

Problèmes posés par l'aménagement des terroirs en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale

E. ROOSE

ORSTOM

RESUME

Depuis les années 1950, on a constaté une dégradation des paysages soudano-sahéliens d'Afrique occidentale. La cause principale se trouve dans la croissance démographique qui entraîne d'une part l'extension des surfaces cultivées, la disparition des jachères, la surcharge en bétail et l'épuisement des sols, et, d'autre part, l'émigration saisonnière ou de longue durée : on n'a pas trouvé, jusqu'ici, de système de production intensif stable.

Or, l'état de crise généralisé entraîne une restriction de la capacité des pays accueillant traditionnellement les émigrants. Les conditions politiques sont mûres pour une promotion régionale du développement rural par ses propres forces. Par ailleurs, il est clair que l'intensification de la production en zone semi-aride passe obligatoirement par la maîtrise de l'eau, non seulement sur les zones irrigables (peu étendues) mais aussi sur les versants où se développent les cultures pluviales (surfaces dix fois supérieures) d'où s'échappe une masse considérable d'eaux de ruissellement (KR 20 à 40 % des pluies), de terre et d'éléments fertilisants érodés.

Face à cet énorme problème, on a voulu mobiliser de gros moyens mécaniques et appliquer telles quelles des méthodes anti-érosives importées des pays développés. Devant l'échec de telles entreprises (ex. GERES), on a cherché à intéresser les populations sans changer de technique. Bien que des progrès sensibles aient été réalisés, on n'a pas atteint en dix ans un impact suffisant sur l'étendue du problème. Plus grave, les aménagements ne sont pas entretenus, la méthode contestée et sa diffusion est nulle. Seule la prise en charge par les paysans eux-mêmes peut résoudre assez vite ces problèmes de dégradation des terroirs. L'Etat pourrait intervenir pour organiser la formation des cadres et favoriser une politique des prix (des produits agricoles, des intrants).

Actuellement, grâce à diverses ONG, différentes méthodes traditionnelles de conservation de l'eau sont remises à l'honneur et améliorées qui permettent une maîtrise des eaux pluviales aux champs (rain farming) ou même la récupération des eaux ruissellant d'amont (run off farming) pour abreuver le bétail et fournir une irrigation d'appoint aux cultures de soudure. Mais cette approche individuelle à l'échelle de la parcelle n'est qu'une première étape. Pour être pleinement efficace, l'aménagement doit s'inscrire dans un cadre plus vaste (bassin versant) et s'appuyer sur le développement intégré des cultures, des arbres et de l'élevage.

INTRODUCTION

Depuis les années 1950, et plus spécialement depuis la longue période sèche, on constate une évolution profonde des paysages soudano-sahéliens d'Afrique occidentale : dégradation de la végétation (disparition d'arbres et même de graminées pérennes), dénudation, encroûtement puis décapage des sols, augmentation du ruissellement, ravinement des versants, changement du régime d'écoulement des rivières, baisse du niveau des nappes et finalement aridification du microclimat régio-

nal (MULLARD et GROENE, 1961 ; MARCHAL, 1979 ; ROOSE, 1985). Les causes principales sont les pressions démographiques (trop forte charge en hommes et en gros bétail pour une potentialité de production très variable) et socio-économique (extension des surfaces défrichées, dessouchées et labourées mécaniquement en vue de cultures industrielles ou vivrières, sur pâturage, feux de brousse, etc...). La sécheresse plus longue que d'habitude n'a fait qu'accélérer le déséquilibre entre la biomasse produite et les besoins de consommation (PEYRE de FABREGUE, 1985).

Face à cette dégradation des terres, une méthode anti-érosive classique a été largement préconisée, celle des terrasses de diversion des eaux de ruissellement vers les exutoires aménagés (BENNET, 1939 ; FAO, 1967 ; HUDSON, 1973 ; CTFT, 1980). Devant les échecs plus ou moins caractérisés de cette approche en milieu paysan ouest-africain, une analyse des principes de base, des résultats de mesure et des observations de terrain pourrait débloquent le problème. Une autre approche peut être suggérée qui s'appuie sur la pratique traditionnelle des microbarrages perméables (ligne de paille ou de pierres, bandes enherbées, haies vives, rideaux d'arbres, etc...), la fertilisation organique localisée, la plantation d'arbres et l'amélioration des réserves hydriques (ROOSE, 1985).

Mais les problèmes de conservation de l'eau et des sols ne sont pas **seulement** dans le choix de méthodes efficaces, judicieusement adaptées au milieu physique (agressivité du climat, fragilité des sols, topographie) et au milieu économique (moyens financiers, main d'œuvre disponible, rentabilité des aménagements) ; ils sont profondément humains, enracinés dans les habitudes ancestrales (ex. travail intense du sol chez les Senoufos, travail très superficiel chez les Mossi), liés aux relations entre agriculteurs sédentaires, éleveurs semi-nomades et à la proximité de la ville (commercialisation des produits et en particulier du bois).

L'objectif de cette note est d'attirer l'attention des chercheurs et des développeurs sur la nécessité absolue de s'appuyer sur l'intérêt immédiat du paysan individuel pour des techniques d'aménagement qui exigent de sa part un gros investissement en travail. Techniques simples dont il doit être entièrement maître ; techniques souples qu'il peut étendre à son rythme, mais techniques efficaces qui augmentent immédiatement le rendement de sa terre et sa sécurité pour l'avenir.

Si l'on est aujourd'hui amené à passer par l'échelle des champs individuels pour résoudre les problèmes posés par le ruissellement à l'échelle du paysage, c'est essentiellement pour sensibiliser le paysan. Il faut cependant restituer ce problème dans un cadre plus global, celui du développement harmonieux des productions animales, industrielles, vivrières et forestières.

I. LE MILIEU SOUDANO-SAHELIEN EST FRAGILE

Les **précipitations** annuelles décroissent de 1000 à 400 mm vers le Nord mais elles ont diminué de 250 mm en moyenne ces dix dernières années. Les pluies tombent en 4 à 6 mois avec des intensités très élevées (55 à 80 mm/h pendant 30 minutes) en comparaison avec la faible capacité d'infiltration des sols. Les averse journalières atteignent 60 à 75 mm tous les ans et 150 mm tous les 50 ans (BRUNET - MORET, 1963). L'indice d'érosivité des pluies "RUSA" diminue de 500

à 200 à mesure qu'on se rapproche du Sahel (ROOSE, 1977-80).

Les paysages les plus fréquents sur granite et sur grès (voir fig. 1) 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 à 3 %) mais très longues.

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 (moins de 10 mm/h). Après quelques années de cultures (coton, arachide, niébé, ou divers haricots alternant avec sorgho, maïs, mil, fonio) avec labour et deux sarco-buttages par an exécutés avec la traction bovine, il se forme vers 12-15 cm une semelle de labour impénétrable aux racines (compacité, pH, carence ou toxicité ?). Les jachères sont en voie de disparition, trop courtes et trop surpâturées pour être efficaces et régénérer la fertilité des sols.

