intégrale	0,3	1	0,033
Feux précoces	2,6	10	0,147
Feux tardifs	15,3	73	0,344

Forte influence de la date du feu sur le ruissellement surtout lors des plus fortes averses.

ZONE NORD SOUDANIENNE.

Tableau 6. Parcelles de Saria (Roose et al, 1979) 1971-74. Sol ferrugineux lessivé sur cuirasse à 50 cm, pente 0,7 % ; Surface 100 m².
Pluie 602 à 724 mm (Md = 643) RUSA Md = 380. K = 0,06 0,35 0,23

	KRAM %	KR Max %	E t/ha/an
Sol nu	39	70	20
Culture de sorgho butté	27	60	6
Jeune jachère	10	30	0,5
Vieille jachère	3	5	0,15

Tableau 7. Parcelles de Linoghin (Piot, Millogo, 1980) 1973-78. Sol brun vertique pente 1 à 1,3 % ; surface, 100 et 5 000 m².
Cultures coton, sorgho, niebe, maïs, jachères ; travail du sol au tracteur.
Pluies de 555 à 896 (Md = 636 mm) RUSA Md = 309
K = 0,008 0,28 0,14.

	KRAM %	E t/ha/an
Sol nu travaillé après chaque averse	47	14,1
Sol cultivé à plat	18	3,2
Sol cultivé diguette + billon//pente	19	3,9
Sol cultivé diguettes + billons pente	6,6	0,6
Vieille jachère naturelle		
- brûlée	19	0,8
- non brûlée	3,7	0,09

Tableau 8. Ruissellement en zone Sud Sahélienne.
Parcelles de Bidi (Lamachère, Serpantié, 1988) 1985 à 90
Sol ferrugineux tropical sablo-argileux bien drainant, profond de 25 à plus de 220 cm sur cuirase. Pente 2,5 %. Parcelles (100 x 20 m) sous impluvium (50 x 20 m). Culture de mil : 3 traitements : traditionnel, idem aménagé, idem aménagé + labour, fumure légère : 7 N + 10 P + 7 K, 2 sarclages + débuttage.
Aménagement = 6 cordons de pierres isohypses (2 lignes de blocs) tous les 20 mètres.

	Pluie mm			Ruissellement KRAM %	KR Max	Effet amén. sur rendements en grain
1985	239		tradit	29	75	
		parcelles	tradit + cordons	24	57	- 11 %
			tradit + cordons + labour	-		
1986	530		1	24	85	
		parcelles	2	23	67	+ 81 %
			3	-	-	
1987	484		1	11	62	
		parcelles	2	8,7	60	+ 31 %
			3	3,4	-	

Les cordons pierreux ont peu daction sur le ruissellement global (KRAM) mais bien sur les débits de pointe, le retard de l'écoulement...et les risques d'érosion. L'impact sur les rendements en grain dépend des dernières pluies de l'année.

Tableau 9. Parcelles de la Mare d'Oursi (Piot, Millogo, 1980) 1977-79. Sol ferrugineux peu lessivé sur placage éolien en piémont sur massif de gabro, pente 5 %. Surface 100 et 2 800 m².
Cultures mil. RUSA 53 à 171
Pluie 279 à 388 mm

	KRAM %	KR Max %	E t/ha/an Md	Années sèches
Nu travaillé après chaque averse	6	37	17,8	16
Cultivé en mil	5,5	44	2,2	0,6
Jachère en défens	9,7	44	1,6	0,2

BIBLIOGRAPHIE

BENNET (H.), 1939. Elements of Soil Conservation. Mac Graw-Hill, New-York, 2 édit.

BONVALLOT (J.), 1986. Tabias et Jessour du sud tunisien. Agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion. Cah. ORSTOM Pédo 22, 2 : 163-172.

BRUNET-MORET (Y.), 1963. Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale : République de Haute-Volta : ORSTOM Paris 23 p.

BRUNET-MORET (Y.), 1963. Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale : République du Mali : ORSTOM Paris, 23 P + graphes.

CAMUS (H.), CHAPERON (P.), GIRARD (G.), MOLINIER (M.), 1976. Analyse et modélisation de l'écoulement superficiel d'un bassin tropical. Influence de la mise en culture (Korhogo, 1962-72). ORSTOM Paris TED n° 52, 81 p.

CHEVALLIER (P.), CLAUDE (J.), POUYAUD (B.), BERNARD (A.), 1985. Pluies et crues au Sahel. Hydrologie de la mare d'Oursi : 1976-81. Edition ORSTOM Paris, collection Travaux et Documents 190, 252 p.

CHRISTOI (R.), 1966. Mesure de l'érosion à Niangoloko (Haute Volta). Oléagineux, 21, 8 : 531-634.

DUGUE (P.), 1986. Appropriation des techniques de lutte contre l'érosion et le ruissellement par les paysans du Yatenga. Doc Systèmes Agraires n° 6 : 41-48.

DUGUE (P.), 1987. Programme de recherche/développement du Yatenga. Rapport de synthèse 1986. INERA Ouagadougou 96 p + Ann.

ELLISON (W.D), 1944. Studies of raindrop erosion. Agr. Eng, 25 : 131-181.

GOSSELIN (P.), 1965. Conservation des sols et aménagement des terroirs de la région Nord (Boundiali, Odienne, Korhogo). Rapport Service des Sols Korhogo (Côte d'Ivoire) du 1/4/1962 au 1/4/1964. 36 + 24 p.

GRECO (J.), 1978. La défense des sols contre l'érosion. La Maison Rustique, Paris, 183 p.

