

CHAPITRE VI : PROPOSITIONS DE MODELES D'AMENAGEMENT**6.1. Méthodes de lutte antiérosive**

Les méthodes de lutte sont variées :

- l'association des arbres aux cultures : ces arbres fruitiers ou forestiers fournissent l'ombrage nécessaire à certaines cultures, freinent la vitesse des vents, préservent l'humidité du sol. Leur litière protège le sol du choc des gouttes de pluies et freine l'érosion.
- Le maintien des résidus de récoltes sur les champs assure un paillage du sol qui le protège de la forte insolation de saison sèche et des effets néfastes du ruissellement.
- Le quadrillage de l'espace cultivé par des haies vives dont l'agencement délimite des chemins de circulation du bétail des abords. Elles freinent efficacement la course des eaux et piègent les transports solides. Par ailleurs, ces haies vives forestières brisent la vitesse des vents.

6.2. Disposition des billons sur une parcelle

La disposition des billons sur les versants en fonction de la pente

- Sur des pentes inférieures à 25 %
 - Des petits billons isohypses, de préférence cloisonnés, au sommet des collines sur des sols peu épais pour faciliter l'infiltration des eaux et éviter la formation du ruissellement.
 - Des billons cloisonnés en bandes tous les 5 mètres, à mi-versant sur les parcelles de polyculture. Les différentes bandes de 6 à 8 billons chacune, seront séparées par des haies vives fourragères. Entre 2 bandes contiguës, un sillon régulièrement paillé et interrompu vers l'aval par un petit cordon de pierres, canalise le ruissellement.
 - Des gros billons perpendiculaires à la pente à proximité des thalwegs sur des sols épais. Cette disposition évitera des risques de ravinement en cas de fortes averses.
- Sur des pentes supérieures à 25 % :
 - Des billons en bandes alternées vers le bas de versants tous les 5 mètres. Si la couverture pédologique est peu épaisse et riche en éléments grossiers, on évitera le billonnage dans le sens de la pente car les associations culturales dans ce cas sont très réduites et le sol est presque nu en période de fortes averses.

L'édification de petits cordons de pierres disposés dans le sens des courbes de niveau à mi-chemin entre les haies vives et de préférence au travers du passage des eaux, ils réduiront la vitesse du ruissellement et partant, freineront l'érosion des sols. Ils seront construits à l'aide des cailloux que les paysans rassemblent en petits tas dispersés sur les parcelles de cultures.

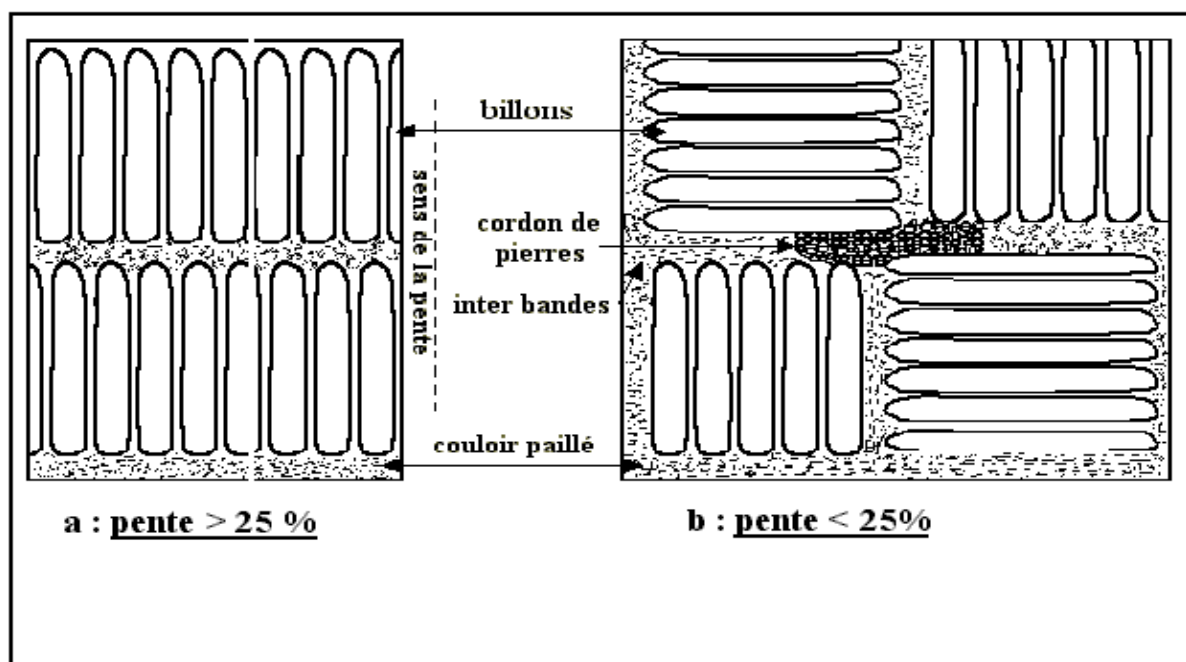


Figure.96 : Orientation et disposition des billons sur une parcelle

6.3. Pratiques antiérosives aux champs

Il s'agit de techniques culturales mises en œuvre exclusivement pour réduire le ruissellement et les dégâts d'érosion :

