

Lutte contre l'érosion dans la communauté rurale de Yene, Sénégal.

Éléments d'information et propositions



Ravinement sur une colline dans la communauté rurale de Yene

**Rapport de stage d'année optionnelle
au sein de l'association G.A.I.A.**

Table des matières

1.État des lieux.....	3
1.1.Le ravinement.....	3
1.2.Autres signes d'érosion.....	3
2.Mécanismes en jeu.....	5
2.1.Mécanismes de l'érosion.....	5
a)Impact des gouttes de pluies sur le sol : érosion en nappe.....	5
b)Impact du ruissellement sur le sol : le ravinement.....	5
c)Impact du vent : érosion éolienne.....	5
2.2.Les conséquences de l'érosion.....	5
a)Baisse de productivité.....	5
b)Perte de surface et impraticabilité du terrain.....	6
c)Dégradation de la végétation.....	6
d)Qualité de l'eau en aval.....	6
e)Dégâts sur les habitations.....	6
2.3.Facteurs modulant l'intensité de l'érosion.....	7
a)Taux de cailloux.....	7
b)Taux de matière organique.....	7
c)Tassement du sol.....	7
d)Le travail du sol.....	8
e)La pente.....	8
f)La végétation.....	8
2.4.Mécanismes dans la zone	9
3.Propositions de solutions.....	12
3.1.Revégétalisation en zones non cultivées.....	12
3.2.Pratiques antiérosives en zones cultivées.....	12
a)Couverture du sol.....	13
b)Travail du sol.....	14
3.3.Gestion des ruissellements à l'échelle du bassin versant.....	15
a)Les structures de captage du ruissellement.....	15
b)Les structures d'infiltration totale.....	17
c)La diversion des eaux excédentaires.....	18
d)Les structures de dissipation de l'énergie du ruissellement.....	19
3.4.Aménagement des ravines.....	21
a)Les petites ravines.....	21
b)Les grandes ravines.....	22
3.5.Organisation du pâturage.....	23
4.Mise en place des projets.....	24
4.1.Application des solutions présentées à l'échelle d'un bassin versant.....	24
4.2.Programme de travail.....	24
A retenir.....	25

1. État des lieux

L'érosion est un remaniement des sols, dont certaines particules subissent trois phases : le détachement, le transport et la sédimentation. Il existe différentes formes d'érosion, fonction de l'origine de la force érosive et de la réaction du sol. Voici les principaux signes d'érosion observables sur la communauté rurale de Yene :

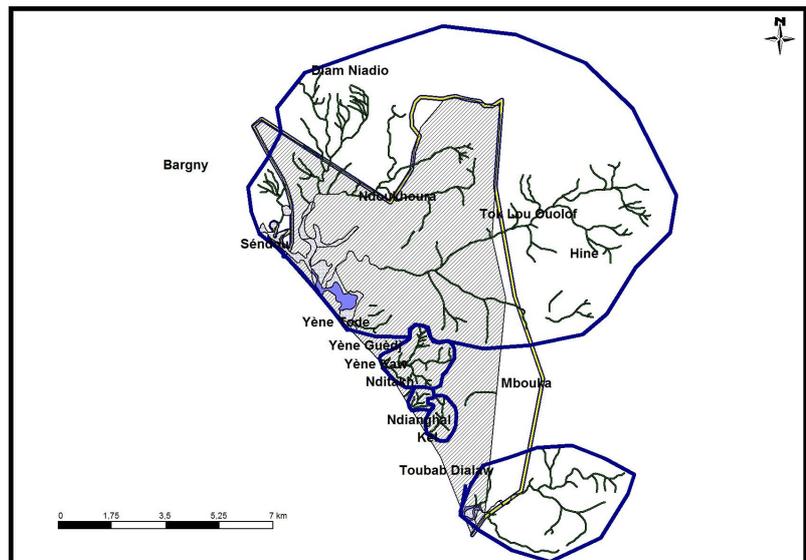
1.1. Le ravinement

Les marques de ravinement dans la communauté rurale de Yene sont nombreuses et il est facile de s'apercevoir que le phénomène est très important. Les ravines s'observent quand on circule sur la route principale, en se promenant dans les terres ou en observant les flanc de certaines collines.

Une vue satellite de la zone permet d'appréhender l'importance de certaines ravines dans la communauté rurale :



Voici une carte représentant les écoulements temporaires et permanents relevés sur la carte IGN de la zone au 1/50 000. Cette carte ayant été mise à jour en 1983, les écoulements ont pu légèrement changer. Cette carte permet d'identifier les bassins versants, entourés ici en bleu.



Cette carte ne fait apparaître que les ravines très importantes. Il est difficile de cartographier les ravines plus petites car elles sont très nombreuses.

La topographie de la zone crée sur le territoire de la communauté rurale plusieurs bassins versants. En bordure d'océan, les collines délimitent des bassins de petite taille alors que derrière cette chaîne de collines les bassins versants sont très étendus et leurs limites dépassent largement celles de la communauté rurale. On dénombre points où les écoulements d'eau rejoignent la mer : la lagune de Yene Tode, un point Nditakh, 3 points à Nianghal, un à Kelle et la lagune de Toubab Dialaw.

1.2. Autres signes d'érosion

D'autres signes d'érosion moins impressionnants sont observables dans la communauté rurale. Ces

signes sont :

L'absence d'horizon humifère (litière composée de matière organique), cet horizon étant décapé par les ruissellements



Des pierres perchées sur des colonnes de terre. Le sol a été protégé par ces obstacles alors qu'autour, la pluie et les eaux de ruissellement ont provoqué l'érosion du sol.



Des croûtes de terre à la surface du sol qui témoignent du fait que les agrégats du sol sont remaniés.



Croûte de battance



Croûte de sédimentation

Enfin, des marques d'une légère érosion éolienne aux endroits les plus exposés au vent.



Il y a donc bien une érosion importante sur la communauté rurale de Yene. Ce rapport a pour but de décrire les mécanismes de l'érosion, les moyens dont dispose la communauté rurale pour y faire face et de formuler des propositions d'action pour la suite.

2. Mécanismes en jeu

2.1. Mécanismes de l'érosion

a) Impact des gouttes de pluies sur le sol : érosion en nappe

L'érosion due à l'impact des gouttes de pluie sur le sol est appelée érosion en nappe. Lors de forte pluies, les gouttes d'eau, si elles ne sont pas interceptées par la végétation, agissent directement sur le sol. L'énergie cinétique de ces gouttes peut détacher des particules des mottes de terre voire détruire ces mottes. C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion.

→ Si les particules détachées restent sur place, on observe la restructuration de la surface du sol et la formation de croutes lisses qui vont ralentir l'infiltration de l'eau dans le sol. On parle d'effet splash. C'est ce phénomène qui crée les croutes observées sur le sol à Yene, dites croûtes de battance et de sédimentation.

→ Les particules fines peuvent également être entraînées soit dans le sens de la pente par ruissellement, soit par drainage en profondeur. On parle d'érosion sélective car seules certaines particules sont entraînées. Malheureusement, ces particules fines sont principalement les nutriments et colloïdes responsables de l'essentiel de la fertilité des sols. La matière organique est également touchée. Le signe le plus connu de l'érosion en nappe est donc la présence de plages de couleur claire aux endroits les plus décapés.

Le signe qui révèle le plus clairement l'action d'une érosion due aux gouttes de pluie est la présence de colonnes de terre coiffés d'un objet dur résistant à l'attaque des gouttes de pluie (graines, racines, feuilles, cailloux...).

b) Impact du ruissellement sur le sol : le ravinement

Lorsque la totalité de la pluie ne s'infiltré pas dans le sol, il se forme d'abord des flaques. Ensuite ces flaques communiquent par des filets d'eau et lorsque ces filets d'eau ont atteint une certaine vitesse, ils acquièrent une énergie propre qui va créer une érosion au niveau des lignes d'écoulement. Cette énergie n'est plus dispersée sur l'ensemble de la surface du sol, mais elle se concentre sur des lignes de plus forte pente. L'érosion linéaire est donc un indice que le ruissellement s'est organisé, qu'il a pris de la vitesse et acquis une énergie cinétique capable d'entailler le sol et d'emporter des particules de plus en plus grosses : non seulement des argiles et des limons comme l'érosion en nappe sélective, mais des graviers ou des cailloux et des blocs lorsqu'il est organisé en ravines.

Les ravines observées dans la communauté rurale de Yene sont issues de ce mécanisme, qui est d'abord déclenché par une mauvaise infiltration de l'eau dans le sol.

c) Impact du vent : érosion éolienne

Sur un sol dégradé et mal protégé, l'énergie du vent peut détacher des particules du sol. Comme l'érosion en nappe, cette érosion est sélective. Cette érosion peut être importante en mars, quand souffle l'harmattan.

2.2. Les conséquences de l'érosion

L'érosion a plusieurs effets néfastes pour la communauté rurale et peut être un frein à son développement. Les principaux désagréments sont :

a) Baisse de productivité

Comme on l'a dit, l'érosion en nappe est une érosion sélective, entraînant les particules les plus fines, bien souvent les nutriments et la matière organique responsable de la fertilité des sols. Les ruissellements

décapent l'horizon humifère qui fournit aux microorganismes du sol la matière organique nécessaire à la production des nutriments consommés par les plants. Ainsi, la fertilité des sols diminue.

Si l'on considère de plus que beaucoup de terres ne sont plus cultivées, que d'autres sont vendues pour la construction et qu'enfin, le ravinement entraîne une perte de surface, on peut s'attendre à une diminution de la production sur la communauté rurale. Ceci peut mener à l'insécurité alimentaire.

Le ruissellement et l'érosion apparaissent clairement comme un signal d'alarme : le système d'exploitation n'est pas en équilibre avec le milieu. Il va falloir restaurer la fertilité des sols, soit par une longue jachère (20 à 30 ans) soit par des interventions pour rétablir la porosité (travail du sol), la matière organique, la biomasse (fumier ou compost), les amendements indispensables pour renforcer la structure du sol.

b) Perte de surface et impraticabilité du terrain

Le ravinement, on l'a vu plus haut, occupe beaucoup d'espace sur la communauté rurale. Les terres touchées par le ravinement sont impropres à la culture, au pâturage et à la construction, trois activités importantes pour la communauté rurale.

