

Contraintes et espoirs de développement d'une agriculture durable en montagnes tropicales

Par E.J. Roose

Dir. Rech. Pédologie à l'ORSTOM B.P. 5045 - 34032 Montpellier France

Résumé

En montagne, les risques de dégradation du milieu, les contraintes et les coûts de production sont plus élevés qu'en plaine. Il est cependant indispensable pour l'équilibre des régions d'entretenir le milieu montagnard et d'y développer des ressources suffisantes pour y maintenir une population non souhaitée en ville. Après avoir expliqué les contraintes socio-économiques et les différentes formes d'érosion, l'auteur définit quelques pistes d'espoir - basées sur la gestion de l'eau (par les structures antiérosives et les techniques culturales) et des matières fertilisantes (organiques et minérales). La conservation des sols pauvres n'améliore pas la production : pour satisfaire les paysans il faut développer conjointement la gestion de l'eau et la restauration de la fertilité des terres productives pour aboutir à des systèmes de production complexes où la culture est étroitement associée à l'élevage et à l'arboriculture.

Une série d'exemples montrent que l'intensification de l'agriculture montagnarde est possible surtout avec une forte densité de population, sans qu'il en résulte pour autant une dégradation générale du milieu.

Mots-clés : Développement rural en montagne, lutte antiérosive, G.CES, techniques culturales, gestion de la fertilité des sols, gestion de l'eau

INTRODUCTION

. Il y a deux siècles dans les montagnes des régions tempérées (Cévennes, Alpes, Pyrénées..) il y eu une si forte pression démographique que la survie des paysans n'a pu se faire que grâce au pâturage des terres communales. Il s'en est suivi une dégradation du couvert végétal est une augmentation de la torrentialité des rivières. Pour faire face aux conséquences désastreuses de cette dégradation pour les routes et la qualité des eaux indispensables aux citadins, est née en France la restauration des terrains de montagne (RTM) qui permet à l'Etat de s'approprier les terres dégradées, de revégétaliser les hautes vallées, de corriger les torrents et les ravines. Cependant, cette action bénéfique pour stabiliser l'environnement montagnard, n'a pas résolu pour autant le problème des ruraux dont une bonne partie dû s'expatrier vers les colonies ou travailler en usine.

. En Afrique, les montagnes couvrent 10 % des terres et portent 20 % des populations : 100 millions d'habitants vivent à plus de 1500 mètres d'altitude (Hurni, 1989). La pression démographique y est plus élevée qu'en plaine depuis des siècles (Ethiopie) ou seulement depuis 50 ans. Les causes en sont variées. La montagne a souvent servi de refuge politique ou religieux (ex : Pays Dogon au Mali, Kapsiki et Monts Mandara au Cameroun, Pays Kabre au Togo). Mais il est certain que le climat y est plus salubre que dans les plaines environnantes (pas de paludisme, ni de mouche tsé-tsé) et que les conditions de production sont meilleures (plus de pluies, sols volcaniques plus riches, productions plus variées). Cependant, les conditions écologiques et humaines y sont très variées.

. Dans ce texte, nous voudrions introduire le thème des stratégies paysannes face aux problèmes d'érosion en montagne, souligner les contraintes du développement rural en montagne et distinguer les différents types d'érosion, leur importance et les solutions qui ont été préconisées.

. Nous allons montrer qu'il est possible techniquement de multiplier les rendements des cultures par deux, par cinq, parfois par dix car actuellement les rendements sont très faibles. Cependant, les contraintes socio-économiques limitent l'usage des intrants nécessaires (coût, devises étrangères, transport, etc..). Le développement de l'agriculture de montagne passe par l'intensification localisée des productions rémunératrices spécialisées (fruits, légumes, miel, fromages) mais aussi par une politique de subsides à ceux qui entretiennent la montagne, château d'eau indispensable au développement des plaines voisines (voir déclaration d'Azilal).

1. LES CONTRAINTES AU DEVELOPPEMENT RURAL EN MONTAGNE

1.1. Généralement, le développement rural commence dans la plaine

C'est dans la plaine que l'on trouve le moins de contraintes au développement. On y trouve les grande villes, les ports, les routes, les marchés...

La montagne sert de réservoir d'hommes, d'eau pour l'irrigation et pour les villes, d'énergie, de bois et de minerais.

Ce n'est que lorsqu'il y a des catastrophes (inondations, glissements de terrain) qu'on s'aperçoit que la montagne s'est dégradée. Devant l'ampleur des dégâts en aval, le Pouvoir Public est tenu de réagir.

1. Mesures de RTM pour protéger les routes, barrages, villes et ouvrages d'art en aval.

2. Protection de l'environnement (ex : DRS/CES)

3. Développement rural pour garder une population encombrante hors des villes surpeuplées.

1.2. Le développement rural en montagne exige la levée de certaines contraintes :

a) Création de pistes de désenclavement.

En Haïti un paysan nous disait "pas de piste, pas de choux, pas de marché, pas d'intensification". Mais en montagne les pistes créent de graves dangers de ravinement et de glissement de terrain, si l'on ne prend pas la précaution de les drainer et de les fixer par végétalisation à fort pouvoir évaporant (ex : taillis d'Eucalyptus).

b) Amélioration de la gestion des eaux disponibles trop limitées.

- Le volume d'eau disponible limite souvent l'intensification aux fonds de vallées qui ne représentent que moins de 10 % de la surface du bassin.
- L'entretien des canaux d'irrigation exige beaucoup de travail alors que les travailleurs sont souvent émigrés pour valoriser leur travail.
- L'amélioration de l'hygiène exige d'avantage d'eau pour les familles ;
- L'intensification des pâturages et des fruitiers sur les versants réclame beaucoup d'eau. Or la déforestation des hautes vallées augmente les conséquences des variations climatiques : on observe des inondations fréquentes alternant avec des sécheresses entraînant le retour des famines.

c) La température baisse avec l'altitude si bien que la durée des cycles cultureux augmente (ex : 6 mois pour le maïs, 18 mois pour le bananier vers 1800 mètres). Il faut donc sélectionner des cultures adaptées aux conditions particulières (ex : pommiers au Maghreb, blé et pommes de terre au Rwanda).

d) Les coûts de production sont plus élevés qu'en plaine

En effet, les distances de transport sont plus grandes qu'en plaine et il n'est pas facile de mécaniser les pratiques culturales, ni les récoltes.