→ La culture en courbe de niveau

Il s'agit simplement de pratiquer les techniques culturales selon les courbes de niveau. Ce faisant, on oriente la rugosité du sol due aux mottes et aux petits creux, on les oriente perpendiculairement à la pente de telle sorte que l'on ralentit au maximum la nappe d'eau qui pourrait ruisseler.

En effet, plus la pente est raide, moins la rugosité peut stocker d'eau. Une variante consiste à alterner des cultures en bandes isohypses, de façon à cumuler l'effet précédent avec des rotations de cultures plus ou moins sensibles à l'érosion.

6.4. Couvert végétal et les techniques culturales

Quelles que soient la pente, les techniques culturales et l'agressivité climatique, 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 sur celle de tous les autres facteurs.

C'est donc aux méthodes biologiques favorisant ce couvert qu'il faut s'intéresser en priorité pour assurer la meilleure production et la conservation du sol avant de penser aux

aménagements antiérosifs classiques lesquels sont généralement peu rentables, difficiles à entretenir et parfois même d'efficacité rarement démontrée.

Les techniques culturales de type mécanique peuvent aider à réduire temporairement les risques d'érosion.

Le travail du sol augmente temporairement l'infiltration, mais en même temps, la détachabilité et l'érodibilité du sol.

Il n'en reste pas moins qu'un effort sérieux reste à faire pour mettre au point des techniques culturales rentables, réduisant la quantité d'intrants, réellement adaptées aux cultures et aux conditions écologiques.

4.5. Protection des fossés et des ruisseaux

Une grande quantité de sédiments dans l'eau provient souvent des berges des fossés et des ruisseaux. Les berges non protégées continuent de s'éroder, rongant peu à peu les terres agricoles. L'intérêt grandissant pour la protection des eaux de surface et des eaux souterraines dénote l'importance de cette ressource. La protection des berges des fossés et des ruisseaux peut faire l'objet de certaines mesures, tout comme l'eau qui y circule. Un débit trop élevé et le passage de la machinerie ou du bétail peuvent concourir à l'érosion des berges. Des débits concentrés peuvent former des rigoles ou des ravines à leur arrivée dans un cours d'eau. On stabilise généralement les berges de ruisseaux et de fossés à l'aide d'un des éléments suivants : colonne de descente, chute enrochée, zone tampon, protection des sorties de canalisations de drainage souterrain ou tube collecteur.

Il faut éviter que le bétail n'ait accès aux cours d'eau : le clôturage constitue souvent une bonne solution. Des ponts, des ponceaux ou des passages constituent certaines des solutions qui s'offrent pour le déplacement en toute sécurité de la machinerie et du bétail.

6.6. Abandon d'une terre fragile

Il arrive à l'occasion que l'on ne puisse lutter contre l'érosion dans un champ ou l'une de ses parties. L'érosion peut être trop grande ou le champ peut présenter également d'autres problèmes qui le rendent moins rentable pour la culture ou en font une ressource moins durable. Les parcelles de terre fragiles comprennent entre autres les secteurs près des ruisseaux, des lacs et des terres humides, qui peuvent être inondés ou d'autres parcelles soumises à une érosion grave. Ces parcelles de terre ne devraient plus faire partie de la zone productive ; elles devraient plutôt être consacrées au pâturage ou au reboisement.

6.7. Méthode de lutte contre l'érosion linéaire

6.7.1. Lutte contre le ruissellement et l'érosion linéaire

La mise en place d'un programme anti-érosion est assez complexe, elle ne peut se faire sans adhésion de nombreux partenaires (agriculteurs, ingénieurs, élus, techniciens, chercheurs...).

Les principes qui peuvent être retenus pour limiter efficacement l'érosion sont :

- identifier d'abord les différentes zones suivant les processus dominants, tant du point de vue de la formation du ruissellement que de l'érosion elle-même.

- protéger le sol contre l'impact des gouttes de pluie
- retarder et réduire la formation d'un écoulement superficiel : augmenter la capacité d'infiltration et de capacité de stockage
- accroître la protection et la résistance des zones où les conditions morphologiques peuvent favoriser l'incision
- réduire les capacités de détachements et de transport du ruissellement en limitant sa vitesse et sa concentration.