HALLAM (G.), VAN CAMPEN (W.), 1985. Reacting to farmers complaints of soil erosion on agriculturally intensive farms in Southern Mali : from fixed answer to flexible reponse. Proc. ISCO 4, Maracay, Venezuela p. 638-653.

HEUSCH (B.), 1986. Cinquante ans de banquette de DRS en Afrique du Nord : un bilan. Cah. ORSTOM Pédol. 22,2 : 153-162.

LAMACHERE (J.M.), SERPANTIE (G.), 1988. Conséquence de trois méthodes d'amélioration des bilans hydriques au champs pour une culture de mil : Bidi, Burkina Faso. ORSTOM Ouagadougou, 39 p.

LEFAY (C.), 1986. Etude de l'efficacité des travaux de DRS en Algérie. Rapport de stage ORSTOM-CNEARC - INRF, 50 p + annexes.

LILIN (Ch.), 1986. Histoire de la restauration des terrains en montagne. Cah. ORSTOM Pédol, 22,2 : 139-146.

LOVEJOY (J.B.), NAPIER (T.L.), 1986. Conserving soil : sociological insights. J. Soil and Water Cons. 41,5 : 304-310.

MARCHAL (J.Y.), 1979. L'espace des techniciens et celui des paysans. Mém. ORSTOM Paris n° 89 : 245-252.

MARCHAL (J.Y.), 1986. Vingt ans de lutte antiérosive au Burkina Faso. Cah. ORSTOM. Pédol. 22,2 : 173-180.

MIETTON (M.), 1986. Méthodes et efficacité de la lutte contre l'érosion hydrique au Burkina Faso. Cah. ORSTOM Pédol., 22,2 : 181-196.

MILLEVILLE (P.), 1982. Etude d'un système de production agropastoral sahélien de Haute Volta. ORSTOM Ouagadougou, 66 p.

MONJAUZE (A.), 1962. Rénovation rurale : rôle et dispositifs des aménagements d'infiltration. Délégation Générale, Dépt. Forêts, Service DRS Alger 16 p.

PIOT (J.), MILLOGO (E.), 1980. Synthèse de six années, d'étude du ruissellement et de l'érosion à Linoghin (Haute Volta). CTFT, Ouagadougou, Haute Volta).

PLANTIE (L.), 1961. Technique française algérienne de banquettes de DRS. Délégation Générale Dépt. Forêts, Service DRS d'Oran, 22 p.

QUILFEN (J.P.), MILLEVILLE (P.), 1984. Résidus de culture et fumure animale : un aspect des relations agriculture-élevage dans le nord de la Haute-Volta). AGRON. Trop. 38,3 : 206-212.

REIJ (C.), TURNER (S.), KUHLMAN (T.), 1986. Soil and Water Consevation in Sub-Saharan Africa. Issues and options. CDCS FREE, University Amsterdam, 82 p.

RODRIGUEZ (L.), 1987. Les aménagements collectifs contractuels de Ziga et Sabouna. Perspectives. INERA-ORD Ouahigouya, 12 p + Ann.

ROOSE (E.), ARRIVETS (J.), POULAIN (J.F.), 1979. Dynamique actuelle de deux sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et sous savane soudano-sahélienne : Saria (Haute-Volta) : synthèse des campagnes 1971-74. ORSTOM Paris, 123 p.

ROOSE (E.), 1979. Dynamique actuelle d'un sol ferrallitique gravillonnaire issu de granite, sous culture et sous savane arbustive soudanienne : Korhogo, 1967-75. Cah. ORSTOM, Pedol. 17,2 : 81-118.

ROOSE (E.), 1980. Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Travaux et Doc. n° 130. ORSTOM Paris, 569 p.

ROOSE (E.), PIOT (J.), 1984. Runoff, erosion and soil fertility restoration in the Mossi Plateau. Proc. Harare Symposium, IAHS, Public, n° 144 : 485-498.

ROOSE (E.), 1985. Conservation des sols au sud Mali : rapport de mission auprès de la DRSPR, Sikasso Mali, 22 p.

ROOSE (E.), 1986. Terrasses de diversion ou microbarrages perméables ? Analyse de leur efficacité en milieu paysan ouest-africain pour la conservation de l'eau et des sols dans la zone soudano-sahélienne. Cah. ORSTOM Pédol. 22,2 : 197-208.

ROOSE (E.), 1986-87. Aménagement intégré et lutte contre le ruissellement et l'érosion en région soudano-sahélienne du NW du Burkina Faso. Rapport de mission ORSTOM INERA/ORD, 22 p.

ROOSE (E.), 1987. Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysages soudano-sahélien d'Afrique Occidentale. Stratégie ancienne et nouvelle. Séminaire ICRISAT/INRAN, Niamey. 24 p, sous presse.

SERPANTIE (G.), 1986. Confrontation paysans-aménageurs au Yatenga. Comm. 1-9 Séminaire CIRAD/DSA Montpellier, 22 p.

VAN CAMPEN (W.), HALLAM (G.), BA (L.), VIERSTRA (G.), 1985. La lutte antiérosive et la conservation des sols : Activités de la DRSPR dans la zone de Fonsebougou et de la ZAER de Kaniko - IER, DRSPR Sikasso, Mali, 36 p.

VAN CAMPEN (W.), KEBE (D.), 1986. Lutte antiérosive dans la zone cotonière au Mali-Sud. Comm. 3ème Séminaire CIRAD/DSA Montpellier, 25 p.

WISCHMEIER (W.H.), SMITH (D.D.), 1960. A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7th Intern. Soil Science, vol 1 : 418-425.

WRIGHT (P.), 1985. la gestion des eaux de ruissellement au Yatenga (Burkina Faso) OXFAM, Ouagadougou, 38 p.