Les surfaces touchées les plus importantes sont situées en amont des bassins versants, là où les écoulements créent un réseau de petites ravines. Entre ces ravines, l'espace est trop limité pour la moindre mise en valeur de la terre car il se limite généralement à quelques mètres.

Les ravines très importantes servent dans de rares cas de chemin et ont donc une utilité pour la population. En effet, le lit de la ravine est régulièrement décapé par l'eau et la ravine reste praticable par les charrettes. Cependant l'emprise de ces ravines est très importante, du fait notamment d'incisions dans les berges dues aux arrivées d'eau. Le lit de ces ravines semble de plus s'élargir encore car les berges ne montrent aucune trace de la végétation qui s'y installerait si elles restaient en place plusieurs années.

Les ravines les plus profondes font jusqu'à 6 m de profondeur et leur franchissement est impossible. Il faut alors les contourner. Enfin, beaucoup de petites ravines sillonnent la zone et traversent des champs, empêchant certainement une culture dans de bonnes conditions.

c) Dégradation de la végétation

La dégradation de la végétation est à la fois une cause et une conséquence de l'érosion. On le verra plus tard, la végétation a en effet un impact bénéfique pour la stabilisation des sols.

De même que dans les champs, les sols sont décapés par des écoulements importants et deviennent peu propices à l'installation de plants. La mauvaise infiltration de l'eau dans le sol ne permet pas la formation de réserves suffisantes pour alimenter une végétation dense.

Les écoulements d'eau peuvent entraîner les semences des plantes présentes sur la zone et l'appauvrir en végétation. Enfin, certains plants sont arrachés par les ruissellements importants. Ainsi, on rencontre très peu de végétation dans le lit des écoulements et les végétaux situés sur les berges sont menacés de déracinement.

La dégradation de la végétation a de nombreux impacts négatifs, comme la disparition d'espèces et la simplification des écosystèmes. Elle remet donc en cause l'équilibre des sols et sa conséquence peut être à terme une désertification de la zone et une érosion catastrophique.

d) Qualité de l'eau en aval

Quand les eaux de ruissellement sont réutilisées en aval, l'érosion pollue cette eau. En effet, la turbidité (la concentration d'éléments solides en suspension dans l'eau) augmente et elle est chargée en matières organiques ainsi qu'en d'azote et phosphore utilisés par les paysans en amont, qui vont entraîner l'eutrophisation des lagunes (envahissement par les algues, qui à leur tour, vont asphyxier les poissons).

e) Dégâts sur les habitations

Dans la communauté rurale de Yene les habitations sont situées principalement en bord de mer. Or cette

zone est aussi l'aval des bassins versant et c'est là que les quantités d'eau qui s'écoulent sont les plus importantes. C'est en quelque sorte le goulot de l'entonnoir.

L'eau s'attaque donc aux constructions, en détruisant ou en déchaussant les murs et autres ouvrages. Le phénomène est accentué par le fait que les propriétaires construisent sur des zones manifestement sujettes à un ravinement important.



Dans ce cadre, il est important de lutter contre le ravinement pour la protection des biens et des personnes.

2.3. Facteurs modulant l'intensité de l'érosion

Afin de chercher des moyens de lutte contre l'érosion, il est important de savoir quelles caractéristiques du terrain font varier sa sensibilité à l'érosion.

a) Taux de cailloux

Les cailloux protègent le sol de l'impact des gouttes de pluie. Ils ralentissent également l'écoulement des eaux et limitent le ravinement. Un sol caillouteux est donc moins soumis à l'érosion en nappe et au ravinement. Quand un sol n'est pas utilisé pour l'agriculture, il faut donc conserver la couverture en cailloux qui le protège et protège les terrains à l'aval. En terrain agricole, il peut également être intéressant de conserver des cailloux entre les lignes cultivées.

b) Taux de matière organique

La matière organique joue un rôle essentiel dans la résistance d'un sol à l'érosion. En effet, elle nourrit les microorganismes responsables de la structuration du sol en agrégats. Ceci augmente l'infiltration de l'eau dans le sol grâce à la macroporosité (espaces entre les agrégats de terre) et ralentit les écoulements d'eau à la surface du sol. La matière organique forme avec l'argile des complexes appelés « argilo-humiques », qui facilitent également l'agrégation.

Il faut donc travailler à laisser un maximum de matière organique au sol, notamment dans les pratiques culturales, comme nous le verront par la suite.

c) Tassement du sol

Le tassement du sol aggrave l'érosion par deux mécanismes :

- Il détruit les agrégats du sol. L'infiltration de l'eau dans le sol par la porosité entre les agrégats est donc réduite et les ruissellements en surface augmentent.
- Les agrégats sont moins résistants à l'impact des gouttes de pluie et l'érosion en nappe augmente.

Dans la communauté rurale de Yene, le tassement est principalement le fait des parcours d'animaux (bovins, ovins, caprins). Une réflexion est à mener sur l'organisation du pâturage dans la communauté rurale.

d) Le travail du sol

Labour profond

Le labour profond permet une augmentation immédiate de l'infiltration, de l'enracinement et des rendements. Il diminue donc dans un premier temps le ruissellement et l'érosion. Il peut également diminuer l'érosion en remontant des graviers protégeant la surface du sol.

Cependant, il accélère la minéralisation des matières organiques du sol, détruit la macroporosité et la structure, augmente dans le profil les différenciations hydrauliques (on voit parfois se former une semelle de labour, surface imperméable en profondeur dans le sol), réduit la cohésion du sol (donc sa résistance au ruissellement).

Il est également important de considérer l'impact du labour sur la croissance des végétaux et donc sur la couverture végétale du sol. Quoi qu'il en soit, la finesse travail du sol accentue toujours les risques de ruissellement.

Labour superficiel

En augmentant la porosité de la surface du sol, le travail superficiel du sol peut améliorer l'infiltration à condition de maintenir le sol dépourvu de croûte de battance jusqu'à ce que le couvert végétal puisse prendre le relais.

Buttage et billonnage

Le billonnage et le buttage sont des pratiques dangereuses elles augmentent la pente moyenne du terrain, diminuent la cohésion du sol et concentrent les eaux de ruissellement sur une ligne. Finalement, elles augmentent l'érosion qui croît avec la pente du terrain. L'orientation des billons joue un rôle dans le mécanisme d'érosion.

Les travaux de culture ne sont donc pas sans conséquence sur la résistance des sols à l'érosion et les pratiques employées dans la communauté rurale doivent être étudiées sous cet angle.

e) La pente

Les ruissellements en surface sont d'autant plus rapides que la pente est forte. Sur de fortes pentes, l'énergie de l'écoulement est donc importante et peut causer plus de dégâts sur les sols.

Dans certains cas, il est utile de modifier la pente sur le trajet d'un écoulement afin de limiter sa vitesse. Comme expliqué en troisième partie de ce rapport, diverses aménagements remplissent cet objectif.

f) La végétation

La végétation permet de réduire l'érosion des sols par plusieurs mécanismes. Tout d'abord, la présence d'un couvert végétal protège le sol de l'impact direct des gouttes de pluies et du soleil. La protection contre le soleil limite le réchauffement et l'assèchement du milieu alors que la protection contre la pluie limite l'effet splash et donc l'érosion en nappe. La protection d'un tapis herbacé est plus efficace que celui des arbres car de grosses gouttes peuvent se former dans les branches des arbres et provoquer un splash.

Les racines des plants prospectent le sol parfois très profondément. Il en résulte des remontées biologiques. Les plants fournissent également au sol de la matière organique par la chute des feuilles ou des végétaux morts. Ces apports en matière organique entretiennent l'activité biologique du sol qui permet l'agrégation. Les racines fines sont également à l'origine de la structuration des sols en agrégats.

La présence de végétaux diminue les quantités d'eau dans ou sur le sol car une partie des pluies est interceptée par les feuilles et les végétaux éliminent de l'eau par évapo-transpiration. La présence de végétaux sur le parcours d'un écoulement d'eau de surface le ralentit. Les végétaux peuvent stabiliser les berges des ravines par leurs racines.

Enfin, la présence de haies entre les champs limite l'érosion éolienne et l'érosion en nappe en captant les sédiments et en faisant barrière au vent.

Au regard de l'érosion, il existe trois groupes de couverts végétaux :

Les couverts complets toute l'année

Ce sont les forêts denses, les forêts secondaires arbustives, les savanes arborées non brûlées, les jachères naturelles, les prairies de plus d'un an, les cultures arbustives avec plantes de couverture ou de

paillage. L'érosion est toujours négligeable sous ces couverts denses et le ruissellement est très faible.

Les sols nus, les jachères nues ou peu couvrantes, durant les mois les plus agressifs

L'érosion est alors d'autant plus considérable que la pente est forte et le climat agressif. En principe, un paysan ne laisse jamais son sol nu pendant la saison des pluies, il y fait pousser des récoltes sans quoi, la parcelle est envahie de mauvaises herbes. Mais il arrive qu'il soit amené à semer trop tard ses cultures, si bien que pendant les premiers mois de la saison des pluies, les sols sont dénudés et se comportent comme des parcelles nues.

Les couverts incomplets durant une partie de l'année (champs cultivés)

Les phénomènes d'érosion sont intermédiaires mais dépendent de la précocité et de la densité de plantation, de la pente et des techniques culturales, qui vont elles mêmes déterminer la proportion du sol non couvert par la végétation avant les grosses pluies.

L'architecture des plantes, (hauteur du feuillage au-dessus du sol ; disposition en gouttière concentrant les eaux (ex. ananas et maïs) ou au contraire en parapluie dispersant les gouttes (ex. manioc)) joue également un rôle.