Les solutions se situent donc à plusieurs niveaux. Dans les parcelles agricoles, elles sont à mettre en œuvre par les agriculteurs eux-mêmes, conseillés par les organismes professionnels. Hors des parcelles agricoles, elles relèvent d'une gestion collective, mise en œuvre avec l'aide des directions départementales de l'agriculture et de la forêt, s'il s'agit du domaine rural, et des directions départementales de l'équipement, s'il s'agit de protéger le domaine urbain.

Deux types de mesures complémentaires pourront ainsi être mis en place :

- des mesures agronomiques
- des mesures hydrauliques

6.7.1.1. Mesures agronomiques

Ces mesures sont à mettre en place car nous avons constaté au niveau du périmètre qu'il n'y a pas eu de véritable plan de lutte sur les terrains agricoles ; seules les cultures suivant les courbes de niveau ont été appliquées mais suivies de la part des agriculteurs.

Pour atténuer cela, nous formulons plusieurs recommandations d'une part pour protéger les terres agricoles contre les effets de l'érosion et d'autre part pour améliorer et intensifier la production.

• Aux champs

L'adaptation des techniques culturales et du couvert végétal peuvent réduire le volume de ruissellement issu du champ. Le labour profond permet un meilleur enracinement, un meilleur stockage de l'eau en profondeur et donc un meilleur développement du couvert végétal, lequel entraîne une baisse significative de l'érosion et du ruissellement.

Une autre technique consiste au contraire à ne jamais laisser nue la surface du sol, à travailler le sol au minimum et toujours localement sur la ligne de semis. Là aussi les eaux s'infiltreront par les macro pores créés par la méso faune et ainsi une très faible érosion. Là où les vers de terre et les termites sont présents, ils vont consommer la litière déposée à la surface du sol, creuser des macro pores et maintenir une excellente infiltration.

a- Le paillage et le non déchaumage

Le paillage permet de lutter efficacement contre l'impact des gouttes de pluie (effet splash). Il constitue un rideau protecteur et crée une rugosité de surface qui divise et ralentit la lame d'eau de ruissellement, les pertes en terre sont ainsi considérablement réduites.

b- Favoriser l'infiltration de l'eau

Pour favoriser l'infiltration, il faut maintenir le sol poreux en surface et créer des obstacles ou des barrages au ruissellement.

1- Travail du sol

Les différentes façons culturales induisent des états de surface qui conditionnent la rugosité du sol, son système de porosité et l'état de tassement. Le travail du sol intervient donc à la fois sur le stockage de l'eau en surface et le régime d'infiltration. L'influence des opérations techniques sur la formation et le volume du ruissellement mérite la plus grande attention.

2- Préparation des lits de semences

Conserver un maximum de rugosité à la surface du sol permet de retarder et limiter l'apparition du ruissellement.

Un sol très motteux réduit le ruissellement par rapport à un sol nu.

Pour laisser des mottes en surface lors des travaux de préparation du lit de semence, certaines conditions doivent aussi être respectées :

- le travail doit s'effectuer sur un sol bien ressuyé
- il faut limiter les passages et regrouper les outils.

On pourra employer pour cela :

- des versoirs qui n'émiettent pas le sol
- des outils à dents vibrantes pour des sols à moins de 18 % d'argile.

3- Binage

Cette opération a pour principal objectif de lutter contre les adventices. Elle permet de briser la croûte de battance et de restituer ainsi une certaine capacité d'infiltration au sol. Mais en même temps, le binage ameublisse le sol et facilite ainsi l'entraînement des particules par le ruissellement. Du point de vue de l'érosion, l'effet du binage peut être bénéfique si la dégradation de surface est importante et si les risques d'averses violentes sont faibles.

4- Sens du travail du sol

Un travail en travers de la pente peut, dans une certaine mesure :

- retarder l'apparition du ruissellement en augmentant la rugosité dans le sens de la plus grande pente,
- ralentir l'écoulement en diminuant la pente de son lit.

5- Travaux du sol après la récolte

On suggère en général d'effectuer un travail du sol le plus tôt possible après les récoltes pour redonner au sol une capacité d'infiltration. Les choix et les modes d'utilisation des outils sont importants pour fragmenter la surface et créer un modelé rugueux. L'emploi des déchaumeuses à soc permet d'obtenir une surface de sol rugueuse et hétérogène, ce qui permet un stockage efficace des excès d'eau. Par contre, les outils à dents ou à disques ne permettent pas d'obtenir un stockage aussi efficace mais maintiennent d'avantage de résidus en surface.

