

Chapitre VII : DISCUSSION

Le choix et la pondération des critères :

Quand nous parlons d'érosion hydrique, le climat est un facteur déterminant qui permet de caractériser les zones vulnérables à l'érosion. Mais comme les données climatiques (température et précipitation) ne proviennent que d'une seule station météorologique (station d'Ambohitsilaozana) pour toute la Région, nous n'avons pas pu prendre ce critère en considération dans notre analyse. Ainsi, selon la disponibilité et la fiabilité des données, nous avons retenu six critères qui sont respectivement les types de sols, la lithologie, la pente, l'altitude, l'occupation du sol et la forme du bassin versant.

Parlons de la pondération des critères. Deux conditions doivent être remplies pour pouvoir hiérarchiser les critères : le degré d'importance (l'échelle du bas en haut traduisant le moins vulnérable au plus vulnérable) et le recouvrement spatiale (un critère présentant des informations moins variées ne doit pas cacher un autre qui présente plus d'informations). A l'échelle de priorisation des facteurs, les quatre critères (type de sol, lithologie, pente et altitude) sont à pieds d'égalité. Les deux critères restants (occupation de sol et forme du BV) sont des critères supplémentaires. Si nous attribuons le même poids pour les quatre critères, déjà la méthode ne sera plus hiérarchique, mais en plus, le résultat va donner aucune distinction de vulnérabilité à l'érosion hydrique. Comme nous venons de les qualifier égaux, nous n'obtenons qu'une seule information : toute la zone serait fortement vulnérable. Mais alors, quel critère à mettre en premier rang ?

Passons dans la deuxième condition, le critère contenant moins de variations d'informations sera en second plan pour ne pas cacher les autres critères. Les critères « types de sols » et « lithologie » remportent sur la deuxième condition. La pente représente plus de variation d'information par rapport à l'altitude. Quant aux deux premiers critères, le sol est plus vulnérable à l'érosion hydrique que la lithologie qui, elle l'est mais au second degré (le sol est le produit d'altération de la roche). Cela, même s'ils ont le même degré d'importance. Ainsi la matrice de jugement (Fig.32) dérive de la traduction matricielle de ces phrases.

La relation entre chaque critère en les comparant deux à deux :

L'altitude et l'occupation du sol : donnent référence au relief. Les bas-fonds avec l'altitude faible entre 702 à 800m sont occupés par les rizières, la zone marécageuse et les plans d'eau. Les moyennes collines (800 à 1000m) sont couvertes par de la savane arborée et de la savane herbeuse. L'altitude entre 1000 et 1200m présente des savanes herbeuses et des forêts.

La pente et l'occupation du sol : donnent référence à la relation entre le ruissellement et le couvert végétal. Les pentes moyennes et les fortes pentes ne varient pas d'un couvert végétal à un autre car elles peuvent se situer aussi bien dans des savanes que dans des forêts. Il y a exception pour les pentes très faibles 0 à 2° et les pentes faibles 2 à 5° qui représentent les rizières, les plans d'eau et les marécages.

La pente et l'altitude : donnent référence à la topographie. Il y a une parfaite nuance entre ces deux critères car pour une pente faible de 0 à 5°, l'altitude correspondant est également faible (702 à 800m). Il en est de même pour la pente forte de 15 à 30° répartie sur les altitudes moyennes à fortes (800 à 1200m).

La lithologie et l'occupation du sol : donnent référence à la relation entre la topographie et le couvert végétal. Les alluvions, le sable, les grès et l'argile kaolinique sont associés aux rizières et aux marécages. Les gneiss sont recouverts par de la savane herbeuse tandis que pour les migmatites, par de la savane arborée. Les leptynites, les migmatites granitoïdes et les granites migmatitiques s'étendent sous des savanes herbeuses.

La lithologie et l'altitude : Les alluvions, les grès et l'argile kaolinique se situent à une faible altitude (702 à 800m). Quant aux gneiss et aux migmatites, ils se répartissent entre 800 à 1000m d'altitude.

La lithologie et la pente : Même constat que les critères précédents. Les pentes faibles entre 0 à 5° sont destinées aux alluvions. Alors que les pentes fortes entre 15 à 30° concernent les migmatites granitoïdes et les granites migmatitiques.