Les cultures 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.

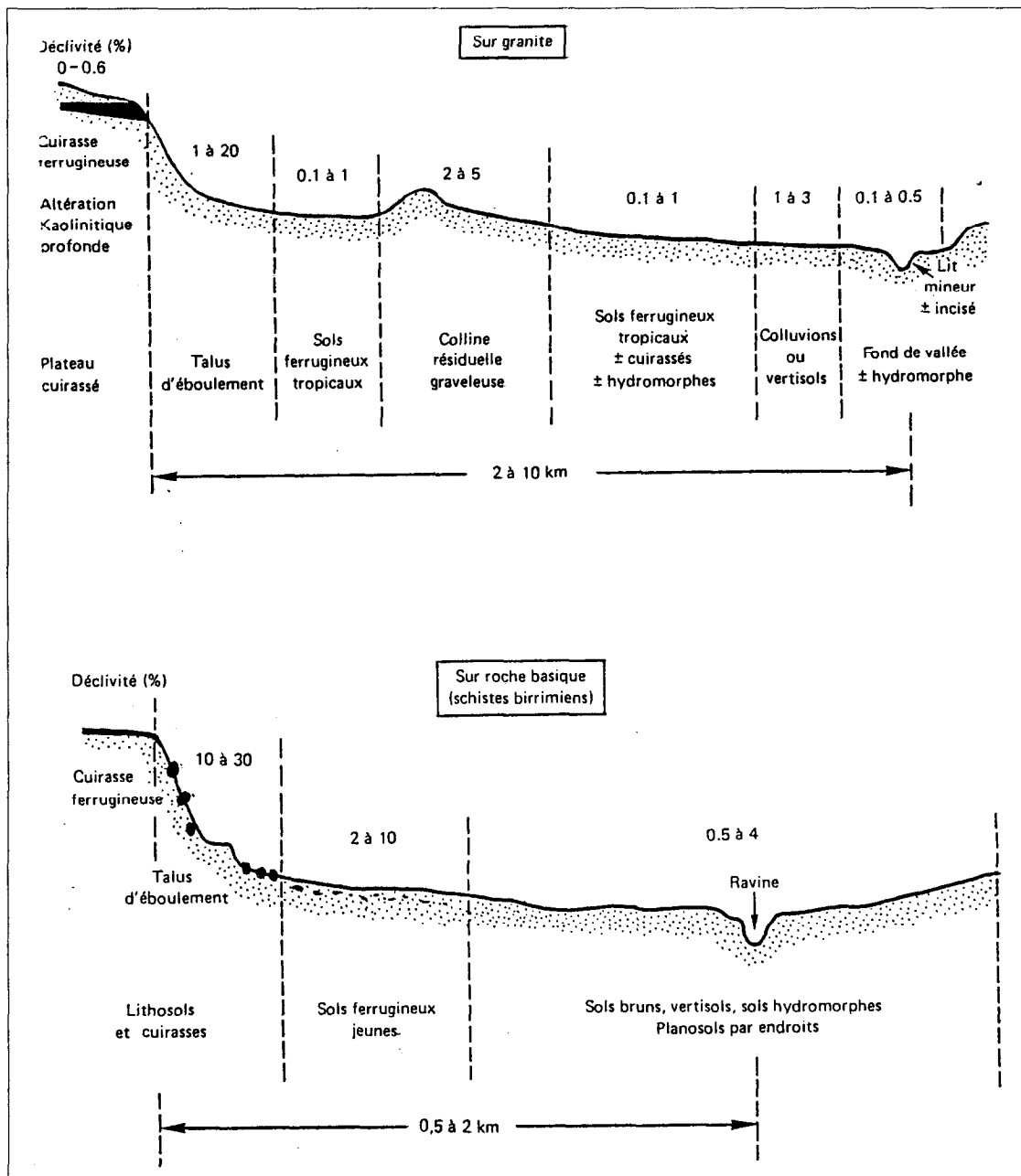
La végétation, une savane arborée assez dense à l'origine, a été terriblement dégradée ces dernières années du fait de l'extension des cultures, du ruissellement et de la baisse de niveau des nappes, des énormes besoins en bois de feu et de surpâturage. Les troupeaux se sont beaucoup développés durant 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 (BALLAM, VAN CAMPEN, 1985).

Les mesures en parcelles d'érosion (100 à 5000 m²) (ROOSE, ARRIVETS, POULAIN, 1979 ; ROOSE et PIOT, 1984 ; LIDON et al., 1982 ; PIOT et MILLOGO, 1980) sur quatre stations situées à moins de 100 km de Ouagadougou ont montré :

- un très fort ruissellement sur les versants, intolérable dans ces régions où les cultures manquent cruellement d'eau pour terminer leur cycle.

Ruissellement annuel de :
40 % sur sol nu

Figure 1 - Toposéquences fréquentes en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale



20 à 30 % sur cultures sarclées ; sorgho, mil, coton
0,2-2-20 % sur vieilles jachères protégées, feu précoce, feu tardif

Ruissellement de 60 à 70 % lors des fortes averses sur sol peu couvert (savanes dégradées, mil sorgho, sol nu).

- des pertes en terre relativement modérées (0,1 à 20 t/ha/an), vu la faible inclinaison des pentes (0,5 à 2 %) mais érosion extrêmement sélective vis-à-vis des colloïdes (matières organiques, argile + limon) et des nutriments. Sous cultures relativement intensives (labour + deux buttages + engrais), les pertes en terre (2 à 14 t/ha/an) ont tout de même dépassé largement la limite admissible pour des sols qui se reconstituent lentement

(Tolérance = 1 à 2 t/ha/an).

Ces résultats ont été confirmés à l'aide des simulateurs de pluie qui ont montré en outre, que plus les sols sont instables, plus ils sont érodibles, plus l'effet bénéfique du travail du sol sur l'infiltration est limité dans le temps (40 à 160 premiers mm de pluie) (ROOSE, 1977 ; COLLINET VALENTIN, 1979).

II. LES PROBLEMES DE DEGRADATION DU MILIEU RURAL

Suite à l'évolution des besoins en terre, en bois et en fourrage, nous examinerons ici les conséquences sur l'ensemble du terroir.

1. Extension des cultures ou intensification ?

Face aux risques climatiques et à la pression démographique, la stratégie villageoise s'est orientée vers différentes issues complémentaires :

1. *L'émigration temporaire (en saison sèche)* ou de longue durée vers des régions à plus haut potentiel de rentabilité du travail. Il s'en suit un affaiblissement des forces vives des terroirs d'émigration, contrainte dont il faut tenir compte dans le choix de la méthode d'aménagement. C'est une des raisons de la faible extension de certaines méthodes (ex. construction de diguettes et entretien des fossés de diversion).