6. Rotation des cultures

La rotation des cultures sur une même parcelle permet de réduire l'érosion. Elle agit sur la résistance du sol :

- les apports humifères
- l'action des différents systèmes racinaires sur la structure du sol.
- Le travail du sol

6.7.1.2. Mesures hydrauliques

Les mesures agronomiques donnent des résultats appréciables, mais souvent insuffisants. La question de la maîtrise du ruissellement déjà formé demeure. Elle relève d'un traitement hydraulique.

L'objectif des mesures hydrauliques est de contenir le ruissellement à l'échelle d'un paysage restauré dans ses fonctions hydrauliques régulatrices. Sur l'étendue d'un bassin versant affecté par du ruissellement et du ravinement, il s'agit de s'assurer de la maîtrise du réseau hydraulique de surface. Les remèdes relèvent des techniques classiques du génie rural, les principes sont les suivants :

- limiter la concentration du ruissellement
- organiser l'écoulement des eaux

Limiter la concentration du ruissellement

Différentes ouvrages existent pour retenir l'eau au moins temporairement, dès l'amont du bassin versant, de manière à limiter les débits de pointe, éviter l'incision des zones de concentration est le cas échéant, provoquer la sédimentation des matières solides (Auzet. V, 1990).

a) Les plis

La technique s'inspire de celles des banquettes, dont l'objectif est surtout de diminuer les longueurs de ruissellement en créant des obstacles. Les plis de faibles dimensions sont mise en place à l'intérieur des parcelles et peuvent être cultivés.

b) Les diguettes

Elles sont mises en place en limite de culture et d'exploitation ou sur les chemins d'exploitation.

c) Les talus

Ils ont d'abord un effet sur la topographie, puisqu'ils réduisent les pentes des terres cultivées situées en amont. Ils freinent l'écoulement de l'eau, diminuant ainsi sa capacité de transport et provoquent la sédimentation d'une partie des matières solides.

En réduisant la vitesse, ils allongent les temps de circulation, permettant ainsi à une partie de l'eau de s'infiltrer. Ils peuvent correspondre à des affleurements du sous-sol, à une accumulation de la terre transportée par le travail du sol et par le ruissellement et / ou à des anciennes limites.

Une haie favorise l'infiltration du fait de son système racinaire. La végétation buissonnante permet en outre d'armer le talus. Mais les haies présentent également d'autres avantages : brise-vent, refuge biologique, aspect esthétique, production de bois.

6.7.2. Fixation biologique des petites ravines

L'activité des petites ravines est très variable en fonction du stade de dégradation atteint. Si la végétation ligneuse constitue encore une armure défendant les bas-fonds, mais que celle-ci donne localement des signes de faiblesse, convient simplement d'accorder une importance aux mesures préventives et de réduire le développement agricole dans les bas-fonds. Par contre, une fois que la ravine a commencé à inciser, il faut restaurer l'équilibre rompu.

On peut distinguer deux objectifs pour ces types d'aménagement.

- l'objectif principal sera généralement l'amélioration de la productivité agricole ou forestière par la mise en valeur des atterrissements créés derrière chaque seuil dans le bas fond. Comme les phénomènes torrentiels sont peu importants, cet atterrissement a souvent un potentiel productif élevé. A mesure que la terre s'accumule en amont du seuil, on peut y planter toutes sortes d'arbres fruitiers (exemple poiriers, pommiers, abricotiers, noyers, ou peupliers, frênes, etc.) ou bien des espèces vivrières exigeantes en eau.

- le deuxième objectif est la réduction du débit solide et la régularisation des écoulements. Il concerne surtout les secteurs situés en aval de la zone traitée. Compte tenu des conditions écologiques et du matériel végétal disponible, l'accent doit être mis sur le traitement biologique des petites ravines.

Dans le cas du périmètre des oueds Taria et Saïda l'espèce choisie est l'*Acacia cyanophylla*.

Lorsque le ravinement est déjà trop avancé, la technique consiste à construire un petit seuil en pierres sèches avant la plantation des ligneux. Ce seuil crée par son atterrissement un milieu favorable à l'installation des plants. Par ailleurs, il étale la nappe d'eau s'écoulant dans la ravine lors des crues et aide le seuil végétal à mieux résister à l'arrachage-.

Lorsque les pierres sont rares elles peuvent être remplacées par des sacs de récupération remplis de terres et protégés par une petite couche de cailloux au de ciment ou simplement de terre surtout s'il agit de sacs plastiques dont la dégradation est accélérée par l'exposition aux rayons du soleil.