Les types de sols et l'occupation du sol : Pour ce qui va suivre les types de sols vont être numérotés pour éviter la répétition de leur nomenclature. Les sols hydromorphes (N°1) rassemblent les rizières, les plans d'eau et les marécages. Les sols typiques rouges sur roches acides (N°2) sont couverts par de la savane arborée tandis que pour les sols typiques rouges en phase érodée (N°3), par de la savane herbeuse. Et les sols typiques jaunes sur rouges sur roches acides (N°4) sont superposés par de la savane herbeuse et par la forêt.

Les types de sols et l'altitude : donnent référence à la morphopédologie. Les sols N°1 sont localisés dans une altitude faible (702 à 800m). Les sols N°2 appartiennent à la catégorie « altitude moyenne » (800 à 1000m). Pour les sols N°3, l'altitude varie de moyen à fort de chaque fourchette de valeur (800 à 1200m). Quant aux sols N°4, il entre dans toutes les classes d'altitude.

Les types de sols et la pente : Les sols N°1 ont une pente faible (0 à 2°). Les sols N°2 et les sols N°4 possèdent une pente variant de moyen à fort degré (5 à 30°). La majorité des sols N°3 ont une pente forte (15 à 30°).

Les types de sols et la lithologie : Les sols N°1 s'associent avec des alluvions. Les sols N°2 proviennent des migmatites, des migmatites granitoïdes et des granites migmatitiques. Il en est de même pour les sols N°3 mais rajoutés à des leptynites. Pour le sol N°4, c'est sur du gneiss et des leptynites qu'ils se trouvent.

La relation entre le degré de vulnérabilité à l'érosion hydrique et les types d'érosion :

Concernant l'érosion hydrique, nous avons relevé six facteurs qui en sont à l'origine. Le résultat est une zonation de la vulnérabilité à l'érosion hydrique. Cela traduit le degré qu'apporterait l'érosion hydrique à une telle zone selon la pondération des critères choisis.

L'information est fournie par les pixels entre 0 à 255 qui traduisent les différents niveaux de vulnérabilité.

La relation entre le degré de vulnérabilité à l'érosion hydrique et les types d'érosion hydriques est étroitement liée. Un ravin est une petite vallée étroite présentant une dépression allongée. Elle peut se transformer en lavaka ultérieurement (exposée dans le chapitre III sur les différents stades de formation d'un lavaka). En annexe 7 nous verrons une figure d'érosion en ravin localisée dans la commune Ambohijanahary ($17^{\circ}23'7.65''S$; $48^{\circ}19'45.43''E$; 809m) qui correspond dans la catégorie des zones fortement vulnérables. Un degré de vulnérabilité jugé « extrêmement fort » à « très fort » fait donc référence à une érosion en lavaka. Alors que la probabilité à ce que le degré de vulnérabilité « fort » soit une érosion en ravine est envisageable.

La limite de la méthode « analyse multicritère » :

La méthode de l'analyse multicritère hiérarchique a pour bien fait d'être organisée, quantifiée et numérisée pour faciliter à la prise de décision. L'inconvénient de recourir à cette méthode est qu'en vigueur, elle nécessite l'avis d'un commun accord entre les décideurs et l'équipe technique pluridisciplinaire sur le remplissage de la matrice. En effet attribuer une classe est très arbitraire. Certes, trouver un même point de vue n'est pas toujours évident, mais la consultation de chaque spécialiste en la matière est jugée efficace. Les disciplines concernées seront l'aménagement, la gestion des sols et des eaux, la géologie, l'hydrologie,... A chaque discipline, il devra donc y avoir un responsable technique qui a chacun leur mot à dire. L'objectif est une carte de base pour une prise de décision face à l'érosion hydrique. L'échelle d'étude est assez grande. Donc la précision n'en est pas autant.

Il faut souligner que les résultats sont conditionnés par les limites de cette méthode et avec les propos suivants. La carte de vulnérabilité à l'érosion hydrique est adaptée aux types d'érosion en rigole, en ravin, et en lavaka. Pour le cas de l'érosion en masse comme le glissement de terrain, la classification des pentes et des altitudes se fait autrement. Quant à l'érosion en nappe, elle ne touche généralement que l'altitude basse.