2. *L'extension des surfaces cultivées* grâce à la culture attelée ; dispersion dans l'espace (vers des sols de plus en plus pauvres) et dans le temps des cultures (plantations précoces, normales et tardives de diverses variétés), quitte à maîtriser assez mal les adventices. Il s'en suit un défrichement et un dessouchage (indispensable pour la mécanisation) de terres de plus en plus fragiles donnant des rendements faibles mais réguliers. A la longue les terres épuisées sont trop dégradées pour que la régénération naturelle puisse être efficace : l'horizon humifère sableux étant décapé, les sols sont encroûtés, compactés et sujets à un tel ruissellement que les graines sont balayées et que les buissons survivants dépérissent par manque de pénétration des pluies dans le profil. D'où une extension régulière des zones dénudées : par exemple les Zipélé du Yatenga.

3. *La mise en culture des bas-fonds* qui étaient traditionnellement voués au pâturage en saison sèche : au lieu d'un fourrage vert de bonne qualité, ces zones n'offrent plus que les pailles sèches des céréales. D'où des tensions avec les éleveurs, un surpâturage des zones hautes de parcours et une érosion linéaire des terres humides souvent fragiles (MIETTON, 1980-86). De plus, en zone sahélienne, ces champs de bas-fonds doivent être protégés contre le bétail errant (barrière d'épineux) ce qui entraîne une dégradation des épineux (ex. Mare d'Oursi, CLAUDE, GROUZIS, comm. orale 1986 ; CHEVALLIER, CLAUDE et al., 1985).

4. *L'intensification de l'exploitation des champs cultivés* : il ne s'agit pas, généralement, de produire le plus possible en augmentant les intrants, mais de réduire les temps morts (diminution et souvent suppression du temps de jachère), de diversifier la production (rotation continue entre céréales et cultures de rente) et d'exploiter le maximum de produits commercialisables (résidus de culture comme fourrage, pailles et bois combustible, pailles pour l'artisanat, cendres pour le savon, etc...).

a) Le travail du sol, indispensable sur les terres compactes et peu perméables, augmente l'infiltration pen-

dant un temps limité (couvrant 40 à 160 mm de pluie, selon la stabilité structurale de l'horizon travaillé). Par contre, l'énergie dépensée diminue la cohésion du matériau et sa résistance à l'érosion. De plus, ce travail du sol induit une différenciation hydraulique entre une couche travaillée homogénéisée et grossièrement poreuse à l'origine et les horizons plus profonds (souvent plus argileux) du sol dont les voies principales de circulation des eaux (macropores et fissures) sont écrasées par la pression des engins (semelle de labour) et colmatés (apport de limons par les eaux d'infiltration au fond de l'horizon labouré). Les cultures dont les racines sont cantonnées dans la couche travaillée souffrent d'un pédoclimat plus sec que les arbustes de la brousse qui plongent leurs racines dans les horizons plus profonds.

Le bilan n'est positif que si le sol est suffisamment stable (associer l'enfouissement de matières organiques avec le travail du sol) et capable de stocker l'eau (sur sols gravillonnaires les réserves hydriques sont trop limitées) ; il faut aussi que le couvert végétal soit assez dynamique pour coloniser rapidement la macroporosité créée artificiellement et pour couvrir la surface du sol avant la formation d'une croûte de battance peu perméable.

b) L'usage des engrais chimiques est délicat (besoin variable d'un champ à l'autre, d'une culture à l'autre, risque d'invasion par les adventices, risque d'acidification du sol) et coûteux (valorisation des ressources locales) ; il n'est valorisé que si l'alimentation hydrique et la maîtrise des adventices sont assurées. La fumure organique appelle une maîtrise du ruissellement et de l'érosion qui entraînent des pertes sélectives d'eau, de nutriments et de colloïdes organiques et minéraux. Très généralement la fumure (organique et minérale) n'est utilisée que parcimonieusement sur la culture de rente et elle ne compense pas les pertes par érosion, par drainage ni par l'exportation (surtout si on exporte les résidus de culture : ROOSE, 1980).

Il s'en suit que l'intensification de l'exploitation aboutit souvent à moyen terme à la dégradation chimique (appauvrissement et acidification) et physique (tassement, instabilité, encroûtement) des terres. Lorsque les rendements ne justifient plus le travail du sol, ces terres sont abandonnées à l'érosion et au ruissellement qui décape l'horizon humifère et dénude un horizon compact, encroûté, complètement fermé (et mort). A cause du manque d'eau et de la divagation du bétail, même les souches finissent par crever. L'intensification et l'extension des cultures aux terres fragiles aboutissent donc au même résultat : l'extension des zones dénudées, désertifiées.

2. Les arbres et les besoins énergétiques

Tant qu'ils sont sur pied, les arbres de la brousse n'ont

pas de valeur marchande et n'appartiennent à personne : tout le monde peut donc les exploiter. Ce n'est qu'à l'état de fagots qu'ils appartiennent à quelqu'un. A court terme, le cultivateur a donc intérêt à couper le bois (concurrent pour les cultures) et à exploiter son énergie (fagots) ou ses cendres (engrais) : il conçoit mal qu'il faille en replanter pour protéger l'environnement.

Par ailleurs, c'est le Service des Forêts situé en ville, qui attribue le droit de coupe, moyennant de faibles redevances. Sur les terres qu'il loue à la communauté villageoise, le paysan n'a donc pas la certitude de jouir du fruit de sa plantation : il risque même de se voir reprocher une tentative d'appropriation des terres communautaires s'il investit dans l'aménagement et les plantations arborées. D'où un intérêt mitigé pour les plantations forestières à but écologique et le mauvais entretien des bois villageois ; par contre, on observe la réussite des plantations dans les jardins privés.

La demande en bois de chauffage et de service ($1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$) augmente aussi vite que la population (double tous les 20 à 40 ans) alors que la production naturelle de bois de ces zones sèches est faible ($0,1$ à $0,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$). La crise du bois de feu, source énergétique du pauvre, est déjà évidente autour des villes (il absorbe 30 % du revenu moyen à Ouagadougou) ; la corvée bois exige de plus en plus de temps dans les villages (REIJ, 1983 ; GORSE, 1985).