Il faut donc choisir des productions spécialisées à haute valeur ajoutée, différentes des productions de plaines (miel, fromages, fruits tempérés, noisette, viandes séchées, artisanat et tourisme maîtrisés par les paysans : voir projet Azilal).

Pour maîtriser le marché, il faut organiser les liens avec les émigrés travaillant en ville : dans ce cas, l'émigration peut avoir des aspect positifs car elle permet d'étendre le terrain exploité par les populations montagnardes.

e) Les pentes sont fortes, souvent longues et convexes

Sur les pentes de plus de 14 %, la motorisation n'est pas possible sans terrassement. Au delà de 40 % de pente, les risques de glissement de terrain sont importants sur les schistes micacés, les gneiss, les grès micacés, les marnes et argillites.

Malgré les risques d'érosion, les cultures manuelles s'étendent souvent sur des pentes de 60 % à 100 % lorsque la pression démographique est très forte (>350 hab./km²).

Tout le travail est manuel, y compris le portage (ex : Rwanda, Burundi, Tanzanie) sauf en Haïti où une bonne partie des fourrages est consacrée aux animaux de bât. Beaucoup de ces pays en forte pente exigent une forte disponibilité en main d'oeuvre pour entretenir les terrasses. L'abandon des terrasses (au Yémen par exemple) provient d'une meilleure valorisation du travail en ville : il ne reste pas assez de main d'oeuvre disponible pour ces lourds travaux d'entretien.

f) Risques élevés d'érosion

Le ruissellement est souvent moins abondant sur les pentes fortes mais beaucoup plus dangereux car son énergie varie comme le carré de sa vitesse. Il est rare qu'il trouve son origine dans le développement des croûtes de battance (très vite décapées) mais il provient de zones tassées (surpâturage, chemins, habitats) ou saturées (faible volume de stockage d'eau du sol à cause des pierres et du décapage des horizons humifères).

L'érosion en nappe est relativement limitée parce que les pluies sont moins énergétiques (RAM/HAM = 0,20/0,25 au Rwanda, 0,10 en Algérie au lieu de 0,50 en Côte d'Ivoire), le couvert végétal est plus important (s'il pleut assez) et les sols assez résistants (soit sol calcaire, soit sols ferrallitiques ou sols caillouteux).

Tableau 1: Erosion en nappe et rigoles à Butaré Rwanda (d'après König, 1991)

	E t/ha/an	KRAM (%)
- Sol nu, pente 28 %, travaillé	300-600	14
- Cultures traditionnelles	100-300	18
- Cultures + arbres (Grevillea)	110	3
- Cultures + haies vives + billons tous les 5 m	1 à 3	2
- Cultures + paillis	0,1 à 1	1

L'érosion linéaire en montagne présente un risque grave car l'énergie du ruissellement y est bien plus forte que l'énergie des gouttes de pluie : les rigoles se transformeraient vite en ravine s'il n'y avait pas de nombreuses façons culturales qui les effacent. Au Rwanda et en Tanzanie (Mgéta), les gros ravins sont étroitement associés aux pistes.

L'érosion en masse est fréquente sur des pentes de plus de 40 % sur certaines roches : marnes et argillites, gneiss et schistes micacés, dôme granitique convexe couvert de cendres volcaniques, altérite à faible profondeur sur roche micacée, etc...

L'érosion mécanique sèche, sorte de creeping mais provoqué par les techniques de travail du sol, est impressionnante en montagne : elle est capable de créer des talus de 2 mètres en 4 - 10 ans. Si on n'installe pas d'obstacles sur le versant, c'est toute la couverture pédologique qui glisse vers la vallée : d'où l'intérêt des haies vives et des talus enherbés. En Algérie, un verger a été planté sur un sol fersialitique de 30 % de pente. En 30 ans le sol cultivé deux fois l'an a perdu 3 cm par érosion en rigole et 37 cm par érosion mécanique sèche.

En pratique, il faut séparer les problèmes d'érosion en deux types :

- le décapage des horizons superficiels par l'érosion "débutante" en nappe, rigole et mécanique sèche, qui peut être jugulée par les paysans ;
- les phénomènes catastrophiques de ravinement, glissement de terrain, dégradation de berges par les rivières torrentielles qui exigent l'intervention de spécialistes et de gros moyens techniques dont disposent l'Etat et certains projets.

g) Contraintes liées à l'isolement social et économique

- Le manque d'école entraîne un retard de formation des cadres.
- Le manque d'hôpital et d'éducation sanitaire augmente les risques de santé.

- Enfin la société patriarcale maintient encore une forte pression sociale.
- L'émigration vers les villes peut être très appauvrissante (perte des éléments les plus dynamiques) ou enrichissante. Si on maintient les liens avec les émigrés, on peut élargir le domaine d'exploitation en maîtrisant le marché extérieur et recevoir des idées et des apports financiers qui préparent une ouverture dynamique vers l'évolution de la société.

1.3. Conclusions

- C'est un milieu difficile à valoriser (nombreuses contraintes) entraînant un surcoût à la production.
 - Cependant c'est un milieu indispensable à l'équilibre d'une région.
- Il faut donc prévoir des subsides à la production en montagne de biens qui lui sont propres, pour compenser les apports de la montagne dans le développement de la plaine, pour entretenir l'environnement (et la santé) et pour maintenir une population abondante non désirée en ville.