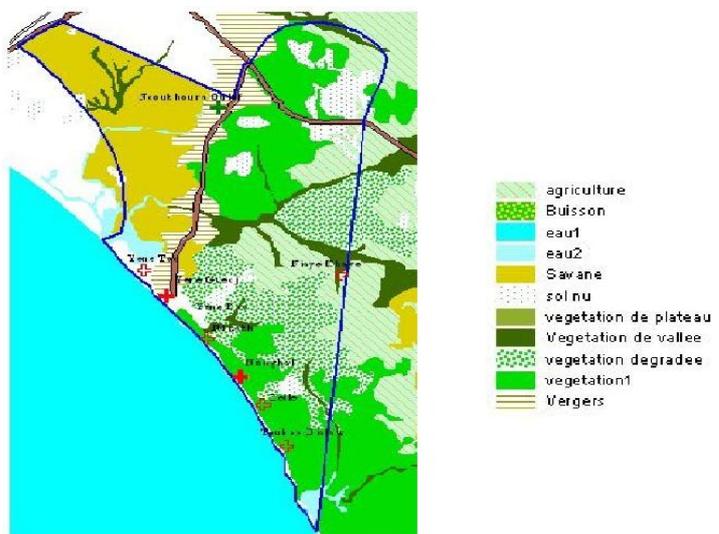
Important :

Parmi les facteurs conditionnels de l'érosion, le couvert végétal est le facteur le plus important. La lutte contre l'érosion dans la communauté rurale de Yene devra nécessairement s'appuyer sur les techniques agricoles qui favorisent un couvert important et sur des revégétalisations en zones non cultivées.

2.4. Mécanismes dans la zone

Ce paragraphe a pour but d'expliquer les formes d'érosion observées dans la communauté rurale de Yene, au regard des mécanismes présentés dans le paragraphe précédent.

La végétation dans la communauté rurale de Yene n'apporte qu'une faible protection aux sols. En effet, comme on peut le voir sur la carte ci-contre, beaucoup de zones sont classées dans la catégorie « végétation dégradée ». En certains endroits, les sols sont nus.



On observe également que beaucoup de sols sont tassés par le passage d'animaux. Comme expliqué plus haut, ce tassement nuit à l'infiltration de l'eau dans le sol et favorise les ruissellements.

Dans certains champs, les résidus de fauche sont brûlés. Le sol est donc totalement nu juste avant les premières pluies.



En de nombreux endroits on peut observer une croûte de battance importante.

On peut donc conclure que l'infiltration de l'eau dans les sols de la communauté rurale est globalement mauvaise. Il en résulte tout d'abord une érosion en nappe qui nuit à la fertilité des terres, puis des écoulements de surface importants, menant au ravinement.

Sur le territoire de la communauté rurale de Yene, il existe trois types de sols :

1 - **Les sols Dior, ou sableux.** Ils se caractérisent par leur faible capacité de rétention en eau du fait de leur pauvreté en matières organiques. Ils sont fragiles et s'érodent facilement sous l'action des vents lorsque le tapis herbacé disparaît. En effet, les particules de sables montrent peu de cohérences entre elles et l'agrégation ne se fait pas. Les végétaux présents sur les berges des ravines sur ces sols ne résistent pas à l'arrachement. Ils ne suffisent pas pour stabiliser les ravines.

2 - **Les sols Deck.** Ils sont riches en argile et ont une forte capacité de rétention en eau, ce qui les prédestine aux cultures maraîchères. L'argile a la capacité de créer avec les cations du sol des complexes permettant l'agrégation. Ils sont donc plus résistants que les sols Dior à la dégradation. Cependant, l'effet splash sur un sol argileux forme des croûtes imperméables importantes et les ruissellements peuvent être très importants. La végétation semble mieux se maintenir sur ce type de sol et permettre une stabilisation relative des ravines. C'est également sur les sols Deck que l'on trouve le plus de cailloux. Ces cailloux ralentissent le courant et retiennent des sédiments. Certaines argiles sont dites « gonflantes », c'est à dire que leur humidification entraîne un gonflement et leur dessiccation une rétractation. Ce phénomène de gonflement et rétractation peut déstructurer le sol et diminuer l'infiltration. On observe ce phénomène dans certaines zones sur sols Deck :



Les dégâts de ravinement sont donc plus importants sur les sols Dior. Les sols Deck, eux, sont plus favorables à l'agriculture mais l'érosion en nappe y est importante comme en témoigne la présence de croûtes de battance. La productivité de ces sols est donc en danger.

3 - **Les sols Deck-Dior.** Ils sont moyennement riches en argile et ont une capacité de rétention plus ou moins importante. Ils sont un mélange de sols Deck et de sols Dior et sont favorables à tous les types de culture. Les mécanismes y sont intermédiaires.

Quel que soit le type de sol, les formes de ravinement sont les mêmes :

Les eaux de pluies tombent sur un sol quasiment dénudé et l'infiltration est faible, du fait de l'absence de végétation, du tassement du sol et de la présence de croûtes de battance.

Sur les collines, les pentes sont assez fortes et les ruissellements acquièrent une vitesse importante. L'énergie de ces écoulements entaille les sols en plusieurs endroits. Les écoulements se rejoignent ensuite dans une ravine principale. Ce mécanisme crée en amont des bassins versants des réseaux de ravines.

Sur sol Dior, l'incision se fait rapidement et profondément.

Ensuite, les ravines s'élargissent en progressant vers l'amont par effondrement des seuils :



Sur les sols Deck plus résistants, les réseaux sont moins importants et les ravines moins profondes.



Plus en aval et sur pente plus douce, quand les écoulements se sont rejoints, il se forme une ravine principale qui se jette à la mer. Cette ravine est très large et profonde sur les sols Dior, jusqu'à 10 m de largeur et 6 m de hauteur.



Les berges des ravines sur sol Dior sont régulièrement découpées par des effondrements et de profondes ravines se creusant sur quelques mètres.



Sur les sols Deck, les dimensions sont plus petites. Les berges des ravines sont également moins verticales et elles semblent mieux stabilisées par la végétation, qui n'a aucun effet sur les berges des ravines sur sol Dior.

Des ravines secondaires rejoignent ces ravines principales après avoir parcouru de grandes distances. Elles sont moins profondes que les principales et servent peu de chemin. On observe souvent plusieurs ravines parallèles, l'écoulement d'eau empruntant plusieurs chemins.

Les écoulements d'eau aboutissent à la mer par de vastes déversoirs. Le lit est peu profond et très large.



3. Propositions de solutions

Afin de limiter les désagréments causés par l'érosion en nappe et le ravinement, des techniques et aménagements peuvent être utilisés. L'objectif est ici de sauvegarder la fertilité des sols et de limiter le creusement des ravines. Les méthodes employées vont donc chercher à augmenter l'infiltration, la résistance des sols, diminuer les quantités et la vitesse de l'eau qui s'écoulent et retenir les particules fines.

3.1. Revégétalisation en zones non cultivées

On l'a vu plus haut, la végétation a un rôle majeur dans la protection des sols. En effet, elle protège de l'impact des gouttes de pluies, ralentit le courant, stabilise les berges des ravines, fait barrière au vent, facilite l'infiltration, l'agrégation, etc. Il semble donc important de considérer la revégétalisation et la gestion du couvert existant comme des moyens de lutte efficace contre le ravinement. La revégétalisation peut être un reboisement, une mise en herbe, la plantation de haies ou la facilitation de l'installation de toute espèce végétale.

Il est à noter que la revégétalisation permet la lutte à faible coûts. Elle apporte également des cobénéfices importants : pâturages, écosystèmes, paysages, patrimoine (plantes médicinales). Le choix des emplacements, espèces etc. doit être fait en tenant compte de ces co-bénéfices.

Dans le cas de la communauté rurale :

De nombreux terrains sont dégradés par le ravinement au point d'être inutilisable pour la culture, la construction ou le pâturage. Ces terrains sont situés principalement dans les collines sur des pentes assez fortes, là où les eaux de ruissellement forment des réseaux de ravines. Ils pourraient être le lieu d'essais de revégétalisation.

Le choix des espèces utilisées pour les revégétalisations doit être déterminé en premier lieu par **l'adaptation de l'espèce au milieu**. Il est recommandé d'utiliser les espèces présentes sur la zone. En effet, les risques d'échec sont très importants si l'espèce est mal adaptée. Les buissons, arbustes et arbres présents naturellement sur la zone : Salaan (euphorbe), Nger, Ngandam, Kinkeliba, Kad (*accacia albida*), etc.

Ensuite, une espèce pourra être choisie pour ses caractéristiques morphologiques :

- Des racines fasciculées, par exemple, retiennent la surface de la terre alors que des racines pivotantes augmentent l'infiltration à long terme en laissant des tuyaux lorsqu'elles pourrissent.

- L'érosion diminue avec la diminution de la hauteur du couvert, préférer donc les buissons.

- Certains arbres ont des feuilles qui canalisent les eaux vers le tronc, fonctionnant comme un entonnoir et provoquant un ravinement. L'autre architecture est celle des plantes "parapluie", comme le bananier, qui renvoient à l'extérieur les gouttes d'eau et qui dispersent ainsi leur énergie.

Le Vetiver pourrait être utilisé dans ces revégétalisations, notamment en ordure de ravine, à condition qu'il soit adapté à la zone.

La revégétalisation peut fournir de nouveaux espaces de pâturage mais il faudra faire attention à ne pas dépasser la capacité d'accueil du terrain et à limiter le pâturage en période de floraison.

Plus en aval, dans les zones cultivées, il est important de conserver la végétation en place et de la favoriser. Ainsi, les haies de Salan bu jigeen (euphorbe) entourant les champs ont un impact bénéfique sur l'infiltration de l'eau, la limitation de l'énergie éolienne, etc. Un système bocager doit être favorisé.

Dans tous les cas, une protection des zones revégétalisées doit être mise en place afin d'éviter la dégradation des végétaux par le bétail ou les animaux sauvages.