Recommandation :

Comme solution de mesure répondant à la problématique de l'érosion hydrique dans la Région Alaotra, nous proposons une gestion des sols d'une part. Dans le critère du type de sol, nous avons constaté que c'est dans les sols ferrallitiques typiques rouges en phase érodée que l'érosion hydrique est le plus vulnérable. D'autre part, c'est le ruissellement qui conditionne tous les critères. Sur ce, des mesures antiérosives sont également proposées afin de lutter contre l'émotivité des eaux de ruissèlement. Enfin, pour les lavaka qui sont les stades élevées de l'érosion hydrique, il est suggéré une stabilisation.

VII.1 La gestion des sols ferrallitiques [24]

La fertilité chimique des sols ferrallitiques est basse. Les minéraux altérables sont rares ou absents et la rétention des cations par la fraction minérale du sol est faible.

Une gestion appropriée nécessite le maintien de la fertilité avec du fumier, du paillage (Fig .47), des jachères de durée suffisante, la pratique de l'agroforesterie et la protection contre l'érosion de surface. L'agriculture de subsistance sédentaire ou l'agriculture itinérante sur les sols ferrallitiques permettent la production d'une grande variété de plantes annuelles ou pérennes.

Le choix des engrais et le mode et calendrier de leurs applications sont déterminants pour la réussite des cultures sur les sols ferrallitiques. Des applications d'engrais phosphatés retard (roche phosphatée) de plusieurs tonnes par ha éliminent les carences en P pour plusieurs années. La solution rapide est l'usage de superphosphate double ou triple, bien plus soluble, qui sera appliqué en doses beaucoup plus petites, en particulier si elles sont au contact des racines des plantes.

VII.2 Les méthodes antiérosives

VII.2.1 Les méthodes mécaniques :

Les méthodes mécaniques (à titre correctif) font intervenir des engins mécaniques afin de modifier soit la longueur de la pente. Les méthodes mécaniques (terrasse, banquettes, billonage) peuvent être adaptées au bassin versant d'Alaotra. En prenant référence aux résultats expérimentaux des techniques antiérosives de la côte d'Ivoire que le pédologue Roose a entrepris, nous retrouvons les conditions similaires de facteurs d'érosion hydrique : Etant également dans un climat tropical humide pendant une longue saison, ayant comme types de sols ferrallitiques très érodables, et des variations de pentes et d'altitudes traduisant un relief accidenté. Ces méthodes tentent de limiter mécaniquement la longueur de la pente et d'augmenter l'infiltration. L'aménagement foncier avec bandes d'arrêt (fossés, bourrelets) permet de fixer un cadre cadastral à l'intérieur duquel il sera facile d'appliquer les techniques d'intensification de l'exploitation agricole tout en codifiant progressivement la topographie [25].

VII.2.2.1 Terrasses

Cette technique s'applique aux pentes moyennes à fortes, où la charge caillouteuse est importante. Les murs sont alignés suivant les courbes de niveau et dont l'espacement augmente quand la pente diminue (Fig.39).