Dans cette zone soudano-sahélienne, les plantations industrielles ne sont pas rentables et les petits bois villageois ne sont pas entretenus car la propriété des produits n'est pas précisée (REIJ, 1983). Par ailleurs, les arbres ont besoin de sols profonds pour produire en quantité : il y a donc concurrence avec les cultures. Or, pour lutter contre l'érosion éolienne, pour produire bois, feuilles, fruits, fourrages, pour remonter les éléments nutritifs et les concentrer dans l'horizon superficiel du sol et y entretenir un certain taux de matières organiques, il est indispensable de conserver un minimum de recouvrement arboré (20 %). Une solution consiste à associer aux cultures des haies vives des lignes d'arbres rustiques à vocations diverses, à faible densité, et de les élever (taille des branches et des racines). Il s'agit non pas d'une perte de terre cultivable, mais d'une diversification de la production, améliorant la stabilité de l'environnement. La difficulté de la généralisation de cette solution provient de la divagation des animaux (grillage = 500 000 FCFA l'hectare, et la coupe des épineux entraîne une nouvelle dégradation) et des problèmes de propriété communautaire des terres et des arbres.

3. Divagation des animaux

Traditionnellement en saison humide, les troupeaux du village sont gardés par un berger hors des zones culti-

vées. Mais dès que les récoltes sont terminées, les troupeaux peuvent paître les résidus de culture et divaguent en fait sur tout le terroir (contrats de pâturage contre la fumure des parcs de nuit). D'où l'impossibilité de régénérer certaines espèces arborées : les peuplements existants vieillissent mais ne se renouvellent pas.

Depuis l'extension des cultures aux terres marginales et aux bas-fonds, le fourrage disponible est nettement insuffisant en saison sèche pour maintenir les troupeaux du village et les transhumants. Il en résulte une dégradation progressive des aires de parcours (diminution d'espèces arbustives ou herbacées pérennes) et une grande difficulté de régénération des espèces arborées (broutage des semis et jeunes sujets). Parallèlement à la dégradation du couvert végétal, on observe un dessèchement du microclimat et une augmentation des risques d'érosion par le vent et par l'eau.

L'association plus ou moins intime de l'élevage et de l'agriculture peut également avoir des conséquences favorables ou non sur la dégradation des sols. QUILFEN et MILLEVILLE (1983) ont commenté le rôle du bétail ramassant sur les parcours les matières végétales et concentrant les facteurs de fertilité sur des zones choisies (contrats de fumure). Par contre, le piétinement et l'exportation des litières naturelles et des résidus de culture ont un impact certain sur l'activité de la microflore et de la mésofaune du sol entraînant la dégradation des propriétés physiques de la surface des sols (encroûtement, tassement et réduction de l'infiltrabilité).

Traditionnellement, le troupeau a un rôle de Caïssé d'Épargne. Dès qu'il se dégage un excédent monétaire, après satisfaction des besoins immédiats de la famille, le reliquat sert à augmenter le nombre de bêtes pour faire face aux aléas climatiques (pluies irrégulières) ou sociologiques (fêtes, mariages, funérailles, etc...). D'où une multiplication remarquable du bétail pendant les décades humides précédant la sécheresse actuelle.

Il en résulte aujourd'hui une nette détérioration de l'infiltrabilité des zones pâturées, l'organisation de passages d'eau de ruissellement provenant des hauteurs (généralement rocheuses ou cuirassées), le développement d'une érosion en nappe ravinante traversant les zones cultivées (glacis limoneux-sableux) en provoquant de nombreux désordres : décapage ou appauvrissement des horizons humifères, transport sélectif des éléments fertilisants (matières organiques, fumier, nutriments minéraux) déterrement des jeunes plants, destruction des billons, coupure des blocs de culture mécanisée, dépôts de sables stériles colluvionnant en bas de pente, coupure du réseau routier, rupture des ponts et barrages, érosion linéaire des lits de rivières, abaissement des nappes, etc...

4. Conséquences

C'est à l'ensemble "cultures extensives, surpâturage et défrichements abusifs" qu'il faut attribuer la dégradation des paysages : c'est donc tout le système de production qu'il faut corriger pour réduire le ruissellement et l'érosion (considérés comme un signal de mauvais fonctionnement) et pas seulement quelques structures anti-érosives (DRS) plaquées sur un mode de gestion en pleine révolution.

Les villageois (souvent cultivateurs et éleveurs en même temps) sont conscients de la dégradation du milieu (faune, flore, sol, climat) et d'un assèchement du régime hydrique des sols et des rivières, mais ils en attribuent généralement la cause à la détérioration des pluies durant les vingt dernières années.

Ils sont intéressés par la suppression du ruissellement provenant des collines, par la conservation de la fertilité des terres cultivées et par la récupération des terres dégradées là où le besoin en terre se fait sentir (ex. réalisations OXFAM au Yatenga).

Ils n'ont pas tous compris que leurs champs sont également l'objet d'une dégradation par l'énergie de la pluie, du ruissellement et du travail du sol, que cette dégradation est étroitement dépendante de leur mode de gestion (bilan des nutriments, gestion des matières organiques, travail du sol) et qu'enfin ils ont la possibilité de freiner sinon de renverser ce courant d'évolution défavorable.

En zone soudanienne, généralement assez humide ($P > 800$ mm) les cultivateurs demandent de détourner les eaux ruissellantes des collines (fossés et diguettes de protection) et d'évacuer les excédants d'eau temporaires de leurs parcelles vers des exutoires (ex. diguettes de diversion implantées par la DRSPR chez les Senoufos autour de Sikasso : HALLAM, VAN CAMPEN, 1985). Il est difficile de faire porter l'effort sur une amélioration de l'infiltration au champ car les paysans craignent l'engorgement temporaire du sol.

En zone soudano-sahélienne plus sèche se rapprochant de la limite de possibilité de cultures (P 400 mm), tout apport d'eau accroît la production. Les paysans s'efforcent de retenir toute l'eau de pluie tombant sur leur parcelle (rain farming) en augmentant la rugosité de la surface du sol. Exemple : le billonnage cloisonné appliqué par le P.A.E. de Ouahigouya. Ils sont souvent tentés de capter toutes les eaux de ruissellement (run off farming), ainsi que leur charge solide (matières organiques flottantes, agrégats, sables) pour reconstituer l'horizon sableux humifère perméable (milieu très favorable au développement de la microflore et de la mésofaune) quitte à étaler le ruissellement sur les champs et à le laisser couvrir successivement chaque parcelle du glacis (ex. restauration des Zipelés du Ya-

tenga : WRIGHT, 1985 ; CHLEQ et DUPRIEZ, 1986).

III. LES SOLUTIONS PROPOSEES

Nous suivons l'évolution historique des approches de la conservation de l'eau et des sols au Burkina qui embrasse des échelles spatiales et sociales de plus en plus étroites allant de l'aménagement global et autoritaire des bassins versants à l'aménagement volontaire des parcelles individuelles.

1. Aménagement à l'échelle du bassin versant

Il s'agit de répartir à différents niveaux d'une unité hydrographique naturelle (impluvium et canal d'évacuation) des aménagements adéquats pour ralentir le ruissellement, nourrir la nappe phréatique, diminuer les débits de pointe, régulariser les débits de rivières et éviter les transports solides.