3.2. Pratiques antiérosives en zones cultivées

Les agriculteurs sont des acteurs majeurs de la lutte contre l'érosion. En effet, ils ont des compétences en technique végétale, se sentent impliqués dans la gestion du territoire et sont directement intéressés par les problèmes d'érosion. C'est donc principalement par eux que peut se mener la lutte contre l'érosion.

a) Couverture du sol

Intensification de la culture

Un moyen de lutte contre l'érosion en nappe, puis en ravine consiste à couvrir le sol au maximum. Ainsi, il est recommandé de planter tôt et dense des variétés à forte croissance bien adaptées aux conditions régionales, voire d'utiliser des engrais. L'objectif est de parvenir à un système de culture s'apparentant à un couvert forestier : le sol n'est jamais nu, il reçoit en permanence des apports organiques et minéraux, etc. Il ne faut surtout pas laisser un sol à nu avant les premières pluies.

Le paillage et la gestion des résidus

Afin de protéger le sol de l'impact des gouttes de pluies et de permettre un apport régulier en matières organiques, un complément temporaire à la couverture végétale peu être envisagé. Ainsi, un paillage léger, soit constitué des résidus de cultures soit d'apports extérieurs est susceptible de créer une couche souple protégeant la surface de la terre. Le brulis ou l'enlèvement des résidus de culture ou de défrichage ne permet pas l'apport nécessaire en matières organiques. L'enfouissement de la litière ne permet pas une assimilation efficace de la matière organique. Il faut donc envisager soit, de laisser la matière organique à la surface du sol (paillage), soit de ne l'enfouir que dans l'horizon tout à fait superficiel. L'effet de la litière sur l'érosion est extrêmement rapide.

Le problème est de trouver du paillage. La méthode la plus simple consiste à repousser les résidus de culture et de défrichage entre les lignes de plantation et de ne préparer le lit de semence que sur la ligne de semis. Des paillages artificiels peuvent être utilisés, comme le Curasol (acétate de polyvinyl).

Plantes de couverture

Afin de renforcer le couvert, on peut produire des végétaux de couvert au sein de la culture principale. Ainsi, par exemple, la culture de légumineuses sous une culture de maïs permet de maintenir un tapis végétal après exploitation du maïs, tapis qui protège le sol et entretient l'activité biologique du sol. Au début de la saison suivante, que la légumineuse ai survécu ou pas, on peut l'enfouir pour entamer la culture suivante.

De même, dans certaines cultures arbustives par exemple, un sous-étage de plantes de couverture adventices ou légumineuses en tapis peut protéger les parties de sol non couvertes.

Agroforesterie

L'agroforesterie, qui consiste en une association sur un même espace d'activités agricoles différentes, a l'avantage d'introduire la variabilité spatiale à l'intérieur de la zone cultivée. Ainsi, il est intéressant de planter des arbres à enracinement profond qui ramènent en surface les nutriments dispersés, d'élever des animaux qui valorisent la biomasse et rassemblent les nutriments dispersés dans le paysage.

Alternance des cultures

L'alternance dans le temps (rotation) et dans l'espace de cultures qui protègent mal le sol (par exemple: maïs, arachide, tabac, manioc, igname) et de prairies temporaires ou permanentes, ou encore de bandes d'arrêt, permet de réduire l'érosion à l'échelle du bassin.

Morphologie des plants

De même que pour les revégétalisations, une réflexion peut être menée sur la morphologie des plantes cultivées (racines, dispersion ou concentration des eaux de pluie, taille, etc.). Cependant, ces caractéristiques ne doivent pas déterminer le choix des cultures. L'essentiel est d'associer un couvert important avec des techniques culturales adaptées.

Il est cependant intéressant de noter que même après la fauche, la protection par les cultures fourragères est considérable.

Note sur le feu

Si le feu est précoce (un mois après la dernière pluie utile), il passe vite, brûle les parties aériennes desséchées, mais ne détruit ni les souches d'herbe ni les grosses branches d'arbres. Il élimine par contre les jeunes semis, la litière de feuilles mortes et bon nombre d'insectes et de ravageurs.

Les feux tardifs, à partir de mai et juste avant les pluies, sont par contre catastrophiques. En effet, les herbes étant très sèches à cette époque, le feu détruit la moindre paille, les parties aériennes des buissons et parfois même les grands arbres. Le sol est pratiquement nu et restera très mal protégé pendant au moins un an. Les averses orageuses forment une pellicule de battance très peu perméable qui donne naissance à

un ruissellement important. Il faut donc éviter les feux avant la saison des pluies, notamment pour le défrichage.

En l'absence de feu et de pâturage, l'infiltration sur une vieille jachère mise en protection intégrale redevient bonne après quelques années.

b) Travail du sol

Il s'agit de maintenir une bonne rugosité à la surface du sol, d'augmenter l'aération et la porosité, d'améliorer l'enracinement tout en luttant contre les mauvaises herbes et en enfouissant les résidus organiques pour améliorer le statut organique du sol et la stabilité structurale. Le travail du sol favorise le développement des racines et par conséquent du couvert végétal : il s'agit donc de méthodes à la fois mécaniques et biologiques.

Le type de labour

L'objectif est ici de trouver un équilibre entre les bienfaits d'un labour sur l'infiltration et la croissance de la végétation et les désagréments causés par la diminution de la cohésion du sol. Il faut donc réfléchir à la meilleure solution, combinant haute productivité et protection des sols. Des expérimentations pourraient être menées par les cultivateurs.

Différentes solutions sont proposées dans la bibliographie, sans cependant présenter de preuves de l'intérêt à long terme. On peut notamment citer : le travail minimum, le travail localisé avec interlignes protégées par les résidus de culture, l'enfouissement partiel des pailles, le non labour en laissant les résidus de culture en surface. En tout cas, plusieurs obstacles existent encore à l'utilisation de ces méthodes où l'on conserve en surface les résidus organiques : lutte contre les mauvaises herbes, machines pour éclater le sol sans le retourner, machines pour semer à travers les pailles, et problèmes phytosanitaires.

Sur les sols ferrugineux tropicaux sableux des zones tropicales sèches du Sénégal, il a été montré que sans labour profond, les rendements diminuent de moitié car l'alimentation hydrique n'est pas correcte : le réseau racinaire n'est pas assez développé, les pluies s'infiltrent mal dans ces sols sensibles à la battance, ce qui retarde la date du semis. On a également observé qu'en enfouissant les matières organiques lors d'un labour grossier effectué en fin de cycle, avant la saison sèche, on augmente la stabilité de la structure et l'infiltration : les problèmes d'érosion s'en trouvent réduits d'autant.

La culture en courbes de niveau

Il s'agit d'orienter le labour parallèlement aux courbes de niveau. Ainsi, on oriente la rugosité du sol due aux mottes et aux petits creux, perpendiculairement à la pente de telle sorte que l'on ralentit au maximum la nappe d'eau qui pourrait ruisseler. Au delà d'une certaine pente, la rugosité devient inefficace pour ralentir l'écoulement. Il est également intéressant d'alterner ses cultures plus ou moins sensibles à l'érosion parallèlement aux courbes de niveau.

Le billonnage en courbes de niveau

Des billons perpendiculaires à la pente vont pouvoir stocker de l'eau et des sédiments. Cependant, si l'eau s'infiltré par une brèche ou déborde, les risques de ravinement sont augmentés. Ces méthodes ne sont valables que sur des sols très perméables jusqu'en profondeur qui infiltrent rapidement l'eau stockée derrière les billons.

Il est délicat de conseiller l'orientation des billons. Pour les averses petites et moyennes, les dégâts seront plus importants lorsque le billonnage est dans le sens de la pente, car il se formera des petites griffes. Pour les plus grosses averses, il vaut mieux limiter les risques de catastrophe en acceptant un billonnage dans le sens de la pente. L'érosion se fera tout au long de l'année mais les risques de glissement de terrain ou de ravinement majeur seront évités

Une alternative peut être la formation de gros billons orientés en pente très faible (1%) vers un exutoire aménagé et le cloisonnement de ces billons par des cloisons moins hautes, pour ralentir les écoulements.

Au Pérou, l'orientation des billons est adapté à la saison à venir : en année sèche, les billons sont perpendiculaires à la pente pour stocker le plus d'eau possible. En année très humide, les billons sont dans le sens de la plus grande pente pour favoriser le drainage. Quand l'année s'avère incertaine, un carré est orienté perpendiculairement à la pente et le suivant dans le sens de la pente.



Les bandes d'arrêt enherbées en courbes de niveau

Des bandes enherbées entre des cultures en courbe de niveau fonctionnent comme des filtres qui ralentissent la vitesse des écoulements et provoquent le dépôt des sables grossiers et des matières organiques et permettent une infiltration du ruissellement.

Dans le cas de la communauté rurale :

Quelles que soient la pente, les techniques culturales et le climat, un couvert végétal complet (peu importe son architecture et sa composition botanique pourvu qu'il soit presque complet) assure une excellente conservation de l'eau et du sol. Son influence prime celle de tous les autres facteurs. Les méthodes végétales doivent donc avoir priorité sur les aménagements régulateurs (chapitre suivant).

Avec la collaboration de l'ENCAR, il faut tout d'abord établir une carte des cultures et déterminer leur type, les techniques de labour utilisées, le calendrier des travaux, etc. Ceci aura pour but de diagnostiquer l'impact du couvert et du labour et autres pratiques culturales sur l'érosion en nappe.

Sur les bases des explications données dans ce chapitre, il faudra ensuite choisir une pratique adaptée à la culture.

Dans tous les cas, il faut éviter le brulis. D'une manière générale, une plante de couverture et l'utilisation du paillage sont des techniques recommandées et qui ne peuvent qu'améliorer la situation. L'important est surtout de ne pas laisser le sol à nu pendant les premières pluies.

Si le choix des plantes cultivées peut être discuté, préférer les espèces couvrantes et à croissance rapide.