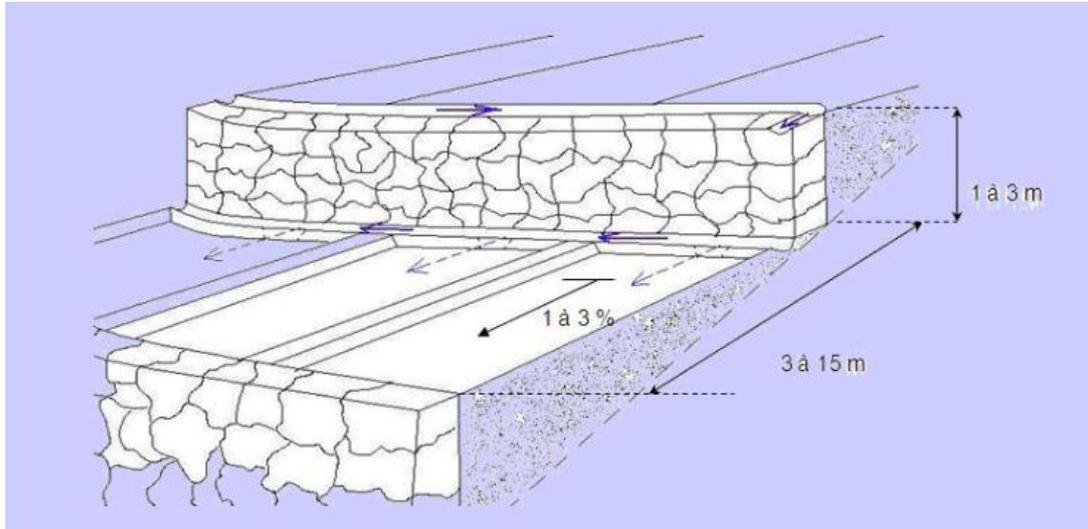


Figure.39 Schéma d'une terrasse

VII.2.2.2 Gradins en marche d'escalier

Ce sont la succession des terrasses. Ce sont des constructions qui arrivent à casser la pente. Ces terrasses tirent leur nom de la forme qu'elles donnent au versant lorsque celui-ci est totalement aménagé (Fig.40). Les successions de terrasses prennent en effet la forme d'un escalier ou de gradins. Ces terrasses, accrochées au versant, doivent s'adapter à la pente de celui-ci : lorsque la pente augmente les terrasses rétrécissent tandis que le mur (ou le talus) de soutènement prend de la hauteur. Les gradins permettent de cultiver des pentes très fortes. Mais cette technique est très coûteuse et n'est valable qu'en présence d'une population très dense.

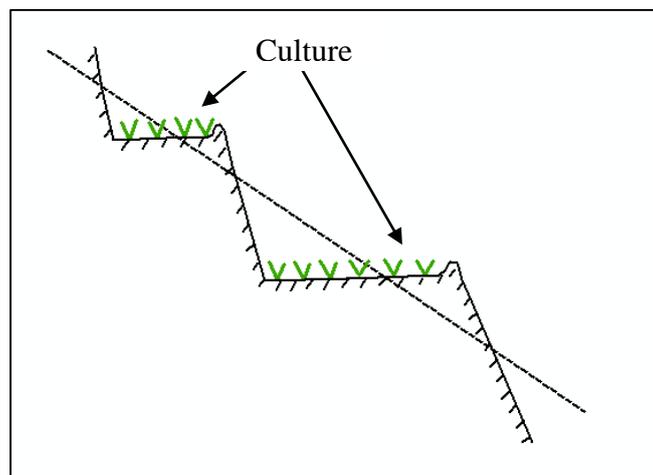


Figure.40 Gradins en marche d'escalier : Source [26]

VII.2.2.4 Banquettes

Ce sont des levées de terre de faible hauteur (0.50 m) établies selon les courbes de niveau. Elles sont généralement plantées par des arbres permettant de valoriser les surfaces marginales, de fixer les ouvrages et améliorer l'infiltration (Fig.41). Elles sont des petites terrasses horizontales, perpendiculaires à la ligne de la plus grande pente, dans le but est de remodeler une parcelle. Le talus à l'amont de la banquette dépasse rarement 1 mètre de haut. La largeur de la terrasse varie entre 0.5 et 2.5 mètres. S'il s'agit d'éléments de banquette, la longueur est comprise entre 4 et 10 mètres.

Les banquettes permettent d'utiliser certaines fortes pentes de 10 à 25 % en les divisant par une suite de fossés et d'ados en ne cultivant que la surface des fossés. Cependant, la construction des banquettes entraîne une perte de terre pour l'agriculteur équivalente à la surface du canal et du talus. Elles peuvent provoquer des glissements de terrain.

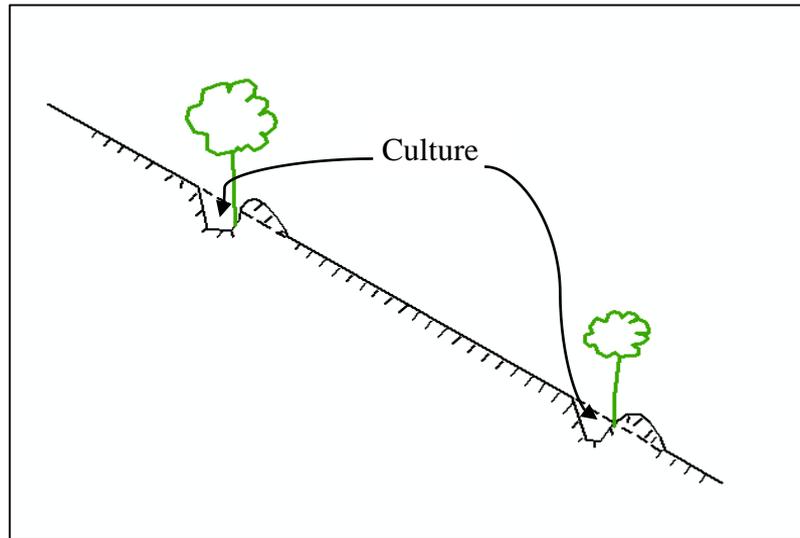


Figure.41 Banquettes : Source [26]

VII.2.2.5 Les fossés

Au lieu de retenir les eaux derrière une butte de terre comme dans la méthode des terrasses on creuse des fossés susceptibles d'absorber toutes les eaux de ruissellement (fossés de rétention) ou tout au moins de les diriger (fossés de diversion) vers un exutoire aménagé. Ces fossés sont creusés en amont du terrain à protéger pour intercepter les eaux de ruissellement. Ils sont enherbés. Les fossés sont construits, perpendiculairement à la plus grande pente, sur les versants pentus (40 à 60%) afin de valoriser les terres de montagne. Par leur disposition le long des courbes de niveau, ils permettent de réduire le ruissellement, améliorer le stockage d'eau dans le sol et favoriser la production fruitière (Fig.13). Le bourrelet également protège contre le ruissellement (Fig.42).

La méthode des fossés consomme des surfaces importantes et n'est bien adaptée qu'aux cultures arbustives. Elle provoque parfois des glissements de terrain sur les fortes pentes avec un plan de glissement à la base des profils.

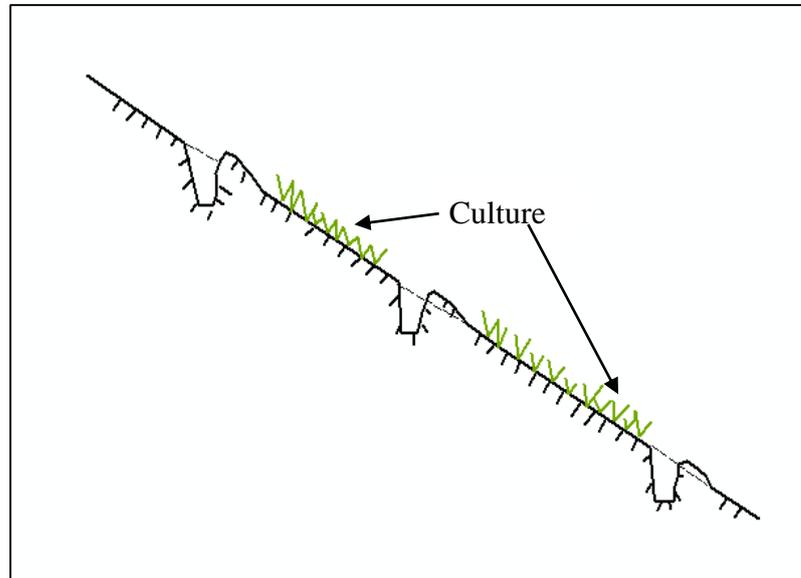


Figure.42 Fossé : Source [26]

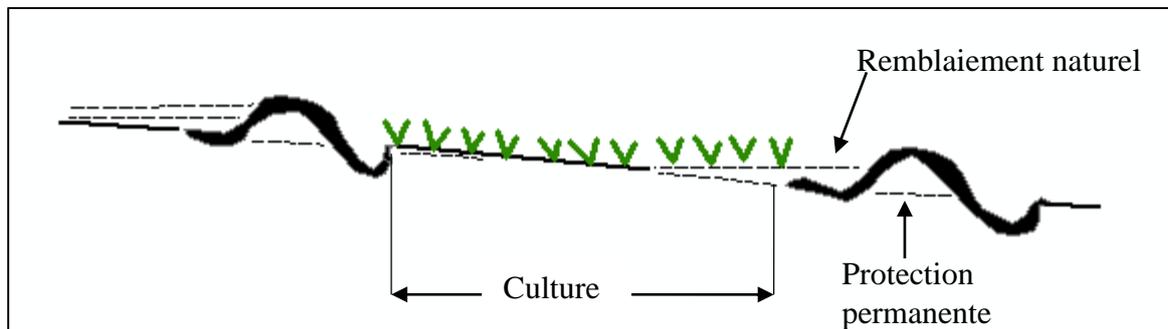


Figure.43 Bourrelet: Source [26]

VII.2.2.6 Cordons pierreux

C'est une technique de contrôle d'érosions construites avec des pierres en lignes le long du contour du terrain après que 10 à 15 cm de sol ait été creusé sur la ligne où ils doivent être construits. Cette dernière doit se situer une hauteur de 20 à 30 cm de la surface du sol et espacés de 20 à 50 m selon l'inclinaison du terrain (Fig.44).

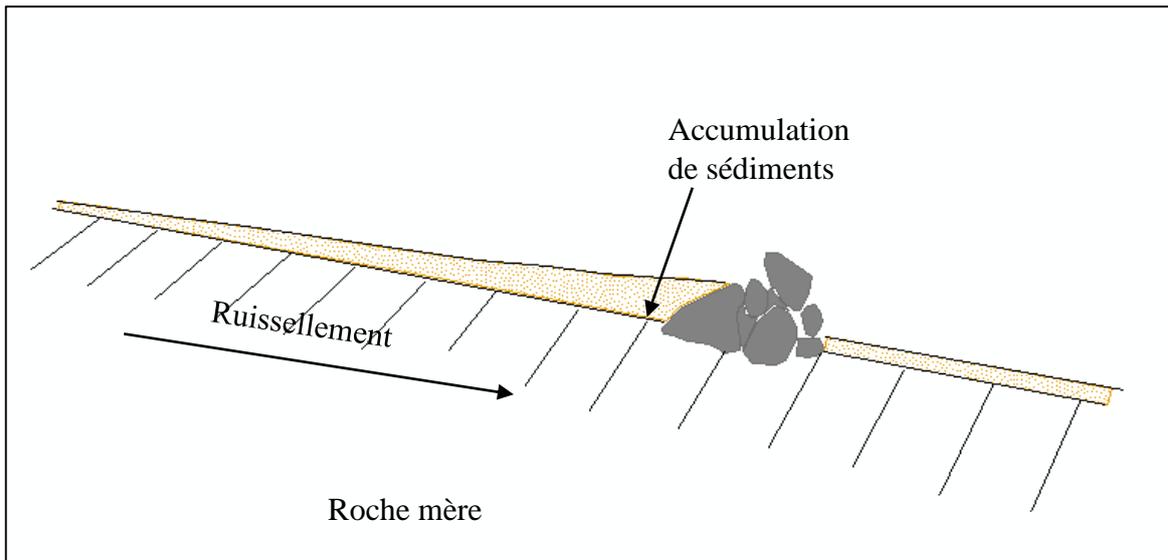


Figure.44 Cordons pierreux

VII.2.2.7 Billonnage

Les billons sont des petits cordons en terre: selon les courbes de niveau. Ils ont une hauteur comprise entre 0,2 et 0,4 m. Leur largeur à la base est variable, et peut parfois atteindre 0,9 m. Ils sont utilisés sur des pentes faibles. Ils sont généralement construits avec une pente très légère (2 à 3 %), qui permet l'écoulement d'une cuvette à l'autre. Il y a divers types de billons : des billons simples et des billons cloisonnés. Les billons cloisonnés sont des petites cuvettes de 2 à 10 m² entourées par des billons de terre. Les billons peuvent également être consolidés en pierres quand la parcelle se situe dans le lit d'un oued.

Ils donnent une rugosité au sol, ce qui facilite l'infiltration et ralentit le ruissellement. Ce type d'équipement sous forme de billons permet l'infiltration d'une quantité maximale d'eau : cela permet donc la culture de nombreuses espèces. Les espèces nécessitant un apport important d'eau sont cultivées dans les cuvettes, et les espèces les plus résistantes à la sécheresse sont semées sur les billons (le maïs par exemple) (Fig.45).

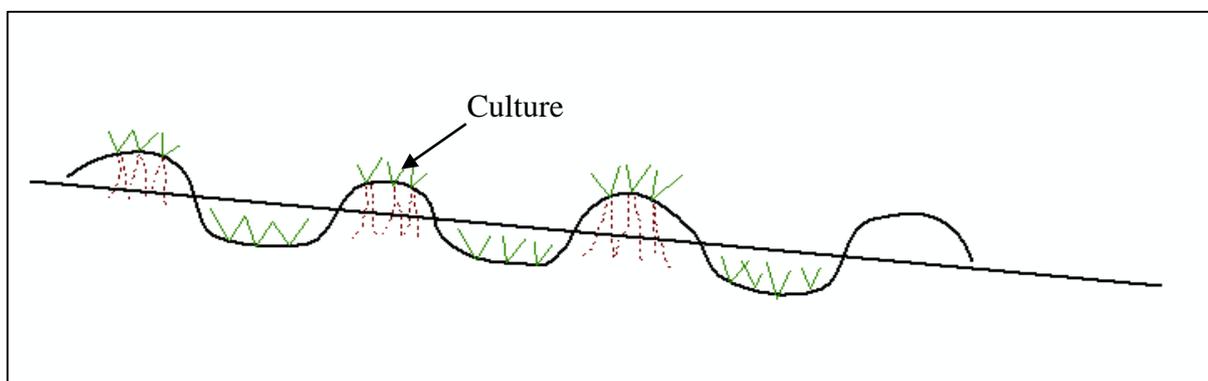


Figure.45 Billonnage

VII.2.2.8 Bandes alternées

La gestion des pentes a pour but d'intercepter ou freiner les ruissellements dans et entre les cultures et améliorer l'infiltration de l'eau. Cela revient à dire que l'eau ralentie d'autant plus que les parcelles sont étroites. Les cultures sujettes à l'érosion sont implantées entre les autres cultures.

La largeur des parcelles doit être de 15 à 40 mètres en fonction de la pente et du risque d'érosion (Fig.46). Il faut mettre en place des prairies temporaires ou permanentes dans les zones particulièrement inclinées (Fig.47).

Pente en %	Largeur des bandes	
	Zones soumises à un risque faible à moyen d'érosion	Zones soumises à un risque fort d'érosion
Jusqu'à 3	40m	25-30m
3 à 8	30m	20-25m
8 à 16	25m	15 à 20m
16 à 20	20m	15m

Figure.46 Les largeurs de la bande en fonction de la pente : Source [27]

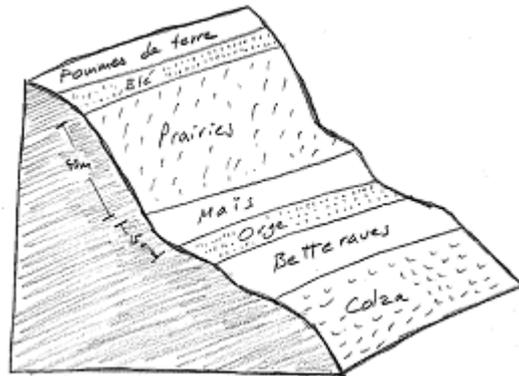


Figure.47 Bandes alternées : Source [27]

VII.2.3 Les méthodes biologiques [28]

VIII.2.3.1 Reboisement (à titre préventif)

La couverture végétale joue un rôle très important dans la lutte contre l'érosion. Pour la lutte antiérosive, le mode de plantation le mieux adapté est : la plantation suivant les courbes de niveau et en quinconce ; le mélange d'espèces et peuplement assez clairsemé entre les bandes pour laisser développer la couverture herbeuse.

La photo ci-dessous (Fig.48) a été prise en route vers fokontany Miaramanjaka, Commune Manakambahiny Andrefana, District Ambatondrazaka. Elle illustre un reboisement d'arbuste et d'aloès le long du versant en respectant l'espacement pour la couverture herbeuse.



Figure.48 Reboisement

Un reboisement dense en amont des tanety permettrait de diminuer le ruissellement de l'eau et l'érosion. Pour le reboisement sur les pentes adapté au bassin versant d'Alaotra, les espèces d'arbres à planter comme l'Eucalyptus Robusta, l'Eucalyptus Citriodora et le Grevillea sont les mieux adaptées.

VII.2.3.2 Le paillage

La technique peut être combinée avec toutes autres techniques antiérosives comme par exemple les cordons pierreux. Cette technique permet de récupérer des zones non fertiles dans le champ et elle est conçue pour toute terre à vocation agricole. Le paillage atténue les effets du changement climatique et de la plus grande variabilité des pluies; il améliore les propriétés physiques et chimiques du sol et redynamise l'activité biologique. La photo suivante (Fig.49) a été également prise dans la Commune de Manakambahiny Andrefana. En amont, nous pouvons voir un lavaka stabilisé couvert par des arbustes.

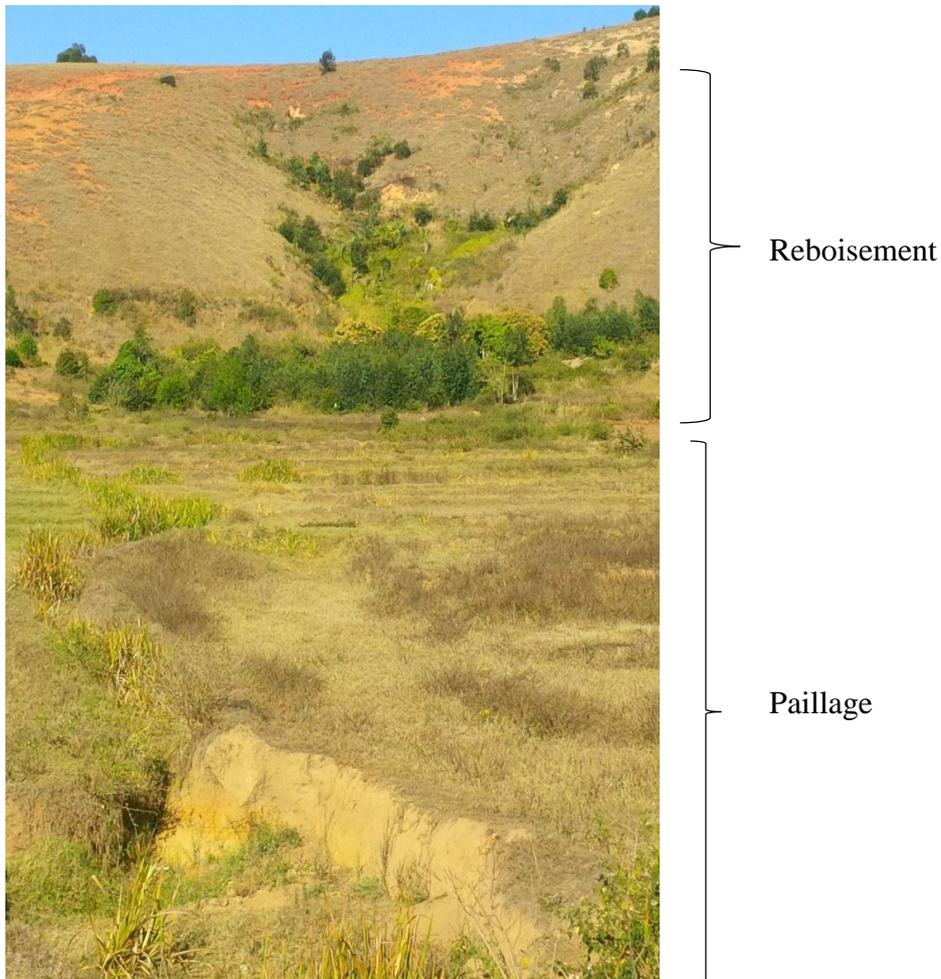


Figure.49 Paillage