2. ESPOIR DE DEVELOPPEMENT RURAL EN MONTAGNE, QUELQUES PISTES D'AMELIORATIONS TECHNIQUES

"Le développement c'est l'ensemble des changements psychologiques et sociaux, moyens et expressions d'un certain choix sociétal particulier qui sont causes et origines d'une authentique et originale promotion sociale caractérisée par la réalisation d'une croissance économique (plus avoir), l'amélioration des conditions physiques de l'existence (mieux être) et l'établissement d'un champ de liberté propice à l'épanouissement des potentialités individuelles et collectives (plus être)." (in Chatelain, 1991)

Avant d'arriver à ce niveau, il faut voir clair sur les **possibilités techniques et leurs limites**. Nous tenterons d'abord l'analyse de la gestion de l'eau (à travers les structures de LAE et les techniques culturales) et de la fertilité des sols (comment utiliser la biomasse et la fumure minérale complémentaire) pour aborder ensuite les systèmes de production associés plus complexes.

2.1. La gestion de l'eau : choix des structures antiérosives.

Il existe une relation entre le milieu, le mode de gestion de l'eau, les structures antiérosives et les techniques culturales. (voir tableau 2)

- a) **L'agriculture sous impluvium** est en relation avec l'aridité du milieu soit que les pluies soient tellement erratiques que l'agriculture ne peut se concevoir que dans les vallées sur une toute petite portion du territoire (Jessours en Tunisie) soit en milieu tropical aride pendant une saison où il est intéressant de développer des cultures irriguées (ex : Magden en Algérie, Bouli au Burkina, citernes en Haïti).
- b) **L'infiltration totale** est utile en milieu semi-aride pour recharger les réserves hydriques du sol et en milieu tropical humide très perméable pour réduire les risques liés au ruissellement sur les pentes fortes (ex : fossés au Rwanda ou terrasses d'absorption totale au Maghreb).

Tableau 2 : Structures antiérosives et techniques culturales en fonction du mode de gestion des eaux de surface.

MODES DE GESTION	STRUCTURES	TECHNIQUES CULTURALES
AGRICULTURE SOUS IMPLUVIUM zone aride ou à fort déficit hydrique saisonnier	Impluvium, citernes Drain, digues sur les oueds terrasses discontinues	labour, cuvettes microbassins localisés
INFILTRATION TOTALE zone semi-aride (P < 400mm) ou zone humide sur sol très perméable	Fossés aveugles terrasses radicales banquette d'absorption	labour + billons cloisonnés paillage
DIVERSION climat semi humide, mais très humide temporairement, sols peu perméables	Fossés de diversion Banquette algérienne terrasse radicale drainante	Billons obliques ou dans le sens de la pente
DISSIPATION DE L'ENERGIE DE RUISSELLEMENT tous climats, sols semi-perméables pentes pas trop raides	Cordons ou murs de pierres Talus enherbés, lignes d'herbes Haies vives	agroforesterie labour motteux, paillis cultures alternées/prairies

c) **La diversion du ruissellement vers des exutoires aménagés** : lorsque l'infiltration est trop faible par rapport aux averses ne fusse que pendant une période de l'année. En principe on évacue les nappes de ruissellement dans des canaux avant qu'elles ravinent jusqu'à un exutoire aménagé. Cette méthode s'avère dangereuse dans la pratique car elle exige l'entretien des canaux ;

- elle n'arrête pas la dégradation du sol entre les structures ;
- elle diminue la surface cultivable (10 à 20 %) sans augmenter les rendements ;
- elle exige une très bonne étude topographique (coûteuse et difficile) ;
- car elle concentre les eaux dans un exutoire qui ravine et diminue les temps de concentration au niveau des rivières...donc augmente leur débit de pointe et leur capacité érosive (Roose, 1986).

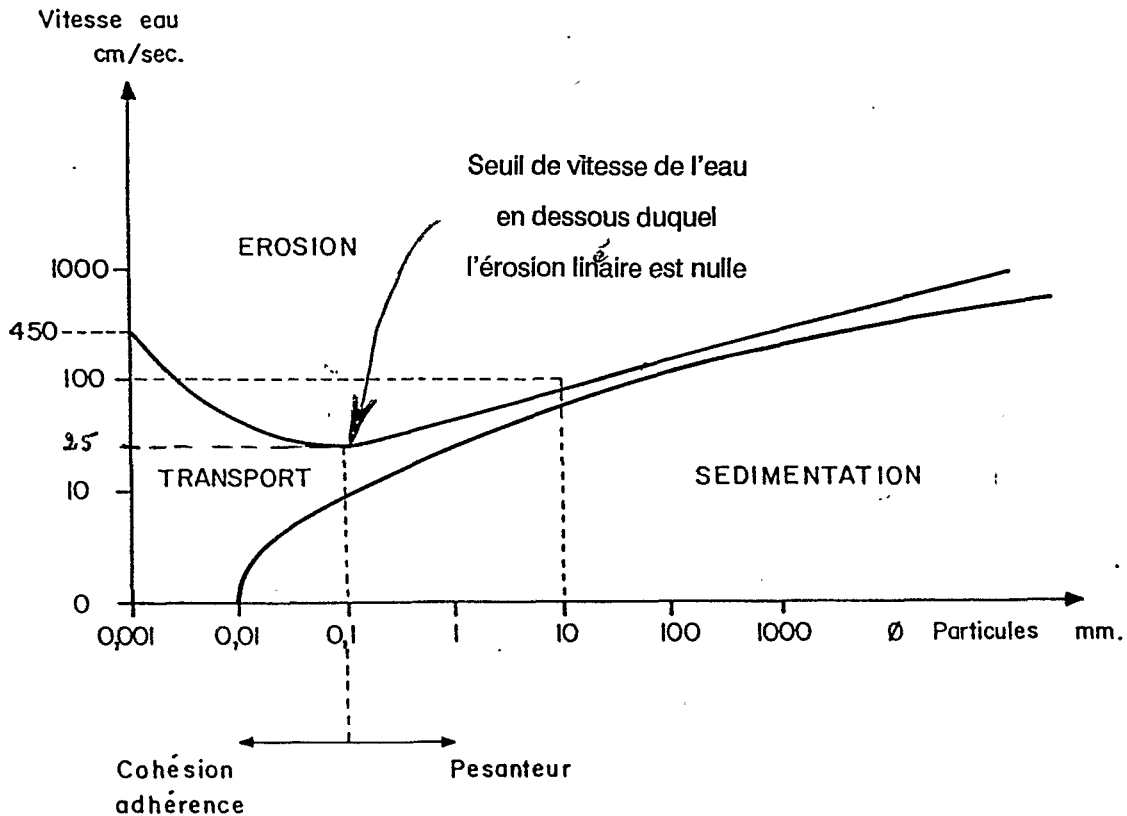
Cette méthode de diversion a été développée par Bennet en 1939 pour la culture mécanisée de la grande plaine américaine et appliquée partout sans vérification dans des conditions extrêmement différentes des points de vue écologiques et socio-économiques.