3.3. Gestion des ruissellements à l'échelle du bassin versant

Il peut se produire des averses pour lesquelles le sol ne peut absorber toute l'eau. Cette eau peut être collectée afin d'éviter les ruissellements trop importants en aval et de s'en servir pour la culture. On combine lutte contre l'érosion et amélioration de la productivité. Quatre types d'interventions sont possibles en fonction de la situation :

- la capture du ruissellement pour l'irrigation
- l'infiltration totale de l'eau captée
- la diversion des eaux excédentaires
- la dissipation de l'énergie du ruissellement

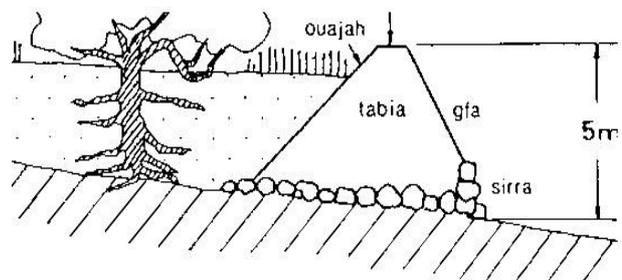
Il est à noter que les techniques culturales décrites plus haut peuvent entraîner une infiltration quasi totale des eaux de pluies et réduisent l'énergie du ruissellement, auquel cas il n'est pas recommandé de mettre en place les aménagements décrits dans ce chapitre.

a) Les structures de captage du ruissellement

Il s'agit ici de récupérer les eaux de ruissellement et de s'en servir pour la culture. Le principe de ces aménagements est souvent une digue en terre, en forme de V ou de demi lune pointant dans le sens de la pente. Voici quelques exemples d'utilisation traditionnelle :

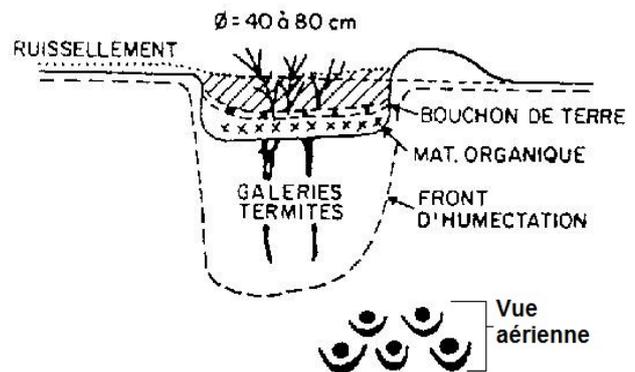
Les tabias

Bourrelets de terre, renforcés à l'aval par un mur de pierres et sur les côtés, par un exutoire empierré, haut de 2 à 5 m qui barre une vallée de quelques dizaines de mètres de large. Derrière la tabia s'accumulent les eaux de ruissellement et des sédiments délimitant un champ bien alimenté en eau, où croissent des cultures annuelles à l'ombre d'arbres bien adaptés aux apports sédimentaires successifs.



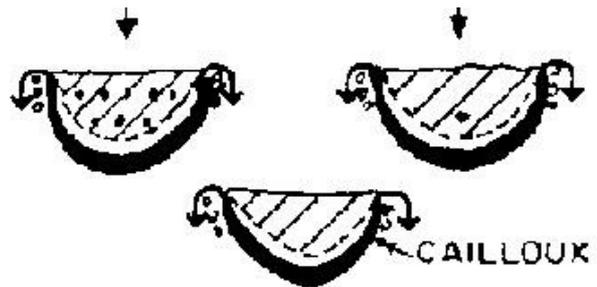
Le zaï

Le zaï est une technique culturale alliant la capture du ruissellement et la localisation de la fumure et de l'eau disponible dans des cuvettes avec la complicité des termites.



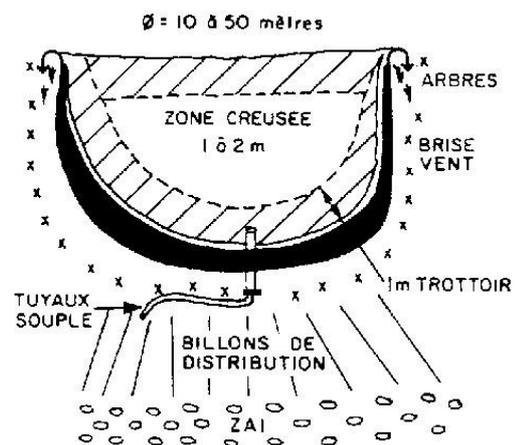
Les demi-lunes

Diguettes en forme de demi-lunes de 2 à 6 m de diamètre pour cultiver des céréales ou quelques arbres. Le risque de colmatage de ces micro-bassins est grave pour le mil et certains arbres à cause de la charge solide du ruissellement qui forme rapidement des croûtes peu perméables. L'apport de paille ou de branches permettrait de capter du sable éolien pour maintenir une bonne infiltration. L'apport localisé de fumier pourrait aussi aider à maintenir la capacité d'infiltration.



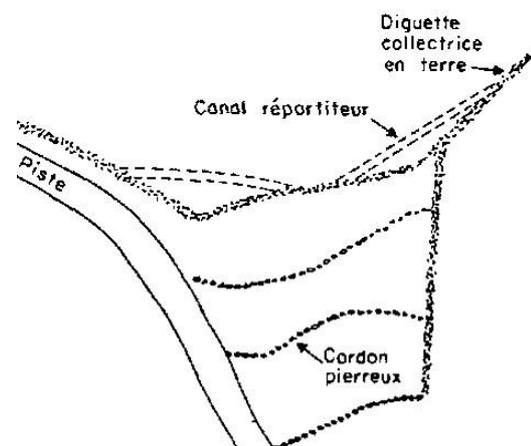
Les citernes ou boulis

Les citernes ou boulis sont creusées et avec la terre extraite, on construit une digue en forme de croissant s'étirant sur une centaine de mètres. Dès les premières pluies, on dispose d'une réserve d'eau de ruissellement assez chargée, soit pour irriguer un petit jardin ou pour servir à alimenter en eau du bétail.



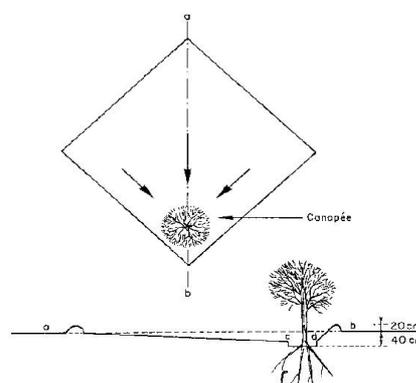
Les digues de terre

Le ruissellement peut aussi être capté par une digue en terre et irriguer un champ aménagé en cordons de pierres. Pour que ce supplément d'eau ne provoque pas de ravinement, il faut ralentir la nappe ruisselante à l'aide d'une série de cordons pierreux disposés tous les 20 m.



Les micro-bassin

L'élément de base est une petite excavation formant un bassin d'infiltration et une bordure formée d'une diguette en terre de 20 cm de haut tandis que le bassin aurait 40 cm de profondeur. Les diguettes peuvent avoir une forme en V ou en demi-lune.



Ces aménagements peuvent être soumis à un colmatage par les sédiments et une dégradation des digues. L'entretien doit permettre d'éviter ces désagréments.

Dans le cas de la communauté rurale :

Il peut être intéressant de repérer les zones cultivées où un manque d'eau se fait sentir pendant la saison des pluies, et de valoriser cette eau par une ou plusieurs des méthodes décrites, que ce soit à grande échelle (tabias, digues), ou à petite échelle (zaï, micro-bassin, demi lunes).

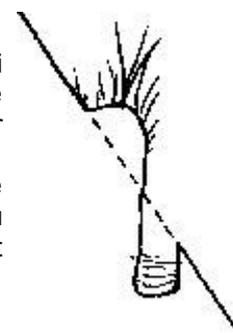
Les cultivateurs doivent eux mêmes diagnostiquer leurs besoins en eau et leurs capacités à mettre en place et gérer de tels aménagements.

b) Les structures d'infiltration totale

Le but est ici de retenir l'eau afin qu'elle s'infilte totalement à l'endroit choisi. Ces aménagements sont utilisés lorsque les pluies suffisent à peine à assurer l'évapotranspiration des cultures, ou dans les milieux très perméables. Elles exigent un fort investissement à l'installation et à l'entretien. De plus, elles ne peuvent s'implanter n'importe où sans augmenter les risques de glissement de terrain et de perte des nutriments. Voici deux exemples d'aménagements d'infiltration totale.

Fossés aveugles

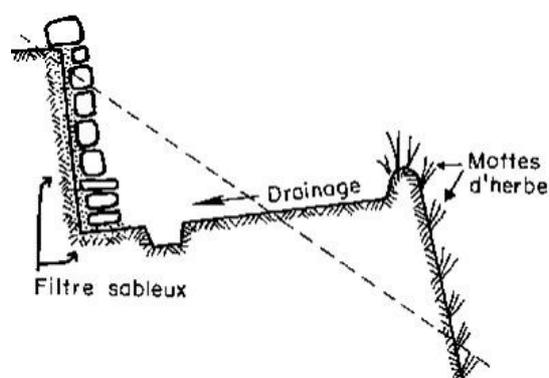
Des fossés parallèles aux courbes de niveau permettent de retenir l'eau qui s'infiltrera dans le sol. Pour éviter que les eaux captées par les fossés ne se rassemblent et ne creusent des ravines profondes, des cloisons de 50 cm d'épaisseur séparent les segments de fossés de 3 m de long et 60 cm de profondeur et de largeur. La terre doit être rejetée vers l'amont et fixée avec de grandes herbes pour créer une terrasse progressive concave. (*Pennisetum purpureum*, *Setaria splendida* ou *sphacelata*, *Tripsacum laxum* ou Vetiver). Dans ce cas, des terrasses se forment progressivement.



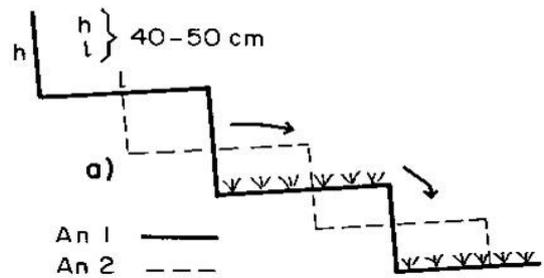
Gradins ou terrasses

Les gradins sont formés d'un talus quasiment vertical renforcé par des pierres ou par des herbes et d'une terrasse en pente douce inversée avec possibilité d'irrigation et de drainage de la pente en long. Ils créent des zones planes et suppriment l'érosion en nappe. Ainsi, on peut améliorer la productivité sur forte pente. De plus, l'eau est plus disponible pour les plants.