Ces seuils en pierres ou en sacs de terre ont un rôle provisoire, la végétation du seuil biologique prenant ensuite le relais pour maîtriser le ravinement. Il n'est pas nécessaire de leur donner une hauteur importante : 50 cm à 1 m de hauteur à la cuvette doit suffire, mais ils devront avoir une forme en « V », concentrant l'écoulement dans l'axe de la ravine.

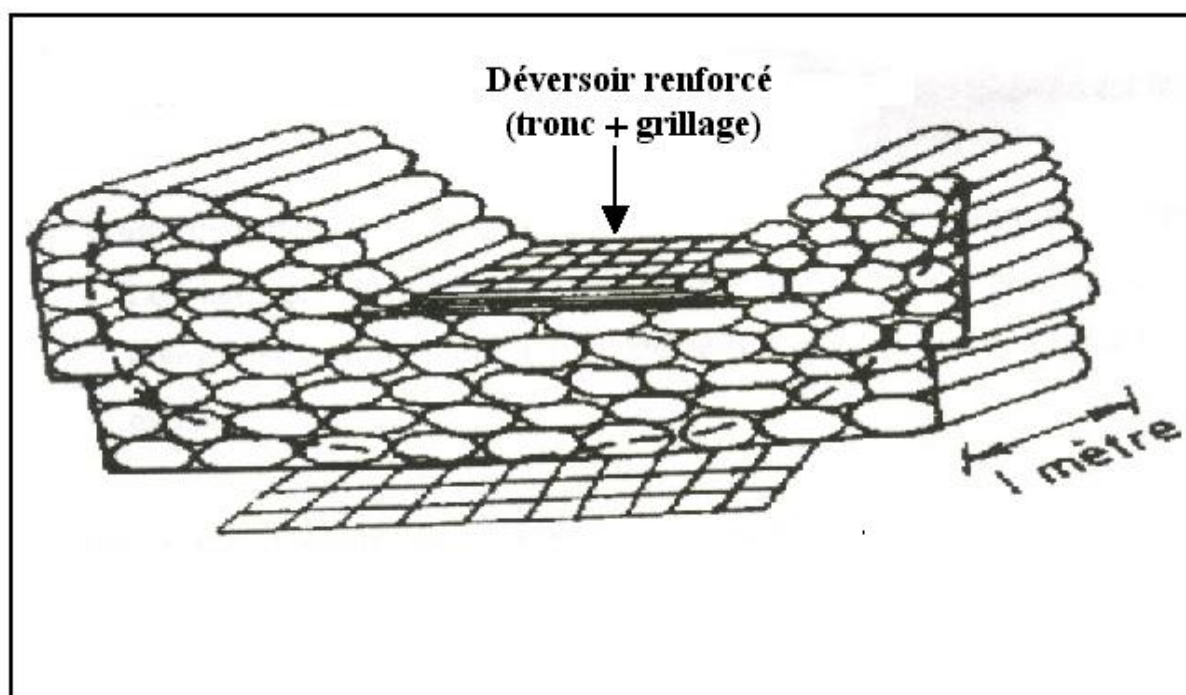


Figure. 97 : Sacs plastique 100cm de long, 60cm de large, épaisseur 1 mm

Une fois ces petits ouvrages construits, il convient de veiller à leur entretien.

- réparation des points faibles du seuil par plantation complémentaire,
- addition d'un filtre en résidus végétaux,
- prévention du contournement de l'ouvrage en installant une végétation protectrice le long des berges renforcées,
- prévention de l'affouillement en l'aval en limitant la hauteur de l'ouvrage et en installant certaines espèces à son pied : agaves et espèces fourragères à forte développement.

Généralement, cet entretien ne peut être assuré par les agents de l'état. Les paysans peuvent en assurer l'entretien au cas où ces seuils ont un impact suffisant sur la productivité agricole du bas fond.

6.7.3. Les grosses ravines torrentielles

Dans les grosses ravines à fonctionnement torrentiel le barrage de correction torrentielle est l'outil de base de l'aménageur.

L'aménagement peut avoir deux objectifs:

- 1- Stabiliser le profil en long de la ravine dans les secteurs où la tendance est au sur creusement. Ces ouvrages retiennent surtout la partie du versant qui serait peu à peu descendue dans la ravine (par sapement de berges et par glissement). Ils arrêtent l'érosion régressive au niveau de ravine ainsi traitée.
- 2- Retenir les sédiments dans les sections en transit où l'incision est faible.