Généralement le Maître d'Oeuvre dispose de la maîtrise du foncier, de moyens techniques et mécaniques importants pour arriver rapidement à ses fins ; il poursuit des objectifs dont les bénéficiaires sont souvent situés à l'aval (stabilisation des rivières, protection des barrages, ponts et réseau routier, alimentation en eau et électricité de communautés urbaines, etc...).

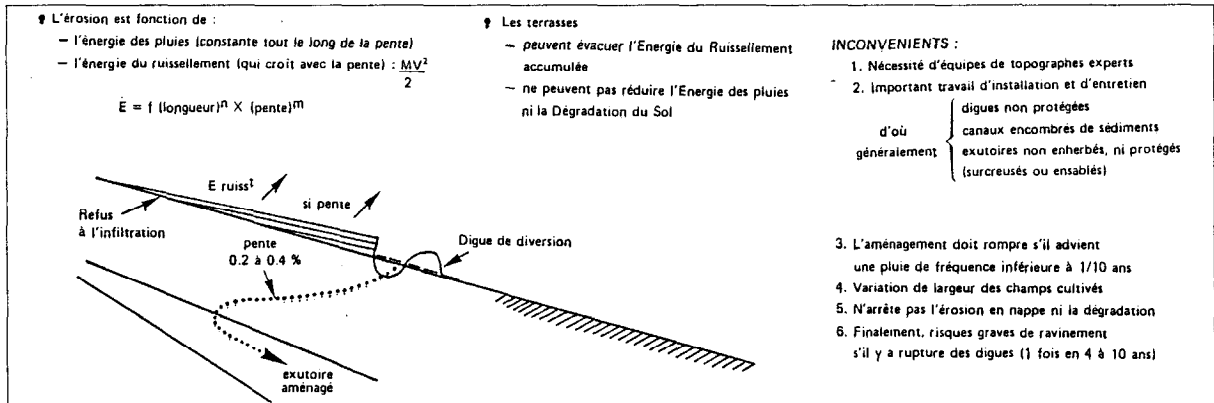
Cette approche peut se justifier sur le plan technique, mais ne tient pas assez compte des gestionnaires, ni des modes traditionnels d'organisation du paysage.

L'aménagement du GERES (1963-65) dans le Yatenga représente l'exemple classique d'un aménagement rapide (120 000 ha en trois saisons sèches) s'appuyant sur des investissements lourds (1 milliard de FCFA), des puissantes machines et des techniciens spécialisés étrangers au pays. La diversité des méthodes utilisées (routage des terres hautes 35 000 km de fossés d'absorption ou de diversion, micro-barrages en demi-lune et 24 barrages collinaires) et la rapidité de l'exécution du projet sont intéressants sur le plan technique, mais le projet s'est soldé par un échec par manque de prise en compte des réalités humaines : étrangers à la conception et à la réalisation de l'aménagement, les bénéficiaires l'ont rejeté ou ignoré (affaires des blancs qui n'ont qu'à l'entretenir). Les causes du rejet sont multiples et ont été analysées en détail par MARCHAL (1979-83) mais l'usage de gros moyens a probablement découragé les paysans de s'attaquer à de si graves problèmes avec les modestes moyens traditionnels.

2. Aménagement d'une portion de versant par un groupement villageois

En 1972, le Fond de Développement Régional (FDR) a relancé la lutte anti-érosive en s'appuyant sur la de-

Figure 2 - Méthodes des fossés/terrasses de diversion



mande de groupements villageois chargés de réaliser et d'entretenir des diguettes de diversion (hauteur 50 cm, distance 50 à 100 m) sur des groupes de parcelles occupant une portion de versant. Le petit matériel et un appui technique (équipe de topographes et tracteur soussoleur a été fourni pour réaliser l'implantation de diguettes). En neuf ans, le FDR a aménagé 9000 ha : le rythme s'est accru de 450 ha en 1974 à 3800 ha en 1980 ; parallèlement les coûts se sont abaissés de 161 000 FCFA à 39 800 FCFA/ha. Cette réalisation importante semble cependant insuffisante en face de l'immensité du problème : moins de 1 % de la surface cultivée a été traitée chaque année ! De plus, l'entretien des aménagements est tout à fait insuffisant et les dispositifs sont souvent détruits : pas de fossé de garde en amont, erreurs des topographes, hauteur et compactage trop faible des diguettes, pluies et ruissellements exceptionnels entre les diguettes trop écartées, etc... L'efficacité de la méthode des diguettes de diversion est remise en cause par les paysans (perte de surface cultivable : 10 à 15 %, l'eau engorge une bande de terre en amont des diguettes, perte d'eau de ruissellement en aval) et par les chercheurs (les diguettes n'empêchent pas la dégradation des terres, les fossés se comblent forcément suite à la rupture de pente entre champs et diguettes, donc nécessité de couvrir les diguettes, de curer les fossés chaque année et de réparer les brèches lors des averses exceptionnelles : difficulté de protéger les exutoires, etc...) (ROOSE, 1985).

Si l'entretien des dispositifs ne se fait pas, c'est que les groupements villageois rassemblent autour des riches propriétaires des paysans pauvres attirés par l'aide alimentaire en saison sèche. Mais ceux-ci ne peuvent pas assurer l'entretien de ces aménagements en saison des pluies où tout le monde travaille sur son propre champ, d'autant plus qu'ils n'ont aucune chance de voir se faire sur leurs pauvres terres ces aménagements collectifs réservés en priorité aux meilleures terres, attribuées aux plus riches.

"Le point faible de cette approche du FDR est la dépendance des villageois vis-à-vis de l'équipe des topographes de l'ORD (Office Régional de Développement). Tant que les villageois ne maîtriseront pas entièrement les méthodes anti-érosives, les paysans ne pourront continuer la lutte chez eux, à leur propre rythme" (REIJ, 1983).

3. Aménagements à l'échelle des parcelles individuelles

Traditionnellement, chaque unité de production possède une série de parcelles dispersées, sur le terrain tout au long de la toposéquence (collines caillouteuses, glacis limoneux, bas-fonds plus ou moins hydromorphes, à distance variable du village). Selon les circonstances, il existe toute une gamme de méthodes conservatrices connues par les anciens et remises en valeur par les O.N.G.

1. Murets de pierres formant des terrasses progressives sur les collines

Cette construction en pierres sèches exige un gros travail de choix et de transport des pierres, de construction et d'entretien qui ne se justifie qu'en cas de forte pression démographique, religieuse ou politique ; pour compenser un manque de terres on accumule sur de faibles surfaces des éléments fertilisants permettant des productions valorisantes. Exemple les cultures d'oignons des Dogons au Mali, les Kapsikis au Cameroun, les Kabrés au Togo.

Une variante beaucoup moins coûteuse consiste à épierrier les champs et à aligner les tas en des cordons isohypses (des clapiers) d'autant plus rapprochés que la pente est forte.