Les gradins sont coûteux en installation et entretien.



De manière plus simple, sur des pentes moins fortes, des micro terrasses en escalier peuvent limiter l'écoulement et permettre d'infiltrer l'eau. Cette technique consiste à creuser des marches parallèles à la pente, marches que l'on va déplacer chaque année afin d'entretenir la surface rugueuse et d'enfouir la végétation qui pousse pendant le jachère.



Dans le cas de la communauté rurale :

Dans la communauté rurale de Yene, sur les plus fortes pentes, c'est à dire à flanc de collines, des gradins permettraient de cultiver des zones non valorisées et de ralentir le ruissellement. Cependant, cet aménagement est difficile à mettre en place et semble peu justifié ici, dans la mesure où ces pentes ne sont pas cultivées. Les fossés peuvent être intéressants si le sol est perméable (sable) et que les cultures souffrent d'un manque d'eau.

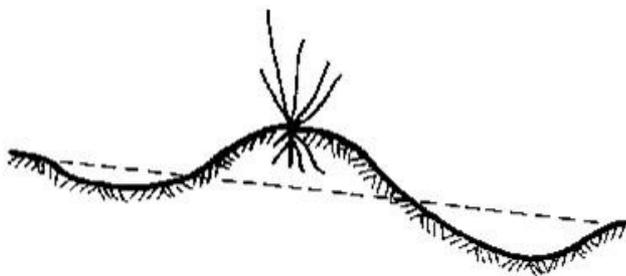
c) La diversion des eaux excédentaires

Si trop d'eau s'écoule sur un terrain, on peut en diriger une partie vers un exutoire naturel ayant la capacité d'accueillir et évacuer cette eau, grâce à des fossés, digues ou banquettes. On évite ainsi un ruissellement anarchique et on peut protéger des zones sensibles.

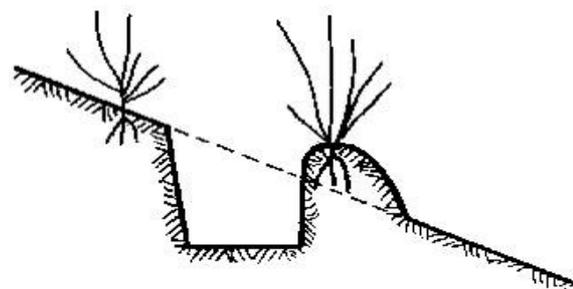
Cependant, ces aménagements sont chers, complexes à concevoir et doivent être entretenus régulièrement (curages, réparation, etc.). Ils sont également consommateurs de surface. De plus, les problèmes d'érosion en nappe ne sont pas résolus. L'eau captée bénéficie plus aux champs en aval. Les ruptures d'ouvrage peuvent créer un ravinement important. Voici quelques exemples d'aménagements de diversion des eaux :

Bourrelet de diversion en terre (pour pentes faibles)

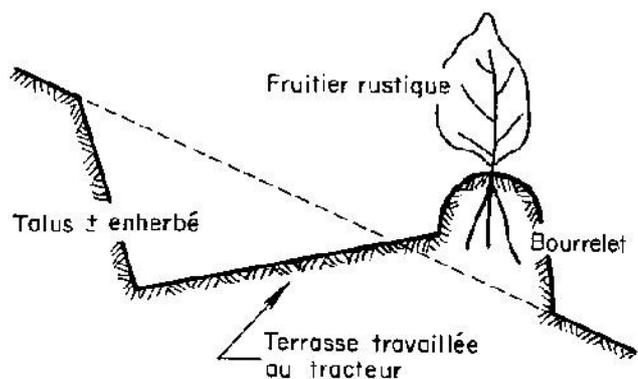
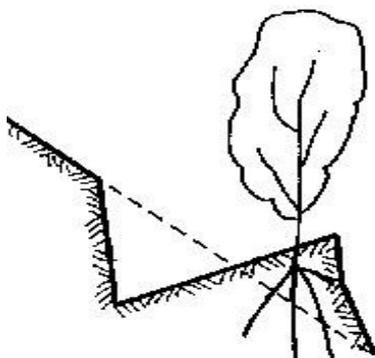
Fossé de diversion (pour pente forte) peut aussi servir à l'irrigation



Banquette forestière



Banquette algérienne



Dans le cas de la communauté rurale

Ces types d'aménagements ne pourraient être justifiés que pour la protection des habitations, de la route ou de certaines zones particulièrement sensibles (on peut par exemple dévier un écoulement d'un sol Dior vers un sol Deck afin de réduire les dégâts de ravinement). En effet, ils coûtent cher (surtout la topographie), réduisent les surfaces cultivables, n'arrêtent pas la dégradation de la fertilité du sol, ni l'érosion en nappe. Ils sont de plus difficile à maintenir.

d) Les structures de dissipation de l'énergie du ruissellement

Une autre façon de gérer le surplus d'eau ruisselante et d'éviter le ravinement est d'étaler le ruissellement sur une grande surface plutôt que dans un passage étroit. On peut pour cela créer des aménagements de type "micro-barrages perméables" qui ralentissent temporairement l'écoulement, permettent une certaine sédimentation, un étalement de la crue, une réduction des débits de pointe et une amélioration de l'infiltration. Ces obstacles filtrent l'eau et retiennent les pailles, la matière organique, etc.. Il se dépose donc une fumure localisée dans la zone de sédimentation. En saison sèche, ces alignements, s'ils sont bien orientés, provoquent le piégeage du sable qui circule par érosion éolienne.

La conception de ces ouvrages doit être bien pensée. En effet, lorsque la nappe de ruissellement trouve une issue dans l'obstacle, le ruissellement s'accélère et creuse une rigole à l'aval. En s'étalant devant l'obstacle, la nappe crée un mouvement latéral qui peut aboutir à une concentration locale du ruissellement avec formation d'un chemin d'eau plus agressif, capable de creuser des rigoles et de déplacer des gravillons et des cailloux.

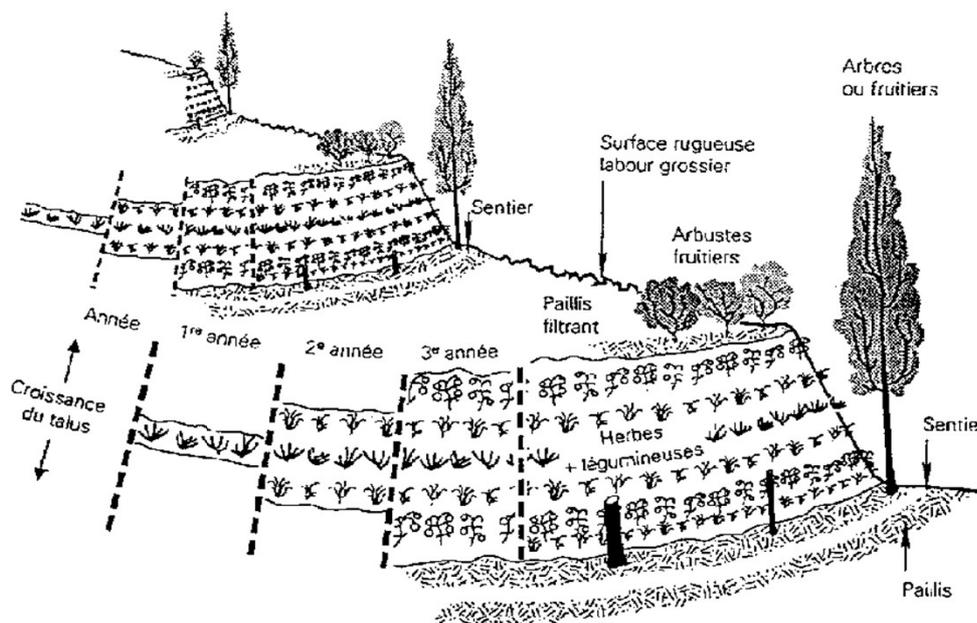
Les haies vives

Les haies vives sont constituées de deux à trois lignes d'herbes ou d'arbustes plantés en quinconce sur une terrasse horizontale d'un mètre de large, tous les 10 mètres. Elles fonctionnent comme des micro-barrages perméables très efficaces. Il faut créer une couche filtre au ras du sol à l'aide de paille de brousse, d'adventices ou des produits de l'émondage de la haie.

La formation de talus enherbés complexes

Les micro-barrages aboutissent en quelques années à la formation de terrasses progressives entrecoupées de talus à pente raide protégés par un tapis herbacé.

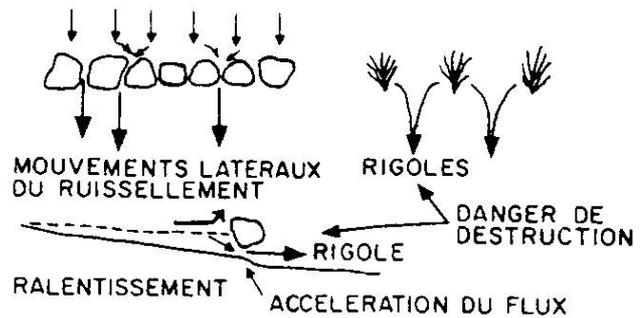
Pour favoriser cette formation, on peut planter des graminées en courbes de niveau sur toute la largeur d'une colline (toute la surface concernée par les ruissellements), puis des arbres à croissance vigoureuse. Le terrassement se fait progressivement par érosion et surtout par le travail du sol (+ 20 cm de hauteur par an). L'aménagement est totalement maîtrisé par les paysans, ne demande pas de gros investissements, ni de gros entretiens.