d) **Dispersion des nappes et dissipation de l'énergie de ruissellement.**

Il s'agit d'étaler le ruissellement (par des microbarrages poreux et par la rugosité du sol) pour qu'il dissipe son énergie sans creuser de rigole et pour cela il faut maintenir sa vitesse à moins de 25 cm par seconde (voir Hjulström, 1945).

Ces microbarrages perméables sont des cordons de pierres, des haies vives, des bandes enherbées qui évoluent en talus enherbés traités comme des prés inclinés à forte production fourragère grâce aux apports par les eaux de ruissellement.

Figure 1 : Diagramme de HJULSTRÖM



2.2. Gestion de l'eau grâce au choix des techniques culturales

. Le travail du sol a plusieurs objectifs :

- augmenter la rugosité de la surface du sol qui permet de stocker plus d'eau ;
- améliorer l'accumulation de l'eau et l'enracinement en profondeur dans le profil ;
- améliorer (temporairement) la capacité d'infiltration en cassant la croûte de battance ;
- réduire l'agressivité des adventices et enfouir des matières organiques, etc...

. Mais en montagne, le travail du sol présente aussi des dangers :

- il réduit la cohésion du matériau et de ce fait augmente les risques d'érosion ;
- il transporte les mottes déplacées par les outils ;
- il accélère la dégradation des sols et la minéralisation des matières organiques

. En montagne les solutions suivantes ont été proposées :

- . le labour grossier pour enfouir les adventices et les matières organiques disponibles ;
- . le buttage est dangereux car il concentre le ruissellement en filet ;
- . le billonnage est très courant pour enfouir les résidus organiques et la jachère :
 - il accumule beaucoup de terre aérée pour les tubercules,
 - il stocke l'eau (60 à 20 mm si la pente augmente de 1 % jusqu'à 40 %) s'il est perpendiculaire à la pente
 - il draine les pentes s'il est oblique ou parallèle aux pentes,
 - il permet de maîtriser les adventices en les dominant.

Au Pérou, les paysans choisissent en fonction des temps de travaux le labour en plein, le billonnage avant semis, le billonnage à fort écartement, le billonnage après semis ou le labour par tracteur. (voir figure 2)

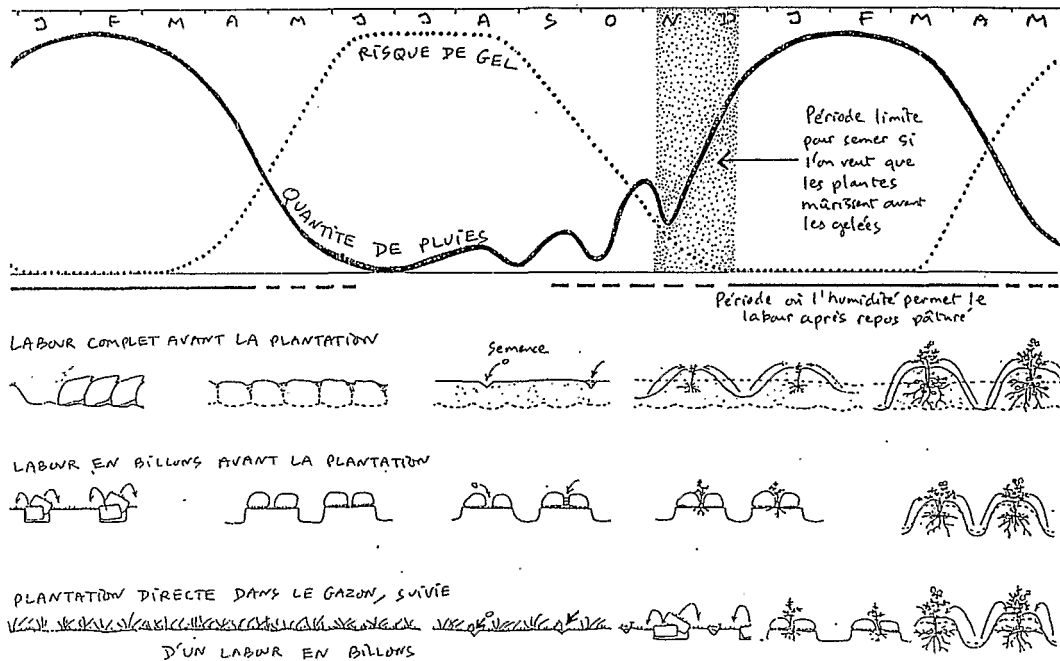
Tableau 3 : Temps de travaux et productivité du travail de labour

Outils et type de labour	Taille de l'équipe de travail		Temps de travaux		Productivité du travail (Labour / Repos Pâture)	
	Hommes	Femmes	Jours/équipe/ha	Jours x personne/ha	kg de pommes de terre produites/jour de travail (1 ^{ère} année de culture)	(PULLPURI et environs, 1985)
RETOURNEMENT DE REPOS PATURE : CHACUITACLIA						
LABOUR COMPLET	2 à 5	1 à 2	25 à 70	50 à 200 (2)	150	à 350
LABOUR EN BILLONS AVANT LA PLANTATION	2	1	10 à 30 (1)	25 à 90	350	à 700
LABOUR EN BILLONS APRES PLANTATION DIRECTE	2	1	10 à 20	30 à 60	100	à 350
CHAÛRE DERRIERE TRACTEUR	1	0	0,2 à 2	0,2 à 2	plusieurs milliers à dizaines de milliers	
LABOUR POUR SEMIS DE CEREALES :						
ARRAIRE AVEC BOEUF	1 ou 2		3 à 7	6 à 12	X	

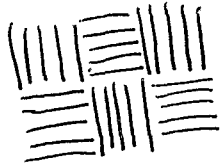
Sources : MISHKIN, 1946 ; ROSTWOROWSKI, 1960 ; GADE ET RIOS, 1972 ; THOMAS, 1972 ; GOINEAU, 1973 ; PANA BELLIDO, 1975 ; LESCANO, 1979 ; ZAMBRANA, 1981 ; TAPIA, 1986 ; RENZIPO, 1987 ; SALIS, 1987, et observations personnelles des auteurs de ce chapitre. KERYN et al 1989

(1) La proportion de surface retournée varie entre 1/3 et 2/3
 (2) Avec une PLOCHE, à Andahuaylas, GOINEAU (1973) indique 110 jours de "reprise de jachère", plus 55 jours d'émottage.

Figure 2 : Choix des techniques culturales en fonction du temps, dans les andes péruviennes (d'après Keruyn et al., 1989)



On constate que l'on peut augmenter les rendements tout en réduisant les temps de travaux et par conséquent augmenter substantiellement les bénéfices en travaillant avec un tracteur, mais on augmente énormément les risques de dégradation du milieu car les travaux se font obligatoirement dans le sens de la pente.



De plus, en année sèche, les paysans orientent les billons perpendiculairement à la pente pour stocker le plus d'eau possible. Si au contraire l'année s'annonce très humide, ils tracent les billons sans le sens de la pente pour favoriser le drainage. Enfin en année incertaine, ils font un carré perpendiculaire et le suivant parallèle à la pente, ce qui réalise un patchwork à l'intérieur duquel l'eau circule lentement.



Quant aux billons Bamileke du Cameroun, ils sont généralement dans le sens de la pente, mais en quinconce, de telle sorte que le sommet des billons de la parcelle aval ralentit et détourne le flux de ruissellement. Par ailleurs, ils sont couverts toute l'année par des cultures associées et restent très perméables. S'ils étaient orientés perpendiculairement à la pente, lors des plus gros orages, ils risqueraient de glisser ou de déborder et de provoquer des ravines profondes, cicatrices définitives.

. Le travail réduit au minimum

Si en montagne, le travail du sol augmente beaucoup les risques d'érosion et la vitesse de dégradation des sols : si en forêt, par contre, les sols sont plus poreux et fertiles parce que bien protégés par la litière, est-il vraiment nécessaire de développer tant de travail sur les sols non tassés juste après défrichage ? Il devrait être possible de développer des méthodes de travail réduit à la ligne de plantation et de maintenir une litière vivante (légumineuses de couverture à enracinement profond) entre les plantes cultivées, en particulier sous les caféiers et bananiers. La taille des branches et des racines, 2 à 3 fois l'an, permet de réduire la concurrence hydrique entre les plantes de couverture et de pailler la culture principale.

2.3. Gestion de la fertilité des sols à l'échelle du terroir

. En principe, sous forêt le bilan des nutriments et des matières organiques du sol s'améliore par l'apport de 5 à 15 tonnes/ha/an de litière (et des racines). Mais après défrichage, la litière disparaît et la minéralisation continue. D'où la baisse de 10 à 20 % par an du taux de matière organique du sol, de la macroporosité, de l'activité de la mésofaune et de l'infiltration. Après quelques années commencent le ruissellement et l'érosion, signes de dégradation accélérée des terres.

. Comment restaurer les sols dégradés?

- Par une jachère de 5 à 30 ans ...mais avec la pression démographique, les jachères raccourcissent et tendent à disparaître.

-- Par le fumier. On sait en effet que celui-ci encourage les activités biologiques et apporte une grande variété de nutriments sans acidifier le sol

Malheureusement le rendement de transformation de la biomasse en fumier tourne autour de 30 à 40 %. Or il faut 20 t pour fumer 1 ha sur sols acides du Rwanda à 3 t/ha/an au Burkina.

Cette solution est excellente si le terrain comporte moins de 30 % de terres cultivées (par ex : certaines régions du Mali) et beaucoup de bétail. Cependant, il est encore des pays (par ex : l'Algérie) où le fumier est abandonné dans les ravins...(comme un polluant) ou bien est appelé à réduction car il n'y a plus de place pour le gros bétail (par ex : Rwanda et Burundi) : il faudra modifier le système d'élevage (stabulation semi-permanente) et intensifier la production de

biomasse (haies vives, talus enherbés, engrais vert en guise de jachère améliorée, etc...)

- **Par le compost.** Le rendement de transformation n'est pas meilleur (40 %) mais on ne produit pas de viande alors que le compostage exige beaucoup de travail et que leur transport est bien difficile en montagne.

Pour éviter les transports, les agronomes ont fait construire des compostières le long des routes - hélas elles restent vides à 80 %.

Les seules qui soient efficaces sont les "fosses-compostières-fumières-poubelles" près des habitations, où l'on entasse tous les déchets disponibles. Les exploitants modèles arrivent à produire jusqu'à 5 tonnes par an, soit de quoi fumer 0,25 ha.

- **L'enfouissement des résidus de culture** pourrait résoudre les problèmes de transport mais nécessite un gros travail d'enfouissement pour provoquer bien souvent une faim d'azote (=immobilisation de l'azote du sol par les microbes pour transformer la cellulose). En réalité, bien des résidus de culture sont valorisés par l'élevage ou sont brûlés.

- **Le paillage à la surface du sol** est un moyen de couvrir le sol tout en restituant les matières organiques et les nutriments progressivement à la surface du sol. Il faut distinguer deux types de paillages :

. le **paillage épais** (10 cm soient 25 tonnes/ha de matières sèches) posé avant la saison sèche qui permet de réduire l'ETR des caféiers et de maintenir au niveau du sol une ambiance forestière (forte activité de la faune et de la flore).

. le **paillage léger** (2 cm soient 3 à 6 tonnes/ha) pourrait couvrir la surface du sol au moment où celui-ci est le plus fragile et les pluies les plus fortes...juste après le semis : il sert alors à prolonger l'action du travail du sol sur l'infiltration et réduit l'érosion.

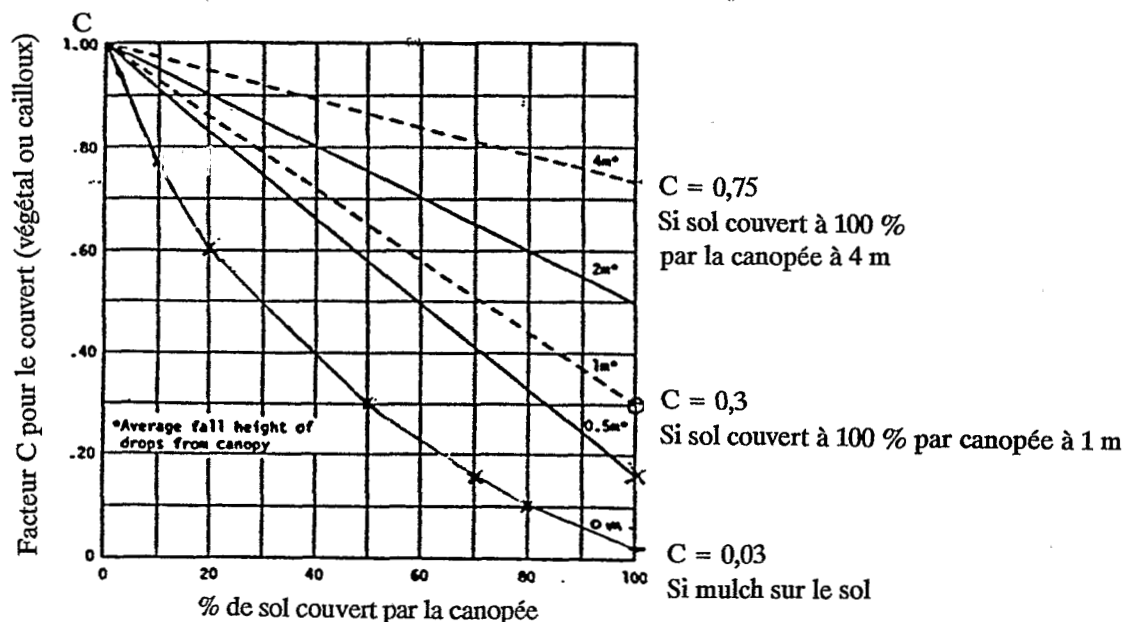


Figure 3 : L'Erosion est fonction de la hauteur du couvert végétal au dessous du sol

Du point de vue de l'érosion, le paillage est très efficace : même s'il ne couvre que 60 % du sol, il peut réduire de 80 % les problèmes d'érosion car il absorbe l'énergie des pluies et du ruissellement (voir graphe figure 3). Cependant, plus le couvert est élevé, moins il est efficace car les gouttes d'eau reprennent de l'énergie

A biomasse égale, cette méthode est donc bien plus efficace que l'enfouissement des résidus qui ne réduit que de 5 % les risques d'érosion si on améliore de 1 % le taux de matière organique de la surface du sol (voir Nomographe de Wischmeier, Johnson et Cross, 1972).

. Production d'une litière

. La taille 3 à 4 fois l'an d'une haie vive de *Leucaena diversifolia*, de *Calliandra calothyrsus*, de *Cassia siamea* ou de *C. spectabilis* permet de produire 3 à 6 kg/m/an soit environ 5 t/ha/an, si les haies sont plantées tous les 10 mètres.

- . 100 arbres à l'hectare peuvent donner 5 t/ha/an de paillage.
- . Les résidus de cultures de légumineuses (arachides, haricots, soja) donnent un bon fourrage (2 à 4 t/ha/an).
- . Les résidus de céréales donnent 2 à 5 t/ha/an de pailles (sorgho et maïs).
- . Les bananiers (3 x 3 m = 1111 pieds) donnent 3,3 t de stipes (fourrage) et 2,6 t/ha de feuilles (paillis) tous les 12-18 mois, selon l'altitude (d'après Marchal et Godefroy, communication orale).

. Les plantes de couverture

Sous forêt, on peut observer quatre étages de plantes occupant diverses strates dans le ciel : les dominants (troncs de plus de 30 m), les dominés, le sous-étage arbustif et les mousses/litières sur le sol. Sous culture on peut tendre vers la formation de jardins multiétagés avec des arbres à bois (dominants), des fruitiers (dominés), des arbustes fourrages ou des cultures (manioc, maïs) et des plantes rampantes de couverture (fourrages). Il s'agit de sélectionner des variétés supportant l'ombrage et la concurrence hydrique et nutritive.

. Apport complémentaire d'engrais minéraux

Mais pour atteindre une nette progression des rendements et la valorisation du travail il faut souvent faire appel à des compléments minéraux. En effet, si les roches sont carencées en K ou P, il en sera probablement de même du sol, des végétaux et des litières. Sur les sols tropicaux généralement pauvres (sauf les sols volcaniques jeunes), il faut donc envisager l'apport de compléments minéraux, mais il faut prendre garde aux risques de perte par érosion, ruissellement ou lixiviation par les eaux de drainage.

Les doses homéopatiques ne sont pas toujours efficaces : mieux vaut embaler dans le compost les apports minéraux susceptibles de rétrograder avec le fer (par ex : le phosphore) ou d'être lixivié (par ex : N, K Ca et Mg).

Plutôt que de tenter de corriger les carences du sol (très coûteux), il faut répondre aux besoins des plantes au fur et à mesure de leur croissance (doses fractionnées, localisées, très assimilables). Au Rwanda, la conservation des sols n'a guère amélioré la production des sols malgré l'énorme investissement en travail. Si l'on veut intéresser les paysans, il faut prévoir en outre la gestion de l'eau, la conservation des sols et la restauration de la fertilité des terres acides par des apports massifs de fumier (10 à 20 t/ha/2 ans) de chaux (1 à 5 t/ha/3 ans) et d'engrais minéraux complexes (N60P60K60).

Sur les terres peu acides, les apports de chaux sont peu utiles et sur les terres volcaniques on peut aussi se passer d'engrais minéraux (Rutunga, 1991). Le fumier, base de fertilisation paysanne risque de diminuer dans la mesure où le gros bétail n'a plus sa place sur les petites exploitations (plus de 75 % ont moins de 0,5 ha). Il faudra donc améliorer la qualité et la quantité de fumier/compost en favorisant la stabulation semi-permanente et l'apport de litière capables de mieux stocker l'azote rejeté par les animaux.

2.4. Systèmes intensifs de production

a) Il n'y a pas de relation continue entre la dégradation du milieu et la densité démographique

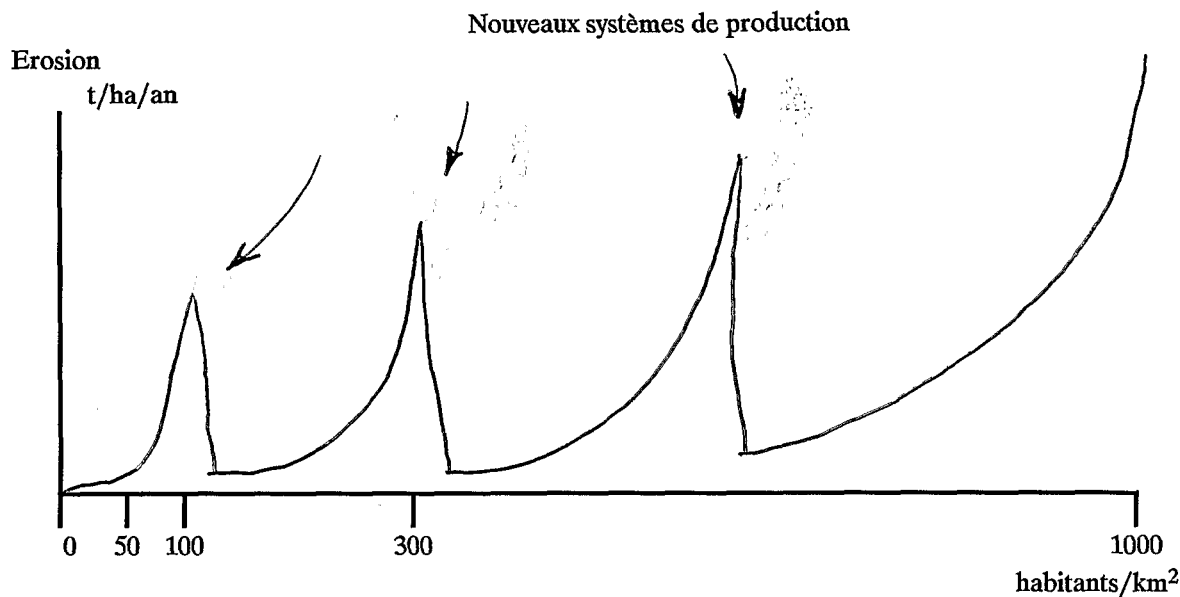


Figure 4 : Relation de dégradation du milieu en fonction de la densité de population

Le système traditionnel initial de culture itinérante sur brûlis est extensif, mais en équilibre jusqu'à dépasser une densité de 25 à 40 habitants / km² (Jurion et Henry, 1967). Ensuite la culture et l'élevage ayant atteint les limites du terrain, les temps de jachères décroissent, le surpâturage s'installe et le terroir se dégrade d'autant plus vite que le milieu est fragile. Alors il arrive un seuil où la survie pose problème et où les populations acceptent un nouveau système de production, plus contraignant, exigeant plus de travail (par ex : élevage en stabulation d'où plus de fumier de meilleure qualité, d'où cultures plus rentables et mieux couvrantes, d'où réduction des risques d'érosion).

Des terres déjà dégradées au début du siècle sont encore dégradées à ce jour mais n'ont cessé d'être cultivées et de nourrir 3 à 4 fois plus de populations. A l'opposé, il y a des terres fertiles jadis, qui sont dégradées et abandonnées aujourd'hui. Les causes ne sont pas forcément d'origine climatique mais parfois d'origine socio-économique : si l'émigration permet de mieux valoriser le travail, on abandonne les terres dégradées, mais si on n'a pas d'autres solutions on accepte d'investir plus de travail pour survivre : ainsi sont né des systèmes stables très intensifs.

b) L'agroforesterie offre des possibilités intéressantes, mais limitées, d'intensifier la production. Il faut planter 10 à 20 % des terres pour entretenir la fertilité. Il est intéressant d'observer que les plus hautes densités de populations rurales se situent dans les vallées des fleuves ou sur des montagnes au sols riches (volcaniques) où la culture se fait dans/sous la forêt (par ex : les jardins multiétagés en Indonésie).

Il s'agit donc de réintroduire l'arbre sur les terres cultivées pour obtenir le maximum d'interactions positives entre les arbres - les cultures - et l'élevage (cf ICRAF, Tassin et König).

c) Il existe des possibilités d'intensification très large de l'agriculture en montagne

. Fotsing (1992) dans ce bulletin montre que les Bamileke du Cameroun ont mis au point des systèmes de production complexes qui ont permis de dépasser progressivement des densités de 150 à 500 habitants par km² selon la fertilité des sols. Il montre que là où la densité est la plus forte, les terres sont clôturées et il n'y a pas de trace de dégradation. Par contre, sur les terres marginales disputées aux éleveurs, l'exploitation minérale du sol entraîne sa dégradation rapide.

. Arabi et Roose (1990) à Médea (Algérie) ont montré en petites parcelles qu'on pouvait multiplier les productions par 3 à 7 et les revenus nets par 10 à 20 en fonction de l'intensification des systèmes de production, sans pour autant augmenter les risques de dégradation de l'environnement. Bien au contraire, en apportant les intrants nécessaires, les cultures couvrent mieux le sol, l'infiltration est meilleure et les risques d'érosion diminuent, non seulement sur les parcelles cultivées mais aussi en aval dans les ravines et les torrents où ce ruissellement se concentre. Mais ce qui intéresse les paysans c'est qu'en même temps on réduit les risques de dégradation et on augmente la production, leur sécurité et les revenus nets par hectare.

. En Haïti, Smolikowski et al. (1992) ont réussi à capter le ruissellement des pentes qui dévastait les sols rouges profonds, à le stocker dans des citernes en ciment et à produire en intersaison des choux et divers légumes dans des jardins bien isolés par des haies vives : en associant la piste, la fertilisation, l'irrigation et les cultures maraîchères on a pu constater le démarrage des pôles de développement rural.

3. CONCLUSION GENERALE

3.1. En montagne, les risques de dégradation du milieu, les contraintes et les coûts de production sont plus élevés qu'en plaine. Cependant il est indispensable pour l'équilibre d'un pays d'entretenir le milieu montagnard et d'intensifier son agriculture pour y maintenir sa population.

D'où la nécessité d'une politique économique et sociale prévoyant des routes, des marchés, des écoles, des dispensaires ainsi que des subsides pour favoriser la création de produits à haute valeur ajoutée.

3.2. Il existe des possibilités techniques de diversifier et d'intensifier ou de spécialiser la production sans forcément augmenter la dégradation de l'environnement. Il s'agit d'améliorer la gestion de l'eau, de la biomasse et des nutriments et d'organiser des systèmes de production intégrant mieux les arbres et le bétail aux cultures. S'il existe un marché pour valoriser les excédents de la production, les paysans auront vite fait d'adopter les techniques qui leur conviennent

3.3. Dans les pays tropicaux, le développement rural montagnard et la recherche ont du retard par rapport aux services similaires en plaine.

Des méthodes de DRS ont souvent été imposées jadis sans nuances, qui ont abouti à des échecs techniques et au rejet par les paysans.

Aujourd'hui, il est possible de relever le défi d'un développement rural sans dégradation à condition d'associer paysans et techniciens à la recherche de solutions diversifiées : nous proposons de développer des recherches accompagnant le développement sur les thèmes de la gestion de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (G.CES) chez les paysans et avec eux.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- Arabi (M.) et Roose (E.), 1989.** Influence de quatre systèmes de production sur l'érosion et le ruissellement en nappe en moyenne montagne algérienne,
Bull. Réseau Erosion, 9 : 30-51
- Chatelain(Ch.), 1991.** Réorientation du projet PPIDC de Rwamatamu, Etudes et propositions pour l'aménagement des bassins versant du marais de Kibati (région de Kibuye, sud ouest du Rwanda).
Mémoire CNEARC- EITARC, Montpellier, 71 p. et 13 annexes
- Fotsing (J.M.), 1992.** Stratégies paysannes de gestion des terroirs en pays Bamileke (Ouest Cameroun)
Bull. Réseau Erosion n°12
- Hurni (H.), 1989.** Applied soil conservation research in Ethiopia,
ISCO 6, Addis Abeba, 19 p.
- Jurion (F.) et Henry (J.), 1967.** De l'agriculture itinérante à la culture intensifiée.
Publ. INEAC, Bruxelles, hors série, 498 p.
- König (D.), 1991.** L'agriculture écologique agroforestière : une stratégie intégrée de conservation des sols au Rwanda,
Bull. Réseau Erosion n° 12
- Roose (E.J.), 1986.** Terrasses de diversion ou microbarrages perméables ?
Cahier ORSTOM Pédologie, 22, 2 : 81-92
- Roose (E.J.), 1990.** Un programme national de G.CES au Burundi, C.R. mission 26/2-16/3/90.
Min. Aménagement et Environnement, Bujumbura, ORSTOM Montpellier, 32 p.
- Rutunga (V.), 1991.** Synthèse des connaissances sur la fertilité des terres et la fertilisation des cultures au Rwanda (1960-1990),
Minagri, Kigali, 122 p.
- Rwehumbiza (F.B.) et Roose (E.J.), 1992.** La G.CES, une nouvelle stratégie pour les systèmes de production de Upper Mgéta dans les Monts Uluguru près de Morogoro en Tanzanie.
Bull. Réseau Erosion n° 12
- Smolikowski (S.), 1992,** Bull. Réseau Erosion n°12
- Wischmeier (W.H.) et Smith (D.D.), 1978.** Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning,
Agriculture Handbook n°537, USDA - ARS, Washington DC, 57 p.