2. Les diguettes en terre armées de pierres

Il s'agit d'une digue de terre encadrée de deux rangées de

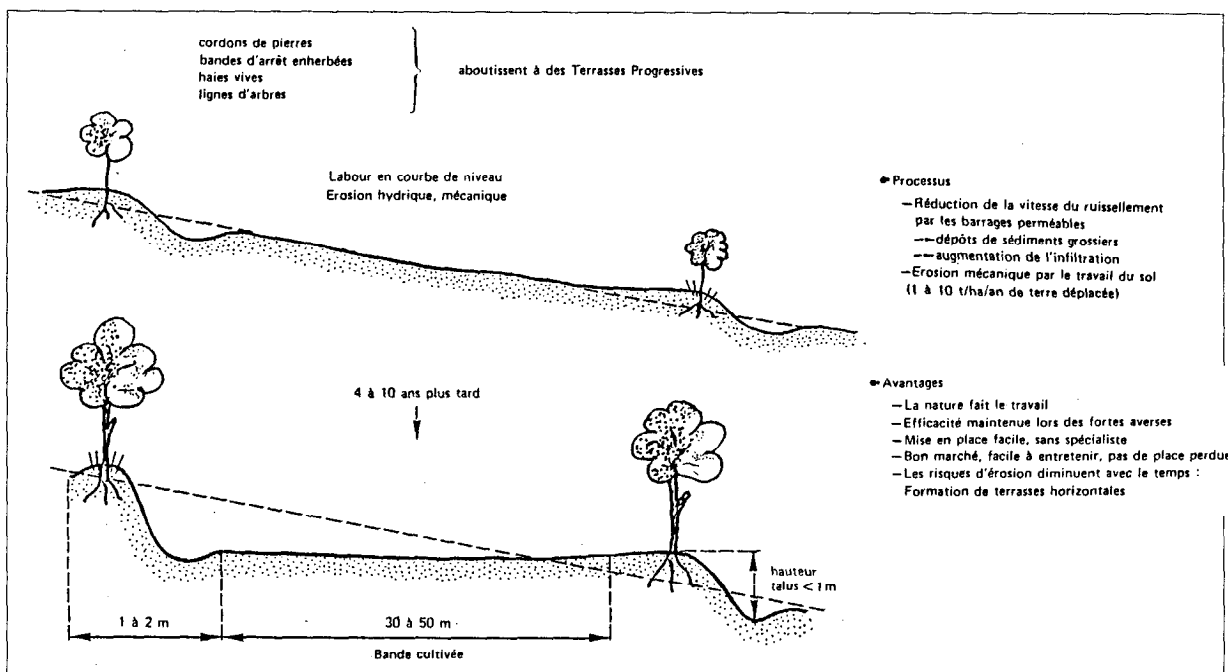
grosses pierres et surmontée d'une crête perméable formée d'une rangée de pierres moyennes. La base permet de stocker le ruissellement et les sédiments sur une dizaine de centimètres, tandis que la crête et le deuxième rang de pierres permet l'évacuation sans dégâts des eaux excédentaires lors des fortes averses (perte d'énergie par frottement sur les pierres).

Cet aménagement plus élémentaire effectué à proximité des zones de rupture des cuirasses sur sols superficiels permet d'épaissir l'horizon humifère, d'absorber les pluies agricoles moyennes (jusqu'à 30 mm) et d'améliorer le stockage de la réserve d'eau utile de 10 à 20 mm (soit 3 à 5 jours d'ETR) ce qui améliore nettement la production de biomasse. Ces diguettes armées de pierres peuvent être alignées plus ou moins parallèlement aux principales courbes de niveau ; elles isolent des bandes cultivées de largeur constante (15 à 30 m) bien adaptées à la mécanisation.

3. Les cordons de pierres (1 seul rang), de paille, d'écor-

ces, de branches, les haies vives et les bandes enherbées agissent comme un peigne. En ralentissant les eaux de ruissellement, ces microbarrages perméables provoquent la sédimentation des agrégats, des sables, des matières organiques et des graines, milieu perméable et biologiquement très actif. Les graines piégées développent rapidement un tapis brossé végétal qui accélère le développement d'une terrasse perméable et peu pentue (ROOSE, BERTRAND, 1971 ; ROOSE, 1986). Selon la disponibilité des matériaux (pierres, paille ou végétaux vivants), cette méthode peut être utilisée sur l'ensemble des glacis cultivés (pente faible) ; elle ne nécessite pas le respect strict de la microtopographie (comme les fossés et les diguettes de diversion), car elles dispersent l'énergie des ruissellements par frottement sur les microbarrages peu élevés ($h = 10$ à 20 cm) mais nombreux (tous les 10 à 20 mètres) et par étalement sur toute la surface du champ (au lieu de concentrer le ruissellement dans des exutoires où se développe le ravinement).

Figure 3 - Méthode des microbarrages perméables



Cependant les structures en pierres (paille ou bois) sont temporaires : tôt ou tard les animaux et l'érosion les dégradent. Il faut donc prévoir leur soutien par des structures vivantes telles que les haies vives et lignes d'arbres (tous les 25 à 50 mètres).

Les Mossi connaissent une application de cette méthode : la restauration des pierres dégradées (ZIPELE) par l'implantation de cordons de pierres en nid d'abeille isolant de petites parcelles ouvertes vers l'amont. En deux ans on reconstruit un horizon humifère, perméable et biologiquement actif grâce à l'apport conjugué des eaux de ruissellement, de leur charge solide, de matières organiques (poudrette et litières) et d'un travail

convenable du sol ; des productions remarquables ont été atteintes rapidement (8 à 12 quintaux de sorgho) (WRIGHT, 1985).

4. Techniques d'aménagement de la surface du sol pour piéger les eaux

Entre les structures anti-érosives (diguettes ou cordons de pierres) il existe toute une gamme de techniques de piégeage des eaux en augmentant la rugosité de la surface du sol ou en la paillant.

Le labour suivi d'un billonnage cloisonné permet de stocker 20 à 50 mm à chaque averse ; cette capacité de

stockage diminue lorsque la pente augmente et à mesure que les diguettes se dégradent. Les Mossis pratiquent une méthode inverse (ZAI) : ils creusent une cuvette de 20 à 80 cm de diamètre et y déposent une poignée de matières organiques. Aux premières pluies les termites (*Trinervitermes*) viennent s'y nourrir et laissent des galeries de 5 mm de diamètre, stables (cylindriques et tapissées de leurs excréments) qui favorisent l'infiltration des eaux de ruissellement en profondeur, hors de portée de l'évaporation rapide. Aux pluies suivantes, les racines des jeunes semis y trouveront des voies de pénétration faciles vers les réserves hydriques profondes, en attendant que la saison des pluies s'installe.

Le même principe (délimitation d'un impluvium et stockage localisé dans une cuvette) est appliqué pour des plantations d'arbres, les cuvettes en quinconce étant délimitées par des diguettes en croissant de lune ouvertes vers l'amont.

Le paillage avec toutes sortes de pailles et de branches (surtout des légumineuses) est également utilisé pour "fumer" une terre épuisée et pour améliorer l'infiltration grâce au travail de perforation des croûtes par les termites. Le paillage a un rôle anti-érosif évident grâce à l'absorption simultanée de l'énergie des gouttes de pluie et celle du ruissellement.

Malheureusement les résidus organiques ne sont guère abondants en fin de saison sèche en zone soudano-sahélienne car le bétail manque de fourrage. Les zones paillées sont donc très limitées.

5. Les mares ou citernes de surface

Il s'agit de capter le ruissellement sur un impluvium dénudé (versant d'une colline de 1 à 5 ha) pour alimenter le bétail et pour apporter un appoint d'irrigation sur une surface limitée (1/4 à 1/6 de l'impluvium) mais cultivée intensivement (en particulier cultures de soudure ou de rente). Une digue en croissant ($h = 1$; base = 2 m ; diamètre 50 à 100 mètres) est construite en tête de ravine avec la terre extraite d'une mare qu'on creuse au centre de l'aire de stockage (à 150 cm de la digue). Un tuyau au ras du sol traverse la digue et amène l'eau en aval à un réseau de rigoles d'irrigation ; une chambre à air en caoutchouc permet de distribuer l'eau selon les besoins des plantes quelques jours après les pluies. Pour éviter la destruction de ces petits barrages, il faut que la digue dépasse de 30 cm la hauteur du haut des ailes et que celles-ci soient renforcées de gros blocs de latérite (déversoirs latéraux stabilisés).

Ces aménagements sont très prisés car ils améliorent la sécurité de la production et peuvent être construits et agrandis en saison sèche par une petite équipe ne disposant que d'une brouette, de pelles et de pioches. La difficulté consiste à bien apprécier le ruissellement sur l'impluvium, à protéger les exutoires latéraux, à

tasser la digue et à la protéger contre la pluie et le bétail (épineux).

4. Aménagements communautaires des bas-fonds

1. Microbarrages filtrants en tête de vallée

Il s'agit de digues basses ($h = 1-2$ mètres) avec déversoirs centraux en gabions capables d'intercepter les eaux de ruissellement en tête de bas-fond (puis progressivement vers l'aval) pour ralentir les eaux de surface, nourrir la nappe, irriguer quelques ares de rizières et quelques jardins de contre saison et transformer progressivement le marigot raviné en une série de terrasses irriguées, enrichies en limons et nutriments arrachés aux versants (comme les JESSOURS du sud tunisien).

Le coût, le dimensionnement (fonction du ruissellement escompté) et la réalisation de ces petits barrages communautaires sont déjà des obstacles plus difficiles à surmonter. Ils posent des problèmes fonciers délicats puisqu'on va noyer des terres en amont de la digue et fournir de l'eau en aval (surélévation de la nappe ou irrigation par siphonnage) ; il sera difficile de redistribuer équitablement l'eau et les terres qui vont en profiter. Enfin il faut prévoir un accès au point d'eau pour le bétail en évitant qu'il puisse détruire l'aménagement ou le détourner de son objectif prioritaire qui est de conserver l'eau et la fertilité des sols d'un terroir.

5. Barrages collinaires

Il s'agit encore de conserver les eaux de surface dans les zones collinaires par une digue de terre, mais une digue beaucoup plus importante ($h = 6$ à 10 mètres) protégée par un exutoire bétonné avec un objectif d'irrigation de quelques hectares et l'alimentation hydrique diversifiée du bétail. Tous les problèmes posés pour les micro-barrages filtrants sont ici bien plus délicats et exigent pour leur solution la coopération de techniciens compétents.

IV. CONCLUSION

Pendant longtemps, le développement rural s'est fait par juxtaposition de projets sectoriels. On a aujourd'hui conscience des déséquilibres socio-économiques créés par ces dynamiques à vitesses variables qui ont leurs conséquences sur l'environnement. L'exploitation extensive du milieu au profit des notables (meilleures terres), des commerçants (meilleurs profits) ou des plus adroits (ressources extérieures) a abouti en quelques décennies à des défrichements inconsidérés, au développement des troupeaux incompatibles avec les disponibilités fourragères en saison sèche et à la dégradation du couvert végétal, des terres et des réserves hydriques.

Devant l'importance des déséquilibres clairement mis en évidence par la succession d'années à pluviosité déficitaire, on a mieux pris conscience des interrelations entre tous les éléments d'une communauté végétale, animale et humaine vivant sur un terroir à développer.

L'approche du système sous l'angle de la gestion conservatoire de l'eau et des sols (G.C.E.S.) est particulièrement intéressante, car d'emblée elle mène à l'analyse globale de tout un système de production à une échelle naturelle, le bassin versant, couvrant tout ou partie d'un terroir. Elle vise le développement rationnel des arbres, de l'élevage et des cultures en fonction des potentialités du milieu physique et biologique (notion de vocation des terres en fonction des contraintes). Cette approche, tombée aux mains de spécialistes et d'ingénieurs qui ont développé leurs techniques en oubliant l'homme, a donné naissance à une caricature : la D.R.S., défense et restauration des sols. Défense aux agriculteurs et éleveurs (les vilains défricheurs de forêts) de pénétrer sur une aire dégradée, surface sortie du domaine de la production et confiée à l'Administration Forestière pour restaurer la fertilité des sols à l'aide d'une longue jachère forestière. A la limite, si la pression démographique est incontournable, on impose à l'exploitant des structures qui devraient théoriquement réduire l'énergie du ruissellement (banquettes, terrasses, etc...) sans pour autant régler le problème de la dégradation de la fertilité des sols, et sans égard aux pertes de rentabilité des terres ainsi traitées (accès et mécanisation difficiles, perte de surface de 10 à 20 %, etc...).

Pratiquement tous les aménagements DRS imposés de l'extérieur ont échoué : destruction par les bénéficiaires eux-mêmes ou par le ruissellement, manque d'entretien ou même inadaptation au milieu physique. On en est aujourd'hui revenu aux méthodes traditionnelles qui, si elles font appel à un travail collectif temporaire, sont décidées et appliquées par des individus sur les terres qu'ils exploitent, aux rythmes qui leurs sont propres, avec des moyens extrêmement réduits et dont ils restent les maîtres. Les techniques ont été redécouvertes et semblent acceptables dans le milieu traditionnel : reste à étudier de près leur fonctionnement pour améliorer leur efficacité, à favoriser leur extension (y compris chez les experts internationaux) et leur diversification en fonction des conditions physiques et humaines.

Cette approche d'aménagement des parcelles individuelles semble actuellement un préalable pour sensibiliser, mobiliser et former les exploitants aux problèmes posés par la dégradation des sols et par les équilibres naturels à respecter (notion de système de production équilibré, à la recherche d'une productivité optimale à long terme). Cependant il faudra bien un jour reprendre le problème à l'échelle collective du bassin versant, du village et de la région, et repenser l'aménagement du paysage en associant les productions animales, forestières et vivrières sur les terres de parcours

(haut de pente), les glacis cultivés et les bas-fonds.

En attendant, il faut surmonter les principales difficultés :

- résoudre le problème foncier (chacun doit pouvoir jouir du fruit de son travail, sinon il n'y a pas d'auto-investissement possible) ;
- sélectionner des techniques simples, peu coûteuses et efficaces que chaque paysan peut mettre à profit sur ses terres ;
- sélectionner une gamme de techniques adaptées à différentes conditions du milieu physique et humain ;
- comparer le coût et l'efficacité de ces méthodes en milieu paysan ;
- développer des stratégies de diffusion des connaissances en milieu rural.

BIBLIOGRAPHIE

- BENNET H.H., 1939 - "Elements of soil conservation", éd. New-York, Mac Graw-Hill.
- BERTRAND A., 1985 - Les nouvelles politiques de foresterie en milieu rural au Sahel. Rev. Bois et Forêts Trop., 207, 23-39.
- BRUNET-MORET Y., 1963 - Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique occidentale. Rép. Haute Volta. ORSTOM, Paris-CIEH, 23 p.
- CHEVALIER P., CLAUDE J., POUYAUD B., BERNARD A., 1985 - Pluies et crues au Sahel. Hydrologie de la Mare d'OURSI. Burkina Faso 1976-81. ORSTOM, Paris, Trav. et Doc. n° 190, 251 p.
- CHLEQ J.L., DUPRIEZ H., 1986 - Métiers de l'eau du Sahel. Ed. Terres et Vie, Nivelles, 126 p.
- COLLINET J. et VALENTIN C., 1979 - Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Cah. ORSTOM Pédol., 17,4 : 283-328.
- C.T.F.T., 1980 - Conservation des sols au sud du Sahara, 2° éd. Minist. Coop. - CTFT, Paris. Collec. Techniques rurales en Afrique. 296 p.
- FAO, 1967 - La défense des terres cultivées contre l'érosion hydraulique. Rome, FAO, 202 p.
- GORSE J., 1985 - La désertification dans les zones sahéliennes et soudaniennes de l'Afrique de l'Ouest. Comm. Col. Gembloux (Belgique), 60 p. multig.
- HALLAM G., VAN CAMPEN W., 1985 - Reacting to farmers complaints of soil erosion on intensive farms in southern Mali. Comm. Col. ISCO, Maracay (Vénézuëla), 13 p. multig.

- HUDSON N.W., 1973 - Soil conservation. B.T. Batsford limited. London, 320 p.
- LIDON B., MORANT P., SEDAGO M., SOLA G., 1982 - Etude du ruissellement à la parcelle et de ses conséquences sur le bilan hydrique des cultures pluviales en sol peu profond. IRAT/CIEH, Ouaga. 43 p. + ann.
- MARCHAL J.Y., 1979 - L'espace des techniciens et celui des paysans. Histoire d'un périmètre anti-érosif en Haute Volta. in "Maîtrise de l'espace agraire et dév. en Af. Trop.", CNRS-ORSTOM, Mém. ORSTOM n° 89 : 245 : 252.
- MARCHAL J.Y., 1983 - Yatenga, Nord Haute Volta. Trav. et Doc. ORSTOM Paris n° 167, 872 p. + ann.
- MIETTON M., 1980 - Recherches géomorphologiques au sud de la Haute Volta. Thèse 3° cycle Univ. Grenoble, UER Géographie, 265 p. + ann.
- MIETTON M., 1986 - L'érosion des sols de bas-fonds au Burkina Faso. Comm. Symp. Int. INQUA "Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire" Dakar, avril 1986.
- MULARD M., GROENE D., 1961 - Les méthodes de lutte contre l'érosion du sol en Haute Volta. Bois et Forêts des Tropiques, 79 : 7-16.
- PEYRE DE FABREGUE B., 1985 - Conséquences de la sécheresse dans le domaine pastoral de la République du Niger. Comm. Col. Gembloux 7 p. multig.
- PIOT J., MILLOGO E., 1980 - Rapport de synthèse de six années d'étude du ruissellement et de l'érosion à Linoghin (Haute Volta). CFTF/H.V. Ouaga. 47 p. multig.
- QUILFEN J.P., MILLEVILLE P., 1983 - Résidus de culture et fumure animale : un aspect des relations agriculture-élevage dans le nord de la Haute Volta. Agron. Trop., 38, 3.
- REIJ C., 1983 - L'évolution de la lutte anti-érosive en Haute Volta depuis l'indépendance vers une plus grande participation de la population. Inst. for Environmental Studies Free Univ. Amsterdam. 84 p. multig.
- ROOSE E.J., BERTRAND R., 1971 - Contribution à l'étude de la méthode des bandes d'arrêt pour lutter contre l'érosion hydrique en Af. de l'ouest. Agron. Trop. 26, 11, pp. 1270-1283.
- ROOSE E.J., ARRIVETS J. et POULAIN J.F., 1974 - Etude du ruissellement, du drainage et de l'érosion sur deux sols ferrugineux de la région centre Haute Volta. Rapport ORSTOM Abidjan-IRAT/H.V., 83 p. multig. fig. tab. 29 réf.
- ROOSE E.J., 1977 - Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest. Trav. Doc. ORSTOM Paris, n° 78, 109 p.
- ROOSE E.J., 1980 - Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. ORSTOM Paris, sér. Trav. et Doc. n° 130. Thèse doct. es Sciences, Univ. Orléans, 587 p.
- ROOSE E.J., PIOT J., 1984 - Runoff, erosion and soil fertility restoration on the Mossi Plateau (Central Upper Volta). Proc. Harare Symposium, IASH n° 144 : 485-498.
- ROOSE E.J., 1985 - Rapport de mission auprès de la DRSPR dans la région Sud Mali (3-17 déc. 1984) Min. Agric. Mali, DRSPR/IRRT, 42 p. multig.
- ROOSE E.J., 1985 - Dégradation des terres et développement en Afrique de l'ouest. Comm. Col. Gembloux. ORSTOM Montpellier, 30 p. multig.
- ROOSE E.J., 1986 - Terrasses de diversion ou micro-barrages perméables ? Cah. ORSTOM, sér. Pédol. ; 22, 2 : sous-presse.
- WRIGHT P., 1985 - La gestion des eaux de ruissellement, OXFAM, Ouaga., 38 p.