Les aménagements filtrants. Voici quelques exemples d'aménagements filtrants plus légers :

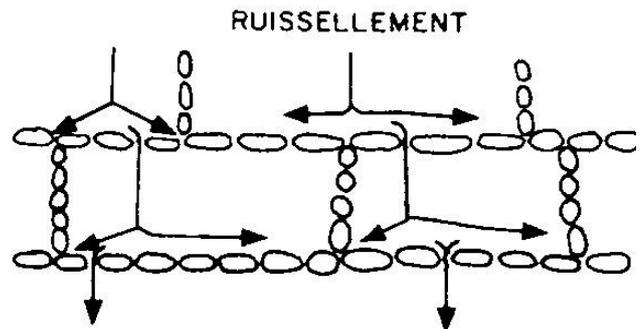
Alignement de pierres, d'herbes, paille, piquets

- une seule rangée d'obstacles perméables
- ralentit et étale le ruissellement
- piège le sable éolien et les particules fines du ruissellement
- fragile : bousculé par bétail, enterré par le ruissellement.



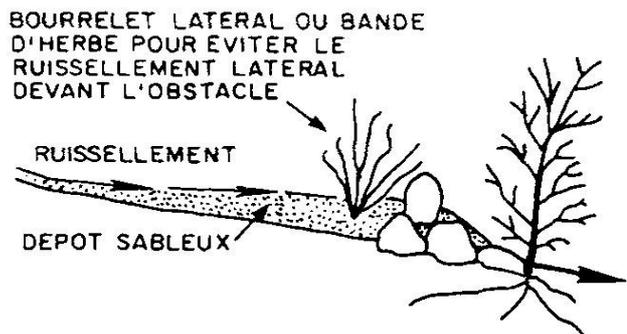
Réseau en nid d'abeilles

- cloisonnement qui réduit les écoulements latéraux
- utilisé pour restaurer les sols en bas des collines gérées comme des impluvium (surface gérée comme source d'eau pour l'irrigation).



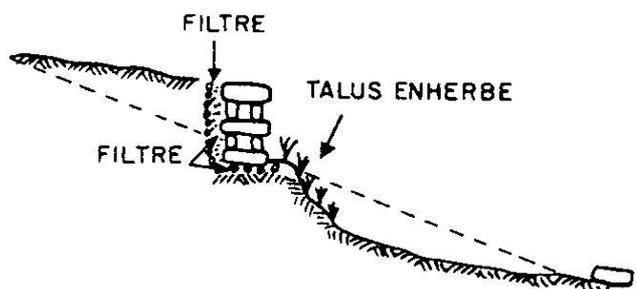
Cordon de pierres

- au moins 2-3 niveaux de pierres solidaires
- consolidé par des herbes, contre les mouvements latéraux et des haies et arbres contre le bétail (en aval)
- piège 5 à 15 cm de sable, matière organique et limon
- filtre les matières organiques flottantes
- étale les écoulements dans le temps et l'espace



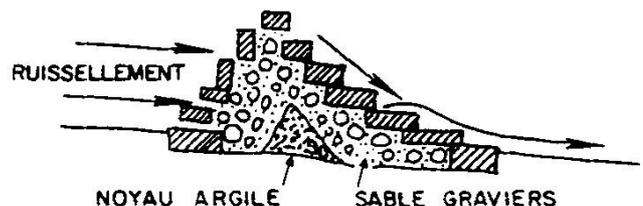
Muret de pierres plates

- entassement soigné de pierres plates
- mur et filtre drainant en amont et dessous le mur
- aboutit à des terrasses progressives



Digue semi-filtrante

- gros cordon de pierres au travers d'une tête de vallée
- crête horizontale renforcée
- ralentit l'écoulement
- noyau plus fin tassé si on veut retenir une lame d'eau



Les micro-barrages semi-perméables sont très variés. Ils ont l'avantage d'être facilement maîtrisés par les villageois et de modifier l'inclinaison de la pente. Cependant, ils laissent perdre une partie du ruissellement ainsi que des nutriments et des colloïdes qui font la richesse de ces terres. Ces eaux peuvent être récupérées en aval dans des aménagements d'irrigation.

Dans le cas de la communauté rurale :

Cette solution paraît adaptée à la communauté rurale car demande peu d'investissement à la mise en place. Les écoulements sont réduits et les sédiments captés.

Au Burkina Fasso, une association bretonne a mis en place des alignements de pierres enfermées dans des filets de pêche (<http://burkinamorbihan.free.fr/>).



Cette méthode semble efficace et facilement applicable. Il pourra être intéressant de se rapprocher de cette association si la solution est adoptée, afin de bénéficier de son expérience et de ses conseils.

Conclusion sur la gestion des ruissellements

Ces aménagements demandent pour certains un investissement à l'installation et l'entretien. Ils sont plus difficile à mettre en place que les techniques végétales et culturales développées plus haut et doivent pour cela n'être choisies que lorsque celles-ci ont échoué ou ne sont pas suffisantes.

Afin de choisir quel type d'aménagement mettre en place et où, il faut connaître :

- Le parcours de écoulements
- Les quantités d'eau en jeu
- L'utilisation du sol dans la zone
- La volonté d'implication de paysans

Les autres solutions qui pourraient être proposées par la suite (puits perdus, etc.) par les acteurs de la communauté rurale devront être étudiées. Les aspects importants sont notamment l'impact de l'aménagement sur l'infiltration de l'eau, la répartition des écoulements dans le temps et l'espace, les risques en cas de faille ou de rupture de l'ouvrage et l'investissement en temps et en argent nécessaire à sa mise en place et son entretien.

3.4. Aménagement des ravines

Dans les ravines circulent de grandes quantités d'eau et de particules. Il peut être intéressant de capter les sédiments et de les faire se déposer à un endroit choisi. Ceci permet de disposer d'une zone riche en sédiments en amont de l'aménagement, de réduire la ravine et de réduire la quantité d'eau ruisselant en aval en permettant l'infiltration dans le sol nouvellement retenu.

a) Les petites ravines

Afin de retenir les sédiments dans une petite ravine, des seuils végétaux vivants peuvent être mis en place. Les végétaux utilisés sont soit des grandes boutures d'espèces ligneuses, soit des plantes comme le sisal ou des graminées qui freinent mieux l'eau et protègent le seuil contre l'affouillement aval (creusement du fond de la ravine par l'énergie de la chute d'eau). Les plants peuvent être plantés directement dans le lit des ravines quand le courant est faible, en une ou deux rangées de boutures écartées de 30 cm environ. Quand le courant est trop fort, arrachant les plants ou déblayant les sédiments, la plantation doit s'appuyer sur les berges.

Quoi qu'il en soit, les espèces utilisées doivent être choisies en tenant compte des caractéristiques de la ravine (vitesse du courant, risque de choc dû aux cailloux, affouillement, etc.) et de l'adaptation de ces plantes au milieu.

Une fois ce seuil installé, un filtre doit être appliqué contre les plants, de manière à filtrer l'eau et retenir les sédiments. Ce filtre est constitué des branchages. Il sera rehaussé au fur et à mesure que les sédiments seront stockés en amont et que le seuil végétal croira.

Lorsque le ravinement est déjà trop avancé, la technique consiste à construire un petit seuil en dur avant la plantation des ligneux. Ce seuil retiendra quelques sédiments et créera un milieu favorable à l'installation des plants. Il a également l'avantage d'étaler la nappe d'eau qui s'écoule sur une plus grande largeur, ce qui limite le risque d'arrachement des plants. Ce seuil en dur peut être construit en pierres sèches, ou en sacs de récupération remplis de terre. Les sacs doivent être protégés par une petite couche de cailloux, de ciment ou de terre, surtout s'il s'agit de sacs plastiques dont la dégradation est accélérée par l'exposition aux rayons du soleil.

Ces seuils en dur sont provisoires et ont pour but l'installation de la végétation. Ainsi, une faible hauteur suffit pour leur construction (par exemple 50 cm à 1 m). Enfin, les seuils en dur doivent être moins hauts en leur centre que sur leurs bords, afin de concentrer les écoulements de crues au centre de l'ouvrage et d'éviter les dégâts sur ses côtés.

Une fois les seuils végétaux installés, il est important de veiller à leur entretien. Les points faibles doivent être consolidés par des plantations, il faut installer le filtre de branchage au fur et à mesure du comblement de la ravine, empêcher le contournement de l'ouvrage en installant une végétation protectrice le long des berges renforcées au besoin par la mise en place de branchages et éviter l'affouillement aval en limitant la hauteur de l'ouvrage et en installant certaines espèces à son pied : agaves et espèces fourragères à fort développement.

Dans le cas de la communauté rurale :

Cette intervention est surtout intéressante si la zone touchée est propice à une certaine mise en valeur (pâturage, culture, ...). Cependant, elle peut être une étape nécessaire aux revégétalisations des collines, notamment là où les ravines forment des réseaux importants. Elle ne demande qu'un faible investissement mais doit être suivie pendant plusieurs années.

b) Les grandes ravines

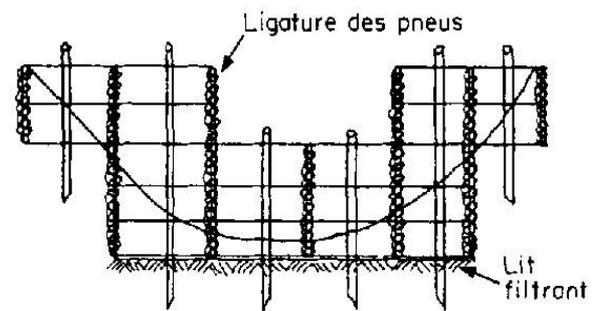
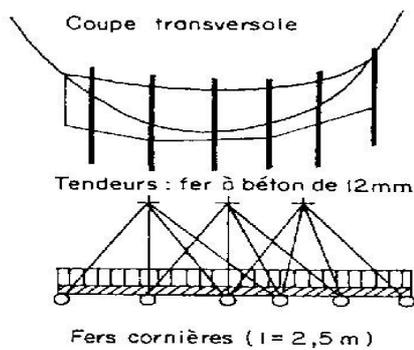
Les seuils nécessaires à la retenue des sédiments dans lesquels pourront s'installer les plants doivent être plus importants. Ils peuvent être en pierres sèches, en gabion, en grillage métallique. La végétation stabilisera ensuite la ravine en se développant sur les sédiments retenus.