Les principes généraux de l'aménagement de grosses ravines sont les suivants :

- les barrages doivent avoir une grande durée puisque la végétation ne pourra pas venir prendre immédiatement le relais se sera des ouvrages en dure. En gabions
- la végétation joue un rôle important même si les barrages sont ici la parie centrale de l'aménagement. La végétalisation des atterrissements, sauf dans la partie centrale du canal laissée libre pour faciliter l'écoulement de crue.
- Les ouvrages doivent s'appuyer les uns sur les autres, l'écartement étant calculer en tenant compte de la pente de compensation, c'est a dire de la pente observée au fond du ravines sur le terrain où l'on ne constate ni arrachement ni sédimentation. Un écartement trop important où la destruction d'un ouvrage compromet à terme la stabilité de tous les ouvrages supérieurs.

La construction des gabions a été effectuée selon le schéma de la figure ci dessus. Il est donc économiquement plus rentable de déterminer l'écartement entre les ouvrages de telle façon que le risque d'affouillement soit minimisé.

Les travaux de la correction torrentielle décrits constituent une technologie à la fois coûteuse et fragile. Le coût est lié à l'emploi de matériaux durables (gabion) et à la nécessité de dimensionner largement les ouvrages pour leur permettre de résister aux diverses contraintes et risque (chocs de gros blocs, cisaillement des berges instable, renversement sous la pression de l'eau, affouillement, contournement, etc.).

La fragilité provient de ce que la destruction d'un ouvrage provoque souvent la ruine des ouvrages situés en amont sous l'effet de l'érosion régressive.

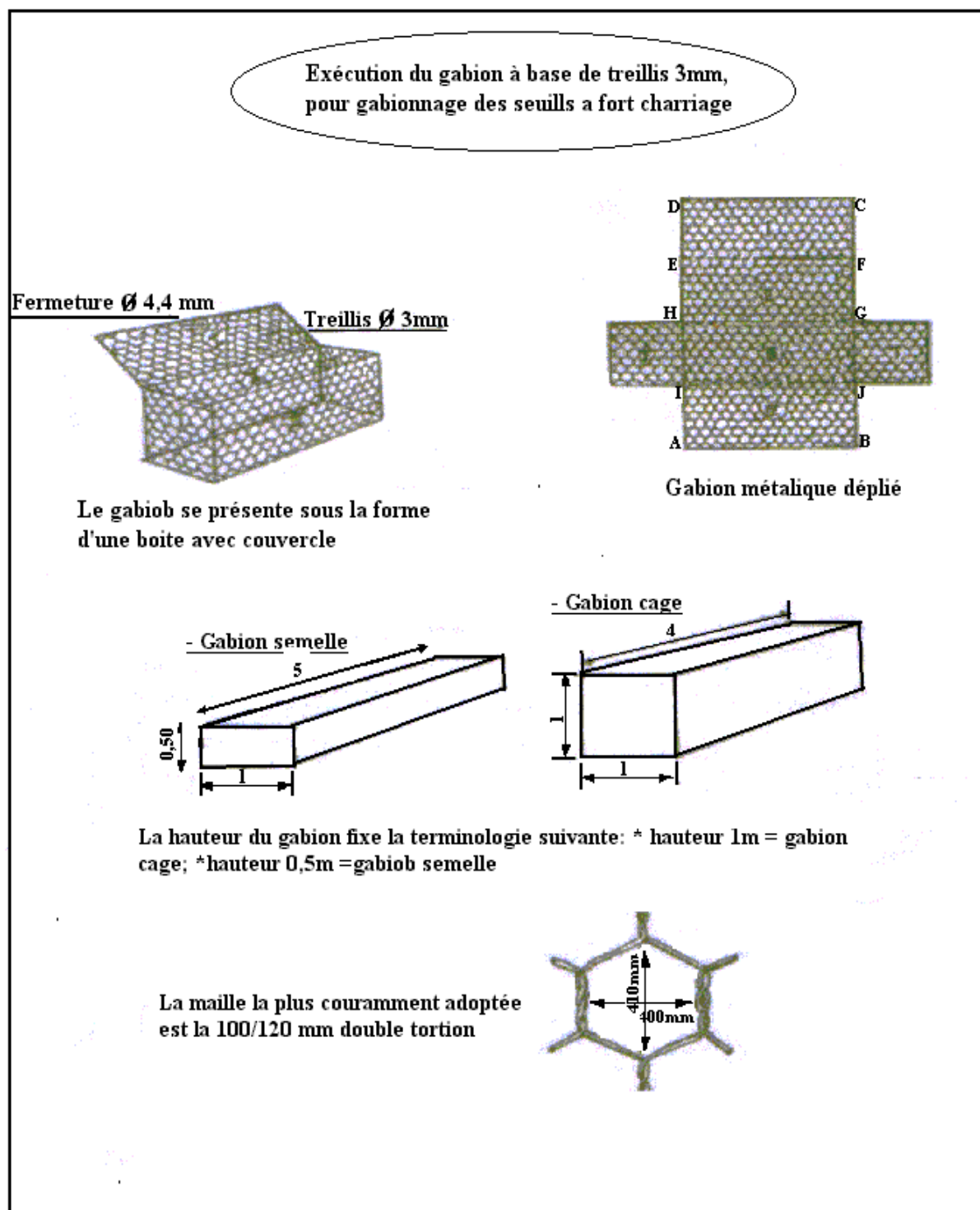


Figure. 98 : Exécution de gabion à base de treillis 3 mm

6.7.4. Traitement des ravines moyennes par gène mécanique et biologique

Lorsque les petites ravines se sont dégradées suffisamment pour qu'il ne soit plus possible d'installer directement des barrages biologiques mais que le stade de ravinement torrentiel n'est pas encore atteint, il faut alors utiliser successivement des seuils pour fixer les fonds et ensuite une intervention biologique.

C'est à l'utilisation de la végétation que l'on doit la stabilisation de ces ravines. Il s'agit d'une part de fixer les sédiments dès qu'ils se sont déposés grâce à des herbes à rhizomes qui suivent progressivement l'élévation des sédiments, l'usage de lignes continues serrées d'arbustes sur les flancs de la ravine permet de recentrer les écoulements. D'autre part, dès qu'un volume suffisant de terre est rassemblé, on peut planter en bordure de la ravine, des grands arbres produisant du fourrage, des fruits ou du bois qui vont stabiliser les versants. Sur les flancs des ravines, il sera souhaitable de rechercher les espèces les mieux adaptées et les plus productives. En bordure de ravine, une ligne d'arbres peut aussi servir à isoler ce milieu qui reste toujours fragile.

Dans le cas de ces ravines petites et moyennes il est possible de développer une exploitation végétale intéressant les paysans. Ceux-ci pourront donc être formés à la maintenance de ce système de fixation et de correction des ravines et valoriser, par la même occasion, la production de fourrage, de fruits et de bois.

6.7.5. Valorisation des aménagements des ravines

Le coût de la correction torrentielle et de l'aménagement des ravines est très élevé, il ne se justifie que s'il existe en aval des barrages, des logements, des mots ou des ouvrages importants à protéger.

Mieux vaut prévenir que guérir et ne pas attendre que les sols soient profondément dégradés pour tenter de réduire le ruissellement et l'érosion dès qu'ils se forment sur les champs-en mettant au point des systèmes de production couvrant bien le sol.

6.8. Lutte contre les mouvements de masse

Les méthodes de lutte contre les mouvements de masse sont généralement coûteuses et délicates. Contrairement à la lutte contre l'érosion en nappe ou l'érosion linéaire, il s'agit bien souvent d'éviter que les eaux de pluie ne s'infiltrant dans le sol, n'alourdissent la couverture pédologique et n'atteignent rapidement le plan de glissement. Pour ce faire, on draine le sol en surface pour évacuer le ruissellement vers des zones non dangereuses, généralement les zones convexes d'un versant.

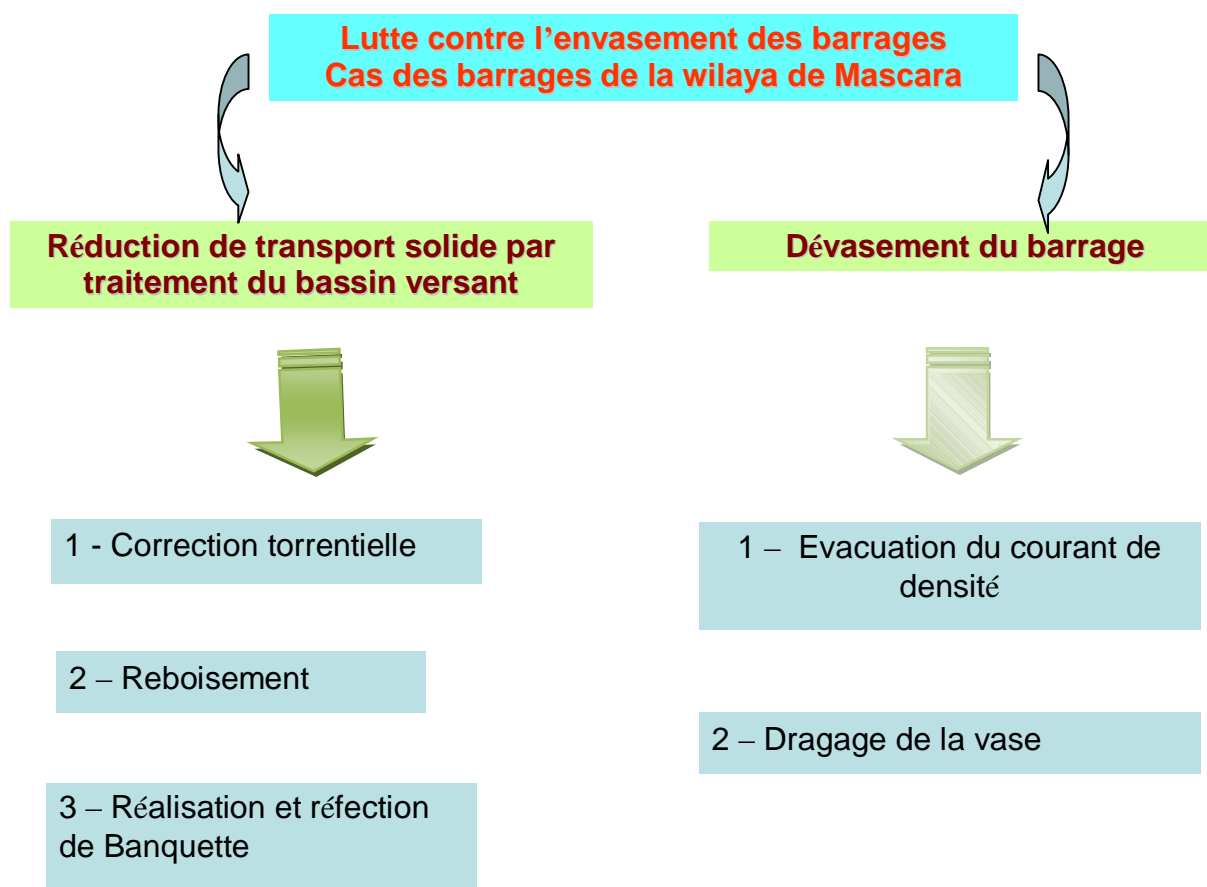
Une autre méthode consiste à assécher le terrain en augmentant l'évapotranspiration des plantes ; par exemple, en plantant des eucalyptus ou d'autres plantes qui ont un pouvoir évaporant important.

Il faut cependant éviter que ce végétal n'atteigne des poids trop considérables. Il faut donc maintenir à la fois des arbustes sur le bord des champs et d'autre part, si l'on a introduit des

plantations arborées, il faut les gérer en taillis, c'est-à-dire garder le matériel végétal très jeune dans un état où l'évapotranspiration est élevée et produit le maximum de biomasse. Il n faut pas conserver des arbres de très haute taille sur des versants où les risques de glissement sont élevés. Lorsque le plan de glissement est situé proche de la surface du sol, on peut admettre que les racines des arbres exercent une forte résistance mécanique au cisaillement de la couverture pédologique. Par contre, si la surface de glissement potentiel est trop profonde et hors de portée des racines, cette résistance des racines ne joue plus et on peut même penser que la surcharge des versants par la masse boisée risque de faciliter le glissement.

De plus, les vents, en transmettant des vibrations au sol par les arbres, joueraient un rôle néfaste qui risque de former des fissurations du sol et donc de favoriser localement l'infiltration des eaux ruisselantes jusqu'au plan de glissement. Il faut favoriser des essences à croissance rapide et à enracinement pivotant et éviter les coupes à blanc qui détruisent toute l'armature de racines dans la couverture pédologique au même moment. Le boisement pourrait agir non seulement par l'action mécanique de son enracinement qui augmente la résistance au cisaillement, mais aussi en modifiant la teneur en eau du sol.

6.9. Lutte contre les Transports solides dans les barrages



10. Conclusion

La lutte contre le ruissellement et l'érosion s'avère plus complexe que prévue. D'une part, les processus de dégradation des terres sont nombreux et le référentiel technique est loin d'être adapté à la diversité écologique du monde : on applique trop souvent des recettes sans connaître leur efficacité antiérosive, leur faisabilité, ni leur rentabilité. D'autre part, les implications sociologiques et économiques sont nombreuses et mal perçues : les problèmes fonciers et la sécurité des investissements, les objectifs et les priorités des paysans, la disponibilité en terre et en main-d'œuvre, les possibilités de valoriser les produits agricoles et d'améliorer le niveau de vie, la santé, etc.

La simple conservation des sols ne peut satisfaire la plupart des paysans car elle ne valorise pas immédiatement le travail supplémentaire qu'elle demande. La majorité des terres sont déjà si pauvres, si dégradées, que même si on maîtrise correctement les pertes par érosion, la productivité de la terre et du travail reste médiocre. Or, la population double tous les quinze à trente ans ! Le défi à relever est donc de doubler la production en dix ans pour rattraper la progression géométrique de la population. La conservation des sols ne suffit pas il faut en restaurer la fertilité pour valoriser au plus tôt le travail investi.