Il faut pour cela fixer les sédiments dès qu'ils se sont déposés grâce à des herbes à rhizomes qui suivent progressivement l'élévation des sédiments. Ensuite, quand suffisamment de terre s'est accumulée en amont du seuil, on peut planter en bordure de la ravine, des grands arbres produisant du fourrage, des fruits ou du bois noble qui vont stabiliser les versants. Sur les flancs des ravines, il sera souhaitable de rechercher les espèces les mieux adaptées et les plus productives. Le centre de la ravine sera alors propice à la culture.

Les paysans formés à la maintenance de ce système de fixation et de correction des ravines et pourront ainsi valoriser, dans leurs champs traversés par le ravinement, la production de fourrage, de fruits et de bois.

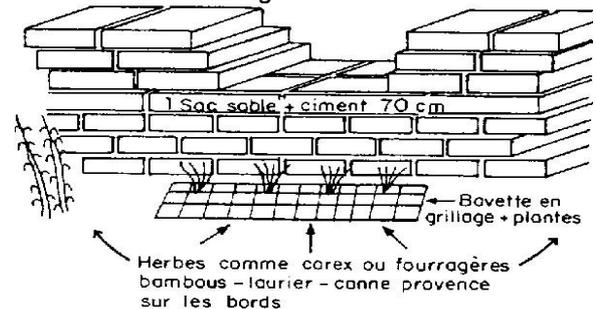
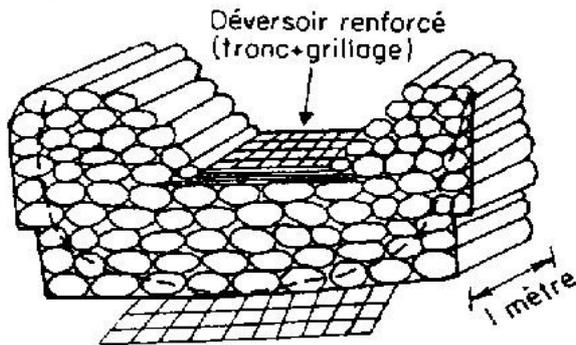
Différents types de seuils perméables peu coûteux, souples, faciles à monter avec des matériaux produits localement ont été conçus :

Seuil en grillage de fer galva (maille 0,5cm.) tendu sur des fers cornières (45mm) enfoncés dans le sol sur 50 cm. **Seuil en pneus** de > 1 m de Ø de récupération fixé par des fers cornières enfoncés de 50 cm dans le sol. Les vieux pneus sont ligaturés en place et remplis de terre locale.



En sac plastique 100 cm de long, 60 large, épaisseur 1 mm.

Seuils en sacs plastiques épais remplis de terre locale, déversoir renforcé par quelques socs de sable mélangé ou ciment



Ces aménagements permettent de bloquer l'érosion linéaire qui creuse les ravines, de stocker quelques dizaines de m³ de sédiments derrière les petits seuils, mais également de valoriser l'eau stockée entre les sédiments captés derrière les seuils en produisant des fourrages verts en saison sèche et des arbres qui peuvent motiver les paysans à gérer correctement leurs terres et les ravines.

Dans le cas de la communauté rurale :

Cette intervention ne doit être envisagée qu'après avoir amélioré l'infiltration sur le bassin versant, sans quoi les ouvrages seront détruits par de trop grandes quantités d'eau, ou les ruissellements trouveront un autre passage. La restauration des ravines doit se faire sur l'ensemble du bassin versant dès la première année. La retenue des sédiments doit être suivie d'une revégétalisation qui les stabilisera. Les seuils doivent s'ancrer dans les flancs et le fond de la ravine afin de ne pas être contournés. Ils doivent laisser au centre de la ravine un chemin pour les eaux de débordement. Sous le seuil, une banquette doit être aménagée afin de limiter le creusement du fond de la ravine par la chute de l'eau. Les ouvrages doivent être protégés du bétail.

L'objectif est que la ravine finisse de se végétaliser naturellement. Les ravines peuvent devenir des "oasis linéaires".

3.5. Organisation du pâturage

Le tassement du sol par les troupeaux aggrave le ravinement. Il est important de planifier le pâturage afin de limiter le tassement des sols les plus sensibles. Le pâturage ayant également un impact sur la dégradation de la végétation, il semble urgent de créer des zones dédiées, en fonction de leur capacité d'accueil, laquelle est déterminée par la fragilité du sol et la qualité de la végétation. Cette planification des pâturages est préconisée par le PLD car résoudrait les conflits entre agriculteurs et éleveurs. Le ravinement est un autre argument en faveur de cette planification

Par un travail du sol. Dans certaines zones, les sols tassés peuvent être décompactés de manière mécanique afin de retrouver une structure permettant une bonne infiltration de l'eau.

4. Mise en place des projets

4.1. Application des solutions présentées à l'échelle d'un bassin versant

L'important est de travailler dès la première année à l'échelle du bassin versant afin que les mesures prises soient efficaces. Ainsi, il faudra à la fois réfléchir aux pratiques culturales et organiser le pâturage sur l'ensemble du bassin versant, prévoir des revégétalisations et restaurer les petites ravines sur les collines, installer des aménagements en fonction des écoulements et des besoins et capacités des agriculteurs.

Pour cela, il faudra dresser une carte d'aptitude des sols, une carte des risques actuels d'érosion et une carte d'occupation des sols, de préférence au 10 000^{ème}. A partir de ces cartes, une carte d'intervention et d'équipements pourra être dessinée pour faciliter l'aménagement par bassins versants.

Les interventions comprennent :

- les aménagements de gestion des ruissellements et les seuils pour la restauration des ravines,
- la définition du système de production. Celui ci doit tenir compte des contraintes écologiques et humaines (besoins des populations, rentabilité des productions, marché local, niveau de connaissance des populations et autosuffisance alimentaire). Ainsi, la réflexion portera sur les rotations, un système de fertilisation et d'amendement, la localisation des terres qui seront réservées à la revégétalisation ou au pâturage, celles qui seront utilisées en parcours, les blocs de culture, et les zones irriguées ou drainées.

La maîtrise pérenne des problèmes de ruissellements et d'érosion des sols nécessitent un changement durable des pratiques des acteurs du bassin versant concerné. Enfin, l'entretien des aménagements mis en place doit être intégré au projet dès sa conception afin de maintenir leur efficacité dans le temps.

4.2. Programme de travail

Comme expliqué plus haut, les agriculteurs sont des acteurs majeurs de la lutte contre l'érosion, car leurs activités y jouent un rôle et qu'ils ont les connaissances et l'implication nécessaires. La mise en place d'un projet dans la communauté rurale de Yene devra être l'objet d'un autre stage qui pourra être fait par un étudiant en agronomie.

1- La première étape est celle du dialogue avec la population de la communauté rurale. Pendant cette étape, il sera intéressant de mener des enquêtes avec les agriculteurs et éleveurs pour appréhender le système agraire, définir les systèmes de production traditionnels, préciser les lieux, époques, et la façon dont se posent les problèmes d'environnement des paysans.

Ces systèmes devront être analysés du point de vue de leur impact sur l'érosion. L'avis des agriculteurs sur la question devra être pris en considération, ainsi que les solutions qu'ils avancent. C'est à partir de cet échange que pourront être choisies les méthodes culturales qui permettront d'augmenter l'infiltration et le couvert végétal tout en préservant la productivité du travail des agriculteurs.

2- Les solutions choisies devront être expérimentées chez certains agriculteurs. Cette expérimentation comparera tout d'abord les risques de ruissellement et d'érosion en fonction des types d'averse. Il faudra ensuite comparer différentes techniques culturales ou structures antiérosives dans des champs de démonstration chez les paysans et quantifier, le plus précisément possible, la faisabilité, l'efficacité et la rentabilité de chacun des éléments de solution. A la fin de cette phase qui durera nécessairement 3 à 5 ans, doit être prévue une évaluation des réalisations à la fois par les paysans et par les techniciens.

3- La troisième phase comporte un plan d'aménagement de l'ensemble d'un versant, d'une colline, d'un bassin versant ou de la communauté rurale. A ce stade, on comparera la carte d'aptitude des terres, la carte des dégâts actuels et des risques d'érosion, la carte d'occupation des sols pour définir les aménagements acceptables par les paysans.

L'étude de ces aménagements demandera nécessairement une approche plus poussée des aspects socio-économiques, et une participation de la population rurale dès la conception du projet et à chacune des phases d'enquête, de démonstration, d'expérimentation et de généralisation.

A retenir

Il existe dans la communauté rurale de Yene un réel problème d'érosion en nappe et en ravine. Cette érosion peut être un frein à son développement car entraîne de nombreux désagréments.

Des solutions simples et peu coûteuses existent. Elles doivent être adaptées à la situation de la communauté rurale, testées puis évaluées.

La population doit être impliquée dans toutes les phases de décision, de mise en place et d'évaluation des projets. Les paysans doivent être des acteurs majeurs du processus.

Les premières actions doivent porter sur la couverture végétale du sol, avec la préoccupation de ne pas laisser les sols à nu pendant les pluies.

Il est très important de travailler à l'échelle du bassin versant dès la mise en place des premières mesures.

Bibliographie

Böll A., Graf C. et Graf F., 2003. Des plantes pour lutter contre l'érosion et les glissements en surface. Notice pour le praticien n°37, Institut fédéral de recherches WSL CH-8903 Birmensdorf.

Cherigie V., 2006. Méthodologie pour la lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols sur les parcelles agricoles du bassin versant de la Canche.

Diop S., 2006. La communauté rurale de Yene.

Mulard M., Groéné D., 1961. Les méthodes de lutte contre l'érosion des sols en Haute Volta. Revue Bois et Forêts des Tropiques N°79, Septembre Octobre 1961. Service des eaux et forêts de Haute volta.

Plan Local de développement de la communauté rurale de Yene.

Roose E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). BULLETIN PÉDOLOGIQUE DE LA FAO 70. Rome, FAO.

Roose E., Chebbani R. et Bourougaa L. Ravinement en Algérie. Typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation.