Guide pratique des principales techniques de lutte contre la Désertification

Tunis, 2017

Observatoire du Sahara et du Sahel © 2017

Guide technique pour la lutte contre la désertification/ Abdessalem Kallala. _ OSS : Tunis, 2017. _ 44p.

INTRODUCTION

C'est dans une conception exclusivement pratique que ce document a été accompli. Il est le fruit d'un travail d'analyse et de compilation de plusieurs études élaborées par des institutions compétentes dans le domaine de la conservation et de la restauration des eaux et du sol dans les régions arides et semi-arides.

Depuis l'adoption de la convention des Nations Unies de lutte contre la désertification en 1996, plusieurs autres organisations internationales, sous régionales et nationales ont engagé des actions de recensement et de valorisation des bonnes pratiques et des techniques traditionnelles de lutte contre la désertification dans les régions arides, semi-arides et subhumides sèches .

Une grande partie de ces efforts a été consacrée à l'amélioration des méthodes de protection des ressources naturelles en vue d'obtenir une meilleure production sans risque de compromettre la pérennité des terres agricoles qui constituent la source vital de l'être humain.

Pour traiter convenablement cette question, Il s'avère vitale, de distinguer entre la dégradation naturelle/ normale et la dégradation accélérée / anthropique des ressources naturelles fragiles. C'est au niveau de cette dernière que nous devons, d'une part, agir pour réduire/ éradiquer les formes de détérioration dues aux mauvaises pratiques basées sur l'exploitation irrationnelle de ces ressources et d'autre part, utiliser les diverses catégories des terrains selon leurs potentialités physiques.

Pour atteindre l'objectif assigné et établir l'équilibre naturel souhaité, il s'avère nécessaire de procurer les connaissances adéquates des techniques et des pratiques permettant l'obtention d'une forte production de ces terres agricoles tout en pérennisant leurs capacités physiques et économiques.

La conservation des eaux et du sol qui est à la fois, une technique et une pratique, constitue, à présent, un outil indispensable pour lutter contre le réchauffement climatique et les sècheresses ainsi que pour atténuer les effets néfastes de ces phénomènes qui menacent sérieusement tous les écosystèmes.

Ces techniques sont destinées à assurer la gestion intégrée et adéquate de nos ressources naturelles souvent fragiles et aussi à aménager les terres agricoles menacées par la désertification sous toutes ses formes (ensablement, érosion hydrique , salinisation) .

Par ce guide, l'Observatoire du Sahara et du Sahel souhaite apporter sa contribution à l'effort de la communauté scientifique œuvrant dans ce domaine. Il consiste à présenter des pratiques de lutte contre la désertification simples et efficaces à l'usage des techniciens et des praticiens en s'inspirant des connaissances traditionnelles cumulées au fil des années.

En se basant sur le concept fondamental du développement durable qui consiste à répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures ce guide comprend des suggestions pratiques destinées à améliorer les façons culturales avec des techniques simplifiées permettant la protection et le renforcement de la production des terres, or ce développement ne peut être durable que par :

- le renforcement de la résilience de la population vulnérable des régions arides et semi-arides contre les changements climatiques
- l'amélioration des conditions de vie des communautés concernées.

Ces fiches des différentes techniques qui ne sont ni exhaustives, ni absolues, ont été, choisies à partir des nombreuses pratiques développées et testées dans des régions arides et semi arides de la zone d'action de l'OSS. De même, le présent document se veut une première version évolutive qui peut être complétée par d'autres techniques de Lutte Contre la Désertification.

De tous les dons de la nature, aucun n'est plus indispensable à l'homme que le sol[1]

[1] Source : Département de l'Agriculture des Etats-Unis, Manuel de conservation du sol, Washington D.C, 1950 Page 1

Fiches Techniques

Fiche n° 1

Noms de l'ouvrage

En français : banquette / terrasse

En Anglais : banch / Terraces

Définition : les baquettes sont des ouvrages de petite hydraulique formés d'un canal creusé et d'un remblai en ados. Confectionnés perpendiculairement à la pente, ces ouvrages favorisent l'infiltration de l'eau dans le sol afin d'en accroître la fertilité et limiter l'érosion en cassant la pente du terrain. Les successions de terrasses prennent, en effet, la forme d'un escalier ou de gradins.

Les banquettes mécaniques d'infiltration partielle, bien placées et bien construites, contribuent au ralentissement de l'érosion linéaire au niveau des petits bassins versants et stockent les eaux de surface sur les exploitations (comme des micro-barrages collinaires). Elles peuvent rester fonctionnelles au-delà de 15 ans, dans la zone semi-aride de 250 à 400 mm de pluie annuelle moyenne. Elles peuvent devenir un lieu d'intensification de l'agriculture grâce à la concentration et à la valorisation du ruissellement. Il existe deux types de banquettes :

- en courbes de niveau : Banquette de rétention totale,
- avec une faible pente longitudinale uniforme de 1 à 2%, inclinée vers un ravin aménagé servant d'exutoire : Banquette d'écoulement.

Objectif : en sa qualité d'ouvrage de petite hydraulique, la baquette est destinée à réduire la longueur des pentes et à intercepter le ruissellement de surface avant qu'il n'atteigne la vitesse érosive. Ces ouvrages sont conçus pour :

- Prévenir la formation des griffes et de l'érosion en nappe dans les terres de céréaliculture,
- Créer un micro climat favorable à l'arboriculture tout au long de l'ouvrage,
- Guider les labours des terres parallèlement à celles-ci selon les courbes de niveau , chaque sillon deviendra un obstacle à l'extension de l'érosion,
- Permettre l'assolement et la rotation des cultures.

Dimensionnement : Les banquettes mécaniques sont destinées, principalement, aux terres profondes et perméables ayant une pente de 5 à 20%. Elles peuvent être d'une rétention totale avec une pente longitudinale de nulle (0%). Dans ce cas on doit veiller à la répartition égale des eaux de ruissellement tout au long de la banquette et éviter de façon significative sa concentration d'une partie de la banquette. Par ailleurs, les banquettes à rétention partielle dispose d'un fossé d'une pente longitudinale ne dépassant pas le 1%. Cette banquette déverse dans un ravin préalablement aménagé par des seuils en des pierres sèches (exutoires) en vue d'éviter le ravinement au point d'attache entre la banquette et l'exutoire.

Il convient de respecter le dimensionnement du corps de l'ouvrage selon le tableau ci-dessous en évitant des banquettes ayant une hauteur de plus de 1 m. Pour l'écartement entre deux ouvrages, il faudrait tester des formules empiriques utilisées à cette fin en prenant en compte :

- La fréquence des pluies décennales de la région à aménager,
- la structure et la texture du sol, et de sa profondeur (déconseillées sur un sol argileux),
- la rugosité du sol
- l'occupation actuelle des terres
- la pente et du relief du terrain à aménager.

La banquette comprend, en général, 3 éléments :

1. le fossé : de largeur maximal de 5 mètres, reçoit les eaux de ruissellement de l'impluvium (inter-banquette), ayant une pente entre 0 et 1%
2. le talus amont et aval de 2/3
3. la zone de l'impluvium à l'aval et proche du bourrelet qui pourrait recevoir un appoint d'eau par drainage à travers le bourrelet lors des grosses averses.

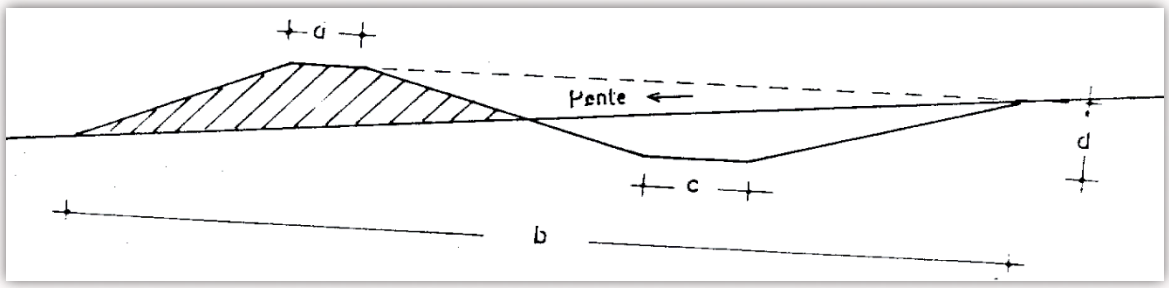
Longueur des banquettes : La longueur maximale d'une banquette dépend, étroitement, de la nature du sol :

- pour des sols peu perméables, elle ne doit pas excéder 300 m
- pour des sols de moyenne perméabilité, elle est de 400 m
- pour des sols de forte perméabilité, elle est de 500 m à 600 m

Pour éviter le ravinement du canal, (fossés) de la banquette à rétention totale, on doit installer des petites diguettes en terre perpendiculaires au corps de l'ouvrage.

Le profil d'une baquette

Pente en %	Valeurs en m				surface de la section en m²
	a	b	c	d	
1à 5	0,90	9	0,90	0,8	1,12
5 à 9	0,90	8,5	0,90	0,8	0,95
10 à 12	0,60	8	0,60	0,80	0,85
plus de 13	0,6	6	0,60	0,80	0,75



Banquette à rétention partielle dans un terrain de grande culture et des jeunes plantations Fruitières.

Ecartement entre deux banquettes : L'écartement est calculé selon la pente du terrain. En général, les formules de SACCARDY sont utilisées pour définir cet **écartement**. Ces formules ne s'appliquent pas aux marnes, aux argiles fluentes et aux sables sans cohésion.

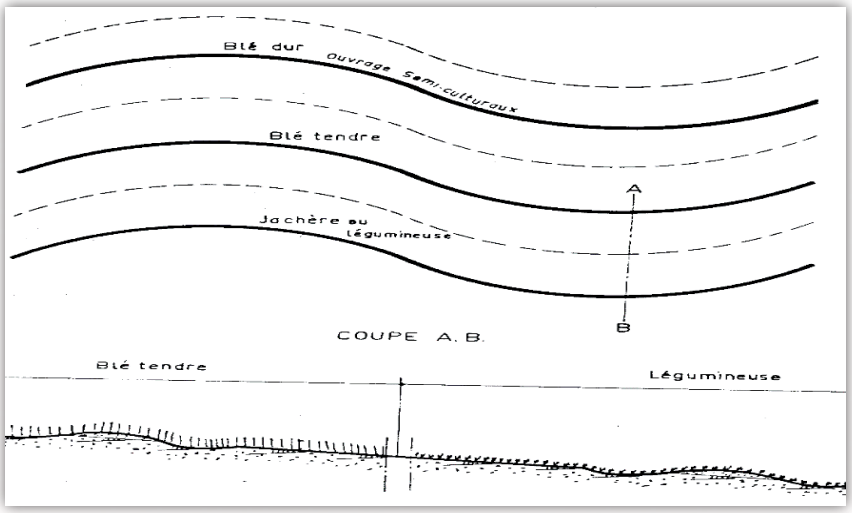
Action d'accompagnement. Pour assurer la durabilité de ces ouvrages conçus, souvent, pour les terrains de grande culture, il convient de les consolider par des plantations fruitières ou fourragères. Ces plantations peuvent contribuer à la valorisation économique de ces ouvrages.

Inconvénients. Ces banquettes réduisent de 10% la surface agricole de la parcelle. Sur un sol peu profond, le bourrelet de l'ouvrage consomme le

PENTE DU TERRAIN EN %	FORMULE APPLIQUÉE	Différence de niveau entre deux banquettes	Distance horizontale entre deux banquettes (mètres)	Densité du réseau à l'hectare (mètres)	Surface traitée pour 1000 mètres de banquettes (hectares)
3		2,00	67	149	6,70
5		2,35	47	212	4,70
10		3,00	30	333	3,00
12		3,15	26	384	2,60
15	$\frac{H^{\circ}}{P} = 260$	3,40	23	434	2,30
20		3,70	19	523	1,90
25		4,00	16	625	1,60
30		4,37	14,5	689	1,45
35		4,72	13,4	746	1,34
40		5,05	12,60	793	1,26
45		5,36	11,90	831	1,19
50		5,65	11,3	884	1,13
55		5,92	10,70	934	1,07
60		6,19	10,3	970	1,03
65		6,44	9,99	1010	0,99
70	$\frac{H^{\circ}}{P} = 64$	6,63	9,50	1050	0,95
75		6,72	8,96	1114	0,896
80		7,15	8,93	1119	0,893
85		7,36	8,60	1162	0,86
90		7,58	8,40	1190	0,84
95		7,79	8,20	1219	0,82
100		8,00	8	1250	0,80

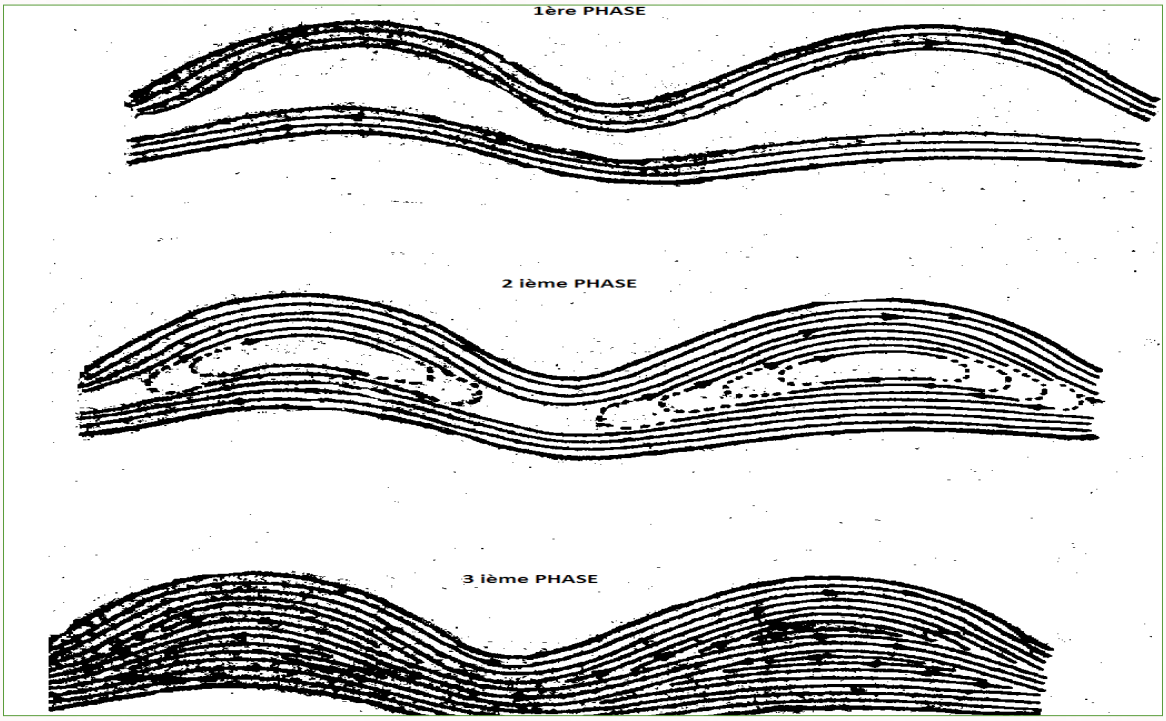
sol agricole arable décapé de l'inter-banquette. Cela réduit, énormément, le rendement des terres aménagées.

Pour résoudre ce problème, une autre technique a été développée. Il s'agit des bandes enherbées installées selon les courbes de niveau en appliquant l'assolement en bande alternée sur ouvrage semi –cultural. Cette technique appelée douce a donné pleine satisfaction surtout sur le terrain ayant une faible pente homogène. Ces bandes, installées perpendiculairement à la pente du terrain, vont servir comme ligne directrice pour le labour.



Aspect économique : le coût de 100 mètres linéaires d'un réseau de banquette mécanique est compris entre 200 et 300 dollars US. Ces banquettes sont, généralement, confectionnées à l'aide d'un bulldozeur en commençant toujours par l'amont du terrain à aménager.

Aspect physique : la durée de vie moyenne d'une banquette est de 10 ans de même plus si l'entretien est assuré durant toute l'année. Les banquettes serviront de lignes directrices pour le labour selon les courbes de niveau. Cela réduit, amplement, l'érosion en griffe.



Aspect social : La banquette est souvent contestée par les agriculteurs du fait qu'elle réduise la surface agricole et ralentisse la circulation des engins agricoles (charrues). L'augmentation du temps passé pour le labour d'un terrain aménagé par rapport à un terrain non aménagé est estimée à 50%.

Par ailleurs, La perte du terrain due aux aménagements physiques des banquettes de 5 m de large, est estimée à 5000 m^2 par km^2. Cette perte est de 6000m^2 par km^2 pour les bandes enherbées de 6 m de large.

Fiche n° 2

Noms de l'ouvrage

En français : Brise-vent ou rideau

En Anglais : Windbreak

Spécificités physiques du vent

Les vents dominants constituent un phénomène érosif doté d'une forte énergie capable de causer des dégats aux infrastructures et à l'agriculture. Ils sont aussi un facteur néfaste d'épuisement des terres agricoles et des zones urbaines et oasiennes des écosystèmes arides et semi-arides .

Généralement, l'érosion éolienne est plus dangereuse que l'érosion hydrique notamment dans les régions sèches soumises aux vents chauds qui soufflent à une vitesse remarquable sous forme de tempête sableuse.

L'action du vent ne se traduit pas seulement par le transport de particules de terre mais aussi par d'autres actions qui encombrent la croissance et le développement des cultures ce qui diminue, par conséquent, la production agricole.

Pour remédier à ce phénomène, plusieurs techniques ont été mises au point, dont la plus importante est celle du brise-vent.

Définition

Ces brise-vents sont des rideaux biologiques vivaces composés d'arbres et d'arbustes plantés autour des terres agricoles, le long des routes et des cours d'eau, en bordure ou à l'intérieur des parcelles agricoles, conçus pour ralentir l'effet érosif des vents surtout pendant les périodes où les sols sont nus dépourvus des cultures annuelles.

les brise vents contribuent à la protection des cultures et des sols contre l'érosion éolienne, la rétention de l'humidité, la création d'un microclimat favorable à la production agricole, l'amélioration de l'habitat faunique et l'embellissement du paysage.

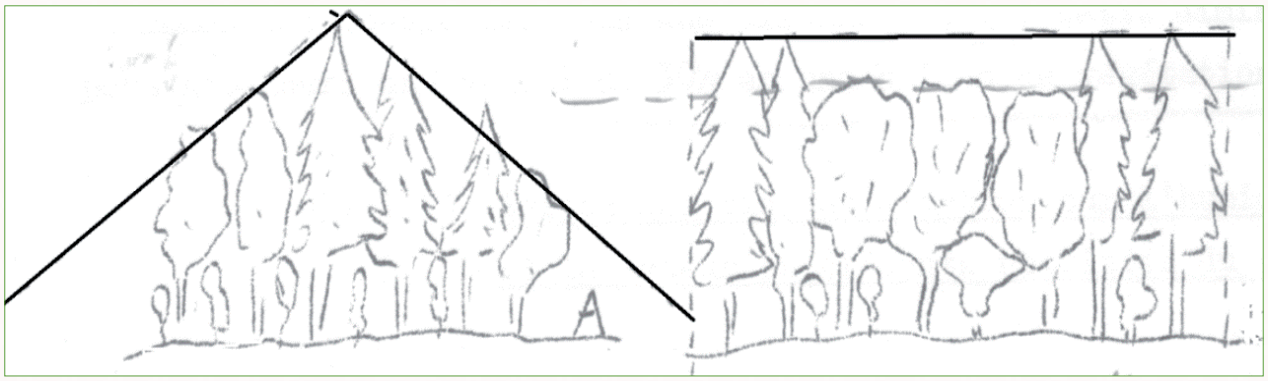
Les actions de lutte contre l'érosion éolienne.

Les rideaux d'arbres (haies vives) installés, perpendiculairement, à la direction des vents dominants diminuent les actions nuisibles des vents et favorisent la croissance des cultures en créant un mini climat sur les terrains protégés.

Les expériences menées, ont montré que les rideaux d'arbres (brise-vents) réduisent sensiblement la vitesse et l'intensité du vent. La valeur de cette réduction dépend, étroitement, de la hauteur, de la perméabilité et de la densité du brise-vent.

Le brise -vent protège de 5 à 7 fois sa hauteur devant la prise vent et de 20 à 30 fois de sa hauteur derrière le brise-vent. Selon la formule suivante : Distance à protéger = $2,5\ H^2$.

Les expériences ont montré que si la culture à protéger est assez basse, un brise -vent de moyenne intensité est préférable, mais si la culture dépasse ½ H du brise -vent, il est préférable d'installer une haie vive assez dense pour mieux protéger la culture. Pour les arbres fruitiers, il s'avère préférable de mettre en place un brise-vent assez dense.



La forme d'une section d'un rideau d'arbre (brise vent)

La largeur, la densité et la forme de la section transversale du brise-vent, jouent un rôle important dans la réduction de la vitesse du vent.

Il est préférable de donner au rideau une forme de toit avec des arbres hauts sur les rangés extérieures. Le premier brise-vent doit être planté à l'extrême ouest de la parcelle, et les autres brise-vents doivent être répartis de manière à diviser le périmètre agricole en sections égales.

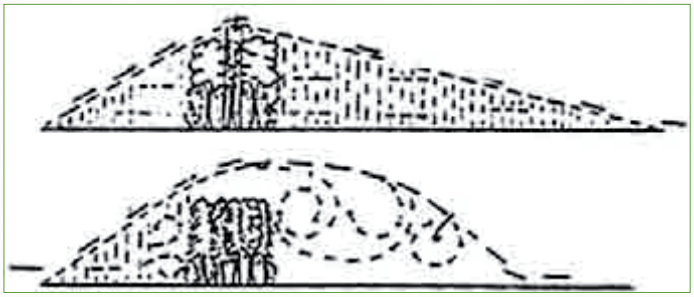
Les rideaux diminuent la température de 2 à3 degrés dans les régions arides de la zone à protéger et augmentent l'humidité de l'air dans une proportion non négligeable qui peut être de 8%. Ils et permettent ainsi la formation de rosées et la diminutionn de 30% de l'évaporation causée par le vent.

Ces rideaux d'arbres empêchent le brassage et le transport des particules du sol en réduisant la vitesse du vent et améliorant, de 30 à 60%, la structure du sol par la matière organique (humus).

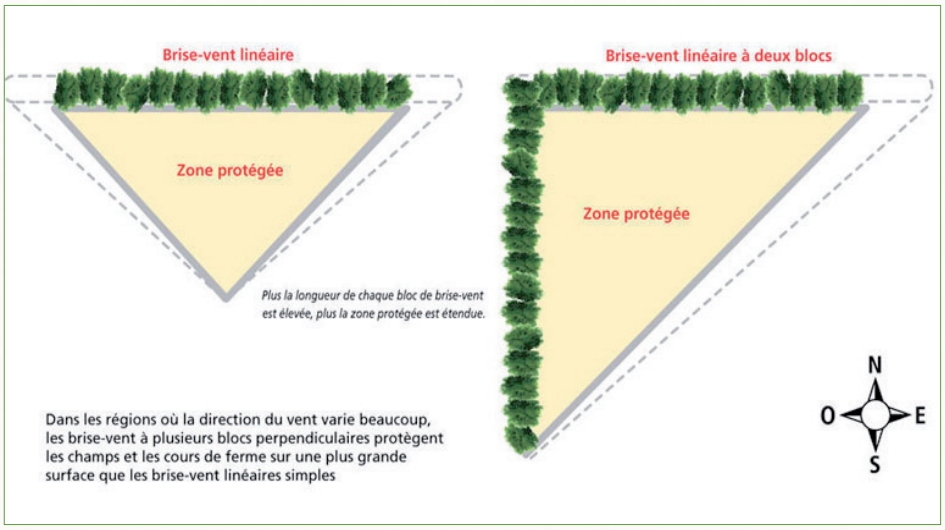
En réduisant la vitesse du vent, ces rideaux diminuent les effets mécaniques et physiologiques nuisibles à la végétation et améliorent, par conséquent, la croissance et le développement de la culture ainsi que la quantité et la qualité des récoltes des parcelles protégées.

Pour remplir efficacement son rôle, le rideau doit avoir une perméabilité au vent de 30 à 40 pour cent, afin de freiner sa vitesse sans provoquer, dans la zone sous le vent, le phénomène tourbillonnaire.

Rideau perméable : pas de tourbillons



Rideau trop dense presque imperméable : tourbillons dangereux pour la culture.



(Source: Centre technique forestier tropical, 1989)

Action d'accompagnement. Les arbres du brise-vent devront être bien entretenus. Les meilleures espèces utilisée sont : le Cyprès , le Casuarina, l'Eucalyptus spp., l'Acacias spp.

Dans les pays du circum-Sahara, les brise-vents sont constitués, en général, d'espèces agro-forestières comme l'Acacia, ou de haies vives d'Euphorbia balsamlifera, Commiphera africana (plantés sous forme de boutures), Leptadenia, Tamarix articulata et Bauhinia reticulata.

Toutes ces espèces fournissent un type de couvert végétal résistant à la sécheresse et au vent.

Cependant, il s'avéré important de choisir des espèces à usage multiple ayant une forte capacité de croissance, une bonne élasticité et un système radiculaire assez développé.

Inconvénients : Les brises vents sont, fréquemment, utilisés pour nidifier les oiseaux locaux ou migrateurs qui se ravitaillent de ces parcelles protégées.

D'un autre côté, le système racinaire des brise vents constitue une source de nuisance pour ces périmètres agricoles. Ils réduisent d'environ 10% la surface agricole des parcelles protégées.

Pour ces inconvénients, certains agriculteurs sont défavorables aux brises vent. Pour surmonter cette difficulté, on doit établir, en avance, une planification qui permettra d'éviter ou de réduire la concurrence des arbres du brise- vent aux cultures des parcelles protégées.

Aspect économique : L'exploitation du brise-vent, constitué d'arbres à usage multiple, peut procurer aux populations des revenus directs (bois de chauffe, fruits, perches, fourrage, pharmacopée, rituels, etc.) ou indirects par l'augmentation du rendement agricole.

L'augmentation du rendement des cultures et le maintien de l'humidité des zones protégées compensent, partiellement, la perte de terrain due à l'installation de brise-vent.

Le coût de 100 ml de haie vive qui varie selon les caractéristiques de l'ouvrage et la disponibilité des matériaux utilisés, peut être compris entre 300 et 350 USD.

Aspect physique : la durée de vie de ces rideaux est illimitée à condition qu'ils soient, constamment, et soigneusement, entretenus.

Aspect social : Malgré les inconvénients évoqués, les brise-vents sont devenus indispensables pour assurer la bonne protection des périmètres irrigués dans les régions arides, semi-arides et sub humides sèches.

Fiche n°3

Nom de l'ouvrage

En français : cordon/ murette en pierres sèches

En Anglais : stone contour walls

Définition : Le cordon est un ouvrage de petite hydraulique constituté des pierres sèches déposées en ligne le long des courbes de niveau des terrains de parcours. Cet ouvrage permet, à la fois, le ralentissement du ruissellement de pluie sur le terrain en pente et la rétention des matériaux en suspension charriés par l'eau. Progressivement ces codons se colmatent jusqu'à leurs sommets, forment des terrasses qui favorisent le développement du couvert végétal.

Les cordons, jouent un rôle d'obstacle qui casse la vitesse des eaux de ruissellement et ce en réduisant ses forces dynamiques et hydrostatiques.

Les principaux critères de choix techniques d'implantation de cet ouvrage sont :

- La disponibilité des pierres sèches,
- La présence d'une semelle peu profonde, sous forme d'une croûte ou d'un encroutement calcaire,
- Une pente modérée et homogène du terrain.

Généralement, ces ouvrages sont confectionnés dans les parcours dégradés et pierreux.

Dimensionnement : la hauteur limite des cordons doit être entre 60 et 100 cm. La paroi avale du cordon doit être inclinée vers l'avant. Les pierres doivent être déposées selon une pente inverse de celle du terrain afin d'éviter leur glissement sous la poussée des terres cumulées progressivement en amont. La fondation du cordon doit présenter une contre bande vers l'amont d'environ 10%.

L'écartement entre deux cordons dépend de la pente du terrain. Il doit être bien calculé pour éviter l'effet des fortes pluies qui engendrent un ruissellement assez fort. Cet écartement peut être calculé par la formule de SACCARDY utilisées pour l'écartement entre les banquettes.

Mode d'exécution des cordons : Souvent, la confection des cordons est précédée par un travail de sous solage selon les courbes de niveau qui matérialisent le tracé des cordons. Il faut fournir la quantité suffisante de pierres pour l'implantation des cordons. Les lignes décroutées serviront de zones de dépôt des matériaux fins charriés entre deux cordons.

Cette action permettra la création d'un micro climat favorable à l'extension d'une plantation fourragère composée des graminées pérennes à gosses touffes (ampelodesma mauritania et hyparrhenia hirta, cactus inerme). Ces plantations comprennent des milliers d'unités fourragères.

Entretien : En vue d'assurer la pérennité de ces aménagements, il s'avère nécessaire d'assurer son entretien. On doit procéder au rehaussement de ces ouvrages une fois que l'atterrissement atteint la crête de l'ouvrage.

Longueur des cordons : La longueur maximale d'un réseau de cordon ne doit pas dépasser 500 m. Toutefois, il convient de prévoir des ouvertures de 2 m qui serviront d'exutoire confectionné en quinconce sur les codons et aussi un passage pour le cheptel qui pâture ces parcours aménagés.

Ecartement entre deux ouvrages : L'écartement est calculé selon la pente du terrain en appliquant la formule de SACCARDY. Il est déconseillé d'installer des cordons aux sols marneux, argileux fluents et sableux sans cohésion.

Distance entre deux cordons

Pente du terain en %	Distance entre 2 cordons en mètre	Superfice traitée pour 1000 m de cordon en ha
3	67	6,70
5	47	4,70
10	3026	3,00
15	23	2,60
20	10	1,90
25	16	1,60
30	14,5	1,45

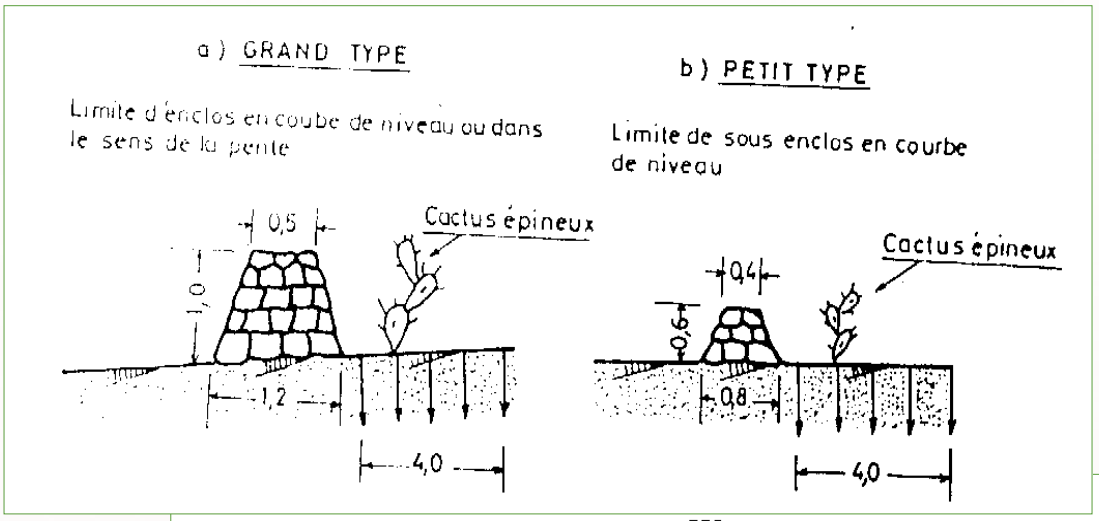
Action d'accompagnement. Pour assurer la durabilité de ces ouvrages conçus pour les terrains de parcours, il convient de les consolider par des plantations fourragères. Ces plantations peuvent contribuer à la valorisation économique des parcours aménagés .

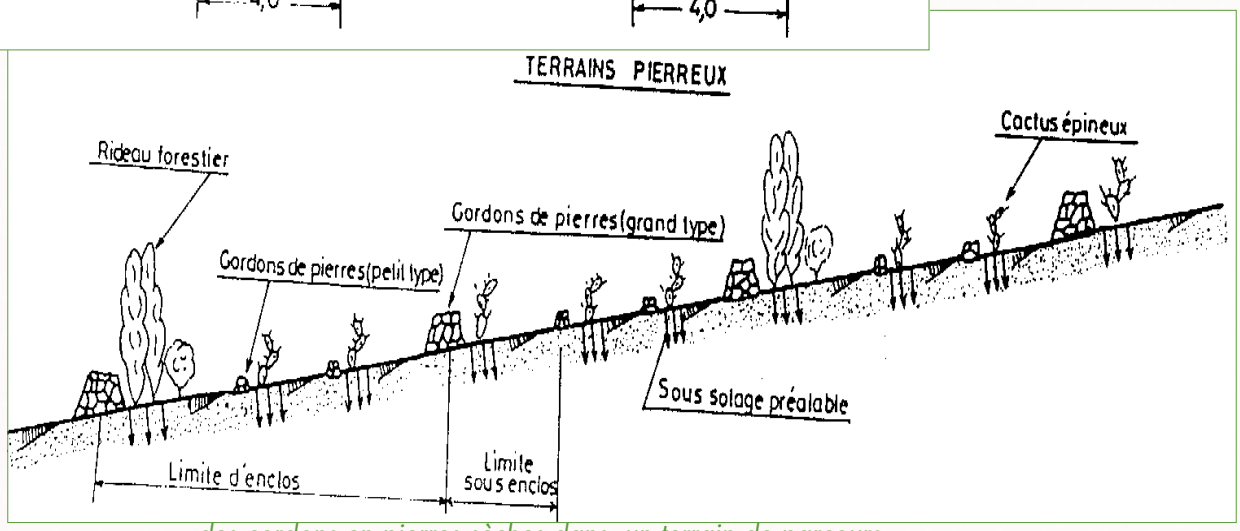
Inconvénients. Ces cordons réduisent d'environ 10% la surface du terrain mais ils augmentent la densité du couvert végétal de ces parcours.

Aspect économique : Le coût de 100 mètres linéaires d'un réseau de cordon en main d'œuvre est compris entre 200 et 250 dollars US. Avec le sous solage mécanique ce coût peut atteindre 500 Dollars US/ 100ml.

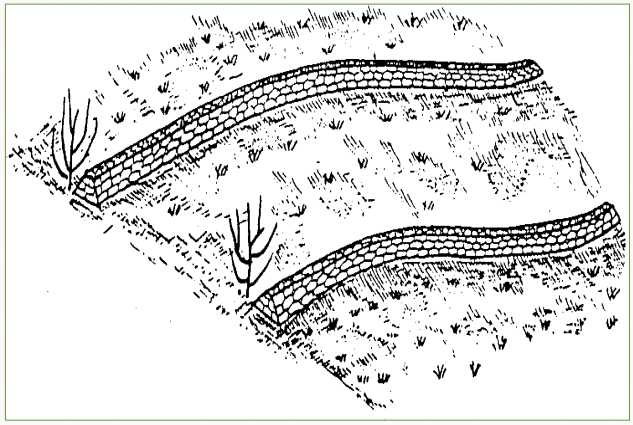
Aspect physique : La durée de vie des cordons est de 10 ans.

Aspect social : Les cadons sont souvent contestés par les agriculteurs du fait qu'ils ralentissent le mouvement du cheptel à l'intérieur des parcours. La perte de terrain due aux aménagements physiques des cordons ou des murettes de 1 m de large, est estimée à 1000 m² par km².





Confection des cordons en pierres sèches dans un terrain de parcours



Aménagement type d'un traçai de parcours par les cordons en pierres sèches

Des cordons en pierres sèches dans une région aride de moins de 100 mm de pluie /an des plantations consolidées par de pin d'Alep, Matmata, Tunisie

Fiche n°4

Noms de l'ouvrage

En français : cuvettes individuelles ou ados.

En Anglais : Individual bowls.

Morphologie et Spécificités physiques du milieu.

Les cuvettes sont conçues pour les zones arboricoles des régions arides et semi-arides , ayant un sol léger assez profond et un relief modéré.

On est, quelquefois, amené à envisager des travaux de protection contre l'érosion dans des terrains d'olivier, de figuier, d'amandier etc… plantées anarchiquement sans respecter les courbes de niveau.

Dans ces terres, aucun ouvrage, autre que la cuvette, ne peut être confectionné du fait que les travaux de défoncement profond ou de rootage, risquent de couper les racines et d'entrainer le dépérissement des arbres.

Définition :

Les cuvettes sont des ouvrages de petite hydraulique typiques aux terrains d'arboriculture des régions aride et semi-aride. Elles sont des morceaux de banquettes (micro banquette) ou de digue en terres à dénivelée variable qui s'adaptent aux circonstances.

Elles sont confectionnées en intercalaire entre les lignes d'arbres fruitiers avec un ados. S'il existe des pierres, on utilise au maximum des murettes de pierres en demi-cercle au pied de l'ouvrage et à une certaine distance de l'arbre (entre 1 et 1,5m) ayant la forme d'un croissant à la partie avale.

Ces cuvettes, destinées à piéger l'eau de ruissellement et les particules charriées permettent de lutter, d'une certaine façon, contre l'érosion en nappe ou en griffe.

La forme commune d'une cuvette est celle d'un demi-cercle » ayant deux bouts qui tendent vers l'amont, serviront de déversoir une fois que la cuvette est remplie d'eau de ruissellement. Ces cuvettes peuvent être consolidées par des pierres déposées sur la partie basse de l'ouvrage.

La confection des cuvettes

Pour la confection de ces petits ouvrages, on doit prendre certaines protections. Il s'agit de :

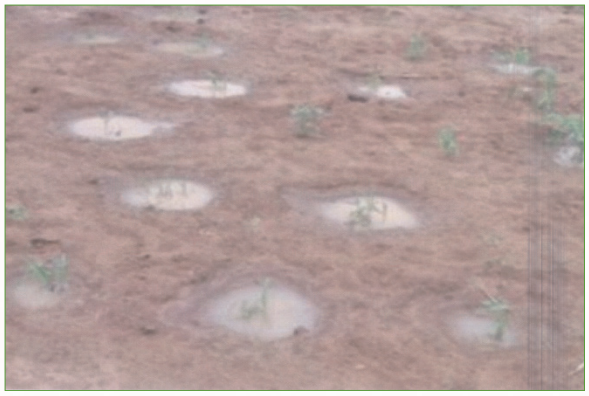
- confectionner les cuvettes d'une hauteur ne dépassant pas 60 cm, autour du tronc de l'arbre du bord du feuillage
- donner une longueur de 3 à 4 m les deux grands côtés doivent être parallèles aux courbes de niveau
- étendre les cuvettes, le plus largement possible et le moins profondement possible (sans dépasser le 0,80 m). Si les arbres sont assez proches entre eux, on doit construire un élément de banquette regroupant ces arbres
- retenir la plus grande quantité d'eau de ruissellement, en plaçant la terre de déblai en dessous et sur les côtés de la cuvette
- Conduire, en toute sécurité, l'écoulement de l'excédent d'eau vers un exutoire aménagé ou vers les terres agricoles limitrophes,

Ces techniques sont efficaces pour l'augmentation du rendement des vergers estimé à 20% à condition qu'elles soient constamment entretenues.

Avec le temps, les inter-cuvettes évoluent vers la formation d'une série de petites terrasses limitées par les arbres.

Ces cuvettes peuvent être consolidées par des espèces herbacées comme le fenouil qui est très apprécié pour la cuisine traditionnelle.

Cuvettes confectionnées en quinconce



Source : Centre Regional AGRHYMET

zaï ou cultures en poquets (utilisés souvent dans les pays du Sahel)

Cette méthode consiste à creuser à intervalles réguliers des trous sous forme de micro bassins de 30 à 40 cm de diamètre et de10 à 15 cm de profondeur qu' on remplit de compost ou de fumure de 1 à 3 t/ha). Cette méthode est particulièrement utile sur les sols dégradés endurcis et non productifs, car elle permet de concentrer l'eau de ruissellement et la fumure en vue de rendre la terre fertile.

Il nuovo aratro Delfino3 prima della sperimentazione.

The new plow Delfino3 before the experimentation.

La nouvelle charrue Delfino3 avant l'expérimentation.

Le système délfini qui est une technique purement mécanique développée depuis 1995 en réponse à la mise en œuvre de la convention de lutte contre la désertification est conçue pour à la confection des cuvettes dans les régions arides et semi-arides.

Ce système comporte une charrue qui permet de confectionner des demi-lunes cloisonnées de 2 à 4 m de long, de 40 à 50cm de large, et de 40à 50 cm de profondeur. Si les conditions édaphiques, physiques et climatiques sont favorables, la charrue Delfino peut réaliser jusqu'à 1 0 000 cuvettes par jour ,à raison de 300 cuvettes par hectare

Le soc et le ripper de la charrue peuvent être réglés selon les particularités physiques (structure, texture et profondeur) du sol et de la pluviométrie moyenne annuelle ainsi que des objectifs assignés.

Ces charrues sont conçues pour valoriser, à grande échelle, les terrains dégradés des régions séches et réduire le coût de réalisation de ce type d'ouvrage.

La collecte des eaux de ruissellement et d'éléments de terres fines dans les cuvettes permettra de créer des conditions favorables pour le développement des plantes. Ces cuvettes d'environ 1,5 m^2 de surface peuvent stocker de 1 à 1, 5 m^2 d'eau de ruissellement.

Cette charrue est capable de confectionner des cuvettes sur un terrain d'une pente dépassant le 10% et un sol lourd argileux, marneux et sablo- argileux ainsi que des terrains caillouteux ou ayant une couche crouteuse (pan).

Selon la notice technique de Vallerani System Delfino 3s, Le mono soc réversible creuse, par le biais d'un mouvement ondulatoire, des cuvettes en utilisant :

- le ripper qui est situé devant la charrue. Il fissure et disseque le sol à une profondeur de 60-70cm. Il creuse un sillon souterrain clivé et continu qui recueille l'eau des micros bassins adjacents sans tourner le sol supérieur. Le ripper protège aussi le soc des ruptures. Cette configuration technique simplifiée permet le couplage avec un tracteur de 190 CV et un travail plus rapide.
- les rippers posés à l'avant du corps de travail postérieur (soc) creusent le terrain 40-50 cm de largeur. Ils peuvent aller jusqu'à 70 cm de profondeur entre deux micro bassins et se soulèvent à 40-50 cm là où le soc creuse le sol. Les rippers réalisent une poche souterraine de récolte de l'eau collectée par les micro bassins. Les deux rippers sont «faussés» de façon à pouvoir déplacer d'éventuelles pierres en superficie et protéger le soc.

Inconvénients. Les cuvettes entravent certaines activités agricoles dans les exploitations aménagées.

Aspect économique : Le coût d'un ha de cuvette en utilisant la charrue delfino est estimé entre 100 et 150 USD. Ce même coût est doublé pour les cuvettes réalisées manuellement

Aspect physique : la durée de vie de cet ouvrage est très courte en l'absence d'un entretien permanent.

Aspect social : Ces ouvrages, commencent à être appréciés par les agriculteurs du fait qu'ils contribuent à la réduction des effets érosifs et à l'augmentation du rendement des plantations fruitières ou fourragères.

Fiche n°5

Nom de l'ouvrage,

En français : Palissade pour la fixation des dunes

En Anglais : Palisade for dune control.

Dynamique du phénomène.

Dans les régions arides et désertiques, le vent constitue un facteur d'érosion éolienne très important. Il provoque, sur les grandes étendues, souvent dépourvues d'un couvert végétal, le déplacement des particules fines de terre et les dépose plus loin, une fois que la vitesse du vent s'affaiblit ou quand il est confronté à un obstacle. Il provoque l'envasement des terres agricoles (oasis) et la formation des accumulations sableuses (dunes) mouvantes.

Pour combattre ce phénomène érosif on doit agir à deux niveaux :

- au niveau du vent en réduisant sa vitesse
- au niveau des terrains dégradés en assurant leur protection.

Définition

Pour arrêter ce phénomène ou réduire sa nuisance, certaines techniques traditionnelles et nouvelles sont proposées.

Les palissades qui constituent de légers ouvrages d'obstacle et de défense, composés d'un alignement de palmes ou des plaques préfabriquées posées verticalement, sont des techniques efficaces pour la fixation des dunes. Ces obstacles de 1 à 1,2 m de hauteur piègent à leur niveau, les graines de sable de différentes tailles ce qui permet la formation d'une dune artificielle.

Dunes naturelles

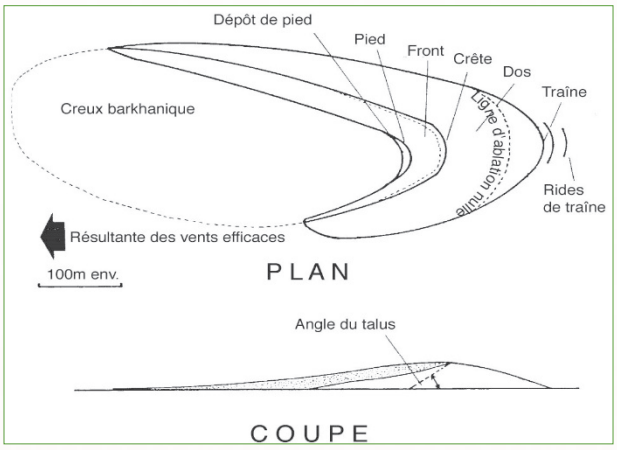
Dynamique et morphologie des dunes

Il existe des dunes côtières et des dunes continentales mobiles sous l'effet du vent dominant.

Le champ de dune commence par une crête de sable de quelques mètres de haut, face au vent dominant. Au début, ces accumulations en mouvement se présentent sous forme de barkhane qui est une dune ayant la forme d'un croissant allongé dans le sens du vent. Il naît là où l'apport de sable est faible sous des vents unidirectionnels. Ces barkhanes forment souvent des dunes en forme de croissant orientées dans le sens inverse du vent et la partie concave en face au vent. Ces dunes bougent dans la direction du vent, avec des vitesses variantes selon la rugosité du sable.

Le vent arrache plus de sable aux premières dunes, ce qui provoque un déplacement plus rapide de ces dunes. Lorsque les dunes deviennent suffisamment lentes – progressant d'environ deux mètres par an , les plantes commencent à s'installer aux extrémités des dunes. Ce type de dynamique concernent plutôt les dunes côtières.

Barkhane



La stabilisation mécanique des dunes

La phase initiale de la lutte contre l'ensablement consiste à fixer le mouvement du sable en érigeant des palissades. Ces obstacles biologiques réduisent, amplement, la vitesse du vent et provoquent le dépôt du sable en commençant par les graines de grande taille formant les dunes artificielles. Le dispositif mis en place est renforcé par un clayonnage croisé ou un quadrillage entre deux palissades successives au cas où les vents soufflent d'une direction différente.

Les palissades sont généralement constituées des palmes des oasis, de branchages provenant des peuplements forestiers comme le Prosopis juliflora, de Balanites aegyptiaca et de divers acacias et eucalyptus.

Dans certains cas, on utilise des plaques préfabriquées perforées (plaque Onduclair) en résine de polyester de 1,2 mm d'épaisseur, 1,5 m de long et 0,90 m de large.

Pour remplir efficacement son rôle, la palissade doit avoir une forte perméabilité au vent de 30 à 40% afin d'éviter de provoquer dans la zone sous le vent, de phénomène tourbillonnaire et de former une accumulation de sable.

En général, la hauteur des palissades ne dépasse guère 1,5 m, car 95% du sable en mouvement se trouve dans les 30 premiers centimètres au-dessus de la surface du sol.

Pour fixer efficacement ces accumulations sableuses, on doit créer entre la dune que l'on veut fixer et l'ouvrage à protéger (oasis, habitation, etc….) une dune artificielle .Pour cela on construit des palissades de branchage ou des planches des plaques à une distance de 50 à 200 m voire 300 m de la zone à protéger. Au fur et à mesure de leur ensablement, des nouvelles palissades sont mises en place sur le sommet de la dune ou bien les anciennes palissades sont rehaussées. Par une série de rideaux de branchages placés aux endroits convenables, on arrive à donner à la dune la hauteur convenable à son profil d'équilibre. L'axe de la dune doit être perpendiculaire au vent.

fixation d'une dune par le palissade de palme

Clayonnage croisé

Fixation des dunes par les plaques perforées

Méthode de mulch ou écran protecteur

Le mulch est une technique conçue pour empêcher le phénomène de saltation. Il s'agit de recouvrir le sable mobile par une couche de protection, naturelle ou artificielle (la paille, les branchages, les films plastiques, les fibres et grillages acryliques). Cette méthode est utilisée, souvent sur des terrains presque plats.

Certains pays ont utilisé les huiles minérales (asphalte, huiles lourdes et huiles brutes) qui peuvent fixer les sables mobiles. Cette méthode est souvent contestée par les écologistes.

La méthode aérodynamique

Il s'agit d'utiliser la capacité de transport du vent, en lui faisant évacuer les dépôts de sable indésirables par des pratiques qui augmentent la vitesse du vent en contact avec le sable (l'orientation des agglomérations parallèlement à celle du vent dominant). La pose de pierres distantes les unes des autres le long de la crête des dunes, fait disparaître, à la longue, ces dunes. Cette pratique est utilisée dans certains pays sahéliens.

Fixation biologique des dunes.

Une fois que les dunes ont trouvé leur profil d'équilibre et stabilisées, on peut précéder à leur fixation définitive à travers l'installation d'un couvert végétal arboré et herbacé pérenne adapté aux conditions climatiques.

Pour les dunes continentales. Il est conseillé d'utiliser les essences forestières suivantes : Prosopis juliflora, Aristida pungens plantées avec Leptadenia pyrotechnica, Aristida pungens et Panicum turgidum, Acacia raddiana , A. senegal), Balanites aegyptiaca, Euphorbia balsamifera et Persica salvadora,

Pour les dunes littorales, on doit utiliser des espèces ligneuses et herbacées halophytes qui résistent à la salinité du sol (Nitraria retusa, Tamarix aphylla, Tamarix senegalensis, Casuarina equisetifolia, Atriplex halimus, Atriplex nummularia et Zygophyllum spp.

Ces espèces sont capables de se développer et de fixer les dunes littorales.

Certaines précautions doivent être prises :

- L'axe de la dune doit être perpendiculaire au vent
- La plantation directe doit être utilisée au cas ou les sables ne sont pas suffisamment stabilisés sur la dune, par la végétation spontanée
- Le reboisement doit être fait en progressant dans le sens du vent dominant
- La protection des jeunes plantations contre le vent s'effectue par l'installation des palmes autour d'elles
- L'arrosage des jeunes plantations durant la période de leur croissance doit être assurée.

Protection d'un système oasien artificiel.

Les oasis artificielles, créées en plein désert sont, souvent, dépourvues d'une protection contre les accumulations sableuses. En vue d'assurer la pérennité de l'oasis, une protection contre l'érosion éolienne s'avère inévitable.

Les travaux de protection d'un système oasien qui doivent démarrer avec la plantation des jeunes palmiers, consiste en l'installation de haies composées d'espèces forestières résistant à la sécheresse, en quatre étapes :

- Une protection extérieure protégeant l'ensemble des oasis
- Une protestation entre une oasis et une autre
- Une protection propre à chaque oasis
- Une protection de la périphérie de toute la superficie plantée.

Ainsi ces obstacles prennent valeur en formant un bouclier contre toutes les tempêtes du sable.

Entretien des travaux : En vue d'assurer la pérennité de ces aménagements, il s'avère nécessaire d'assurer leur entretien par le :

- Rehaussement de ces palissades une fois les accumulations des sables atteignent la crête de la dune
- Remplacement des palissades endommagées
- Remplacement des plantes desséchées.

Inconvénients : Ces palissades réduisent la surface des terres et ralentissent le mouvement à l'extérieur et à l'intérieur des périmètres aménagés.

Aspect économique : Le coût de 100 mètres linéaires d'un réseau de palissade, en main d'œuvre, est compris entre 100 et 200 dollars USD si les matériaux de fixation sont tirés des oasis (palme). Le coût de la fixation par les plaques préfabriquées est compris entre 150 et 250 USD.

Ces aménagements de protection disposent, d'une rentabilité économique indirecte qui consiste à assurer la protection de ces périmètres irrigués et d'accroître la longévité de ces oasis. On ne peut pas créer une oasis artificielle sans cette protection préalable.

Aspect social : Les agriculteurs de ces périmètres ont développé, au fil du temps, un savoir-faire de protection efficace et ce en utilisant les matériaux disponibles à l'intérieur de l'oasis. Les dépenses dues à la protection sont **compensées** par la forte rentabilité économique de primeurs agricoles de ces oasis ayant pratiqué l'agriculture intensive en trois niveaux.

Fiche n°6

Nom de l'ouvrage

En français : lac collinaire/ petite retenue collinaire.

En Anglais : hilly lake dam.

Morphologie et Spécificités physiques du milieu .

Le paysage des régions arides et semi-arides est caractérisé par un relief collinaire et une topographie irrégulière, parcourue par des cours d'eau intermittents (oued) encaissés entre les collines qui s'élargissent au fur et à mesure qu'on s'approche des plaines. Ces collines des glacis sont souvent soumises à toutes les formes d'érosion hydrique assez sévère due au phénomène de surpâturage et au défrichement illicite de son couvert végétal.

Définition et caractéristique de l'ouvrage :

Le lac collinaire est un ouvrage de petite hydraulique typique aux régions des collines ayant un climat semi-aride. Ils sont destinés, principalement, à faire obstacle aux eaux de ruissellement, protéger les côtes de l'oued de l'érosion et régulariser le cours d'eau.

Ces petites retenues sont, également, conçues pour assurer :

- La mobilisation d'une partie des eaux de ruissellement à des fins agricoles
- La création d'un point d'eau à usage domestique et animal
- L'alimentation de la nappe phréatique
- La protection contre les inondations
- La régularisation des flux d'eau de ruissellement
- La réduction de l'envasement des grands barrages situés à l'aval en piégeant les transports solides.

L'exécution d'un lac collinaire nécessite, inéluctablement, la réalisation au préalable, de certaines études parables qui concernent principalement :

1- Etudes topographiques,
- Levé topographique
- Plan topographique
- Estimation des volumes d'eau de la retenue
- Estimation des matériaux nécessaires.

2- Etudes hydrologiques,
- Estimation des apports annuels
- Etude du bassin versant et calcul des crues de période de retour de 50 et 100 ans

3- Etudes géotechniques,
- Zones d 'emprunt (quantité et qualité de matériaux)
- Tranchée d 'ancrage (largeur/profondeur)
- Drainage de la digue
- Sol support
- Pentes de la digue
- Pentes des berges
- Evacuateur de crues (dimensionnement et emplacement)
- Vidange de fond.

4- Impacts sur l'environnement,
- Impacts paysagers et mesures pour les réduire
- Impacts sur la flore la faune et la flore.

5- Etude socio- économique.
- Intérêt économique et social de l'ouvrage
- Financement de l'ouvrage.

La conception de ces ouvrages : construits sur le lit de l'oued avec une pente assez douce pour assurer la stabilité, ces ouvrages sont strictement dépendants de la quantité et de la qualité du remblai qui doit être suffisamment disponible sur le site ou à proximité de la digue.

Les indicateurs applicables aux retenues collinaires représentent les caractéristiques suivantes :

- Une hauteur maximale de la digue de l'ouvrage de 10 m
- Une capacité moyenne de la retenue de 50 000 m^3
- Un rapport moyen entre la superficie du bassin versant et de la retenue ne doit pas dépasser 40
- Les caractéristiques mécaniques du sol de fondation doivent être suffisamment étudiées pour la sécurté de l'ouvrage
- Absence de problèmes d'étanchéités des fondations.

Critères de choix des sites

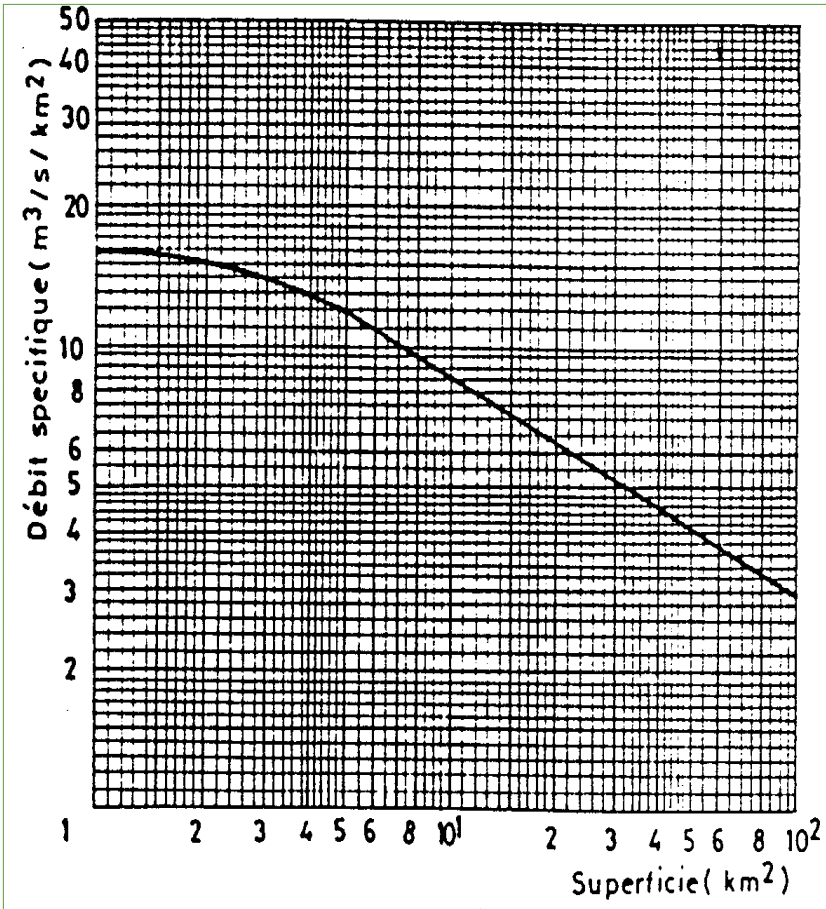
L'emplacement des sites topographiquement favorables se caractérise par :

- Un étranglement de la vallée à pente longitudinale douce (entre 3 et 8%) de façon à obtenir la plus grande capacité de stockage possible avec une surface minimale de la retenue pour réduire les volumes évaporés
- En Général, le meilleur emplacement est l'endroit où le cours d'eau sort d'une large vallée par une gorge étroite ou au confluant de deux cours d'eau.

Du point de vue géologie le site doit avoir une retenue imperméable et une bonne assise de sa digue ainsi que la disponibilité des matériaux nécessaires à la réalisation de l'ouvrage. La retenue doit avoir un coefficient d'efficacité (E) inférieur à 5 : E= volume utile de la retenue en eau/ volume de la digue en terre.

Dimensionnement de l'ouvrage : Pour pouvoir dimensionner la digue de la retenue, on doit rassembler les informations suivantes :

- La superficie du bassin versant
- La pluviométrie moyenne annuelle
- L'apport moyen annuel au site de l'ouvrage m^3/an (R en m) selon la formule de Tixeront
- R= P3/3E2 étant E égal à 1 pour la région semi-aride supérieure
- L'évaporation annuelle
- Le volume utile de la retenue (soit deux fois l'apport annuel)
- Le débit de crue ((m^3/s) pour le dimensionnement de l'évacuateur.



Débit spécifique en fonction de la superficie du B.V.

- L'envasement moyen annuel (m^3/an). Pour évaluer l'envasement moyen annuel d'une retenue collinaire on adopte le taux spécifique d'envasement du barrage le plus proche avec un correctif égal 1,5 étant donné que l'érosion spécifique est plus forte dans des petits bassins versants que dans les grands bassins
- La hauteur utile de la digue : H= Hu +2, Hu : hauteur utile est la hauteur de la cote normale de la retenue
- Volume de la digue (Vd) ayant une forme trapézoïdale (à titre indicatif) :

$$Vd= (L-L') . H/2 . [l +H/3. (Fm+Fv)] + L' H/2. [l+H/2 (Fm+Fv)]$$

L: longueur de la digue en crêté en mètre,

L' : largueur du lit de l'oued,

l : largeur de la digue en crête en m,

H : hauteur maximale de la digue (m),

Fm = l/Pm : Fruit amont, où Pm= pente du talus amont,

Fv= l/Pv : Fruit aval, où Pv= pente du talus aval

On peut admettre les approximations suivantes :

l= 3m , Fm= 2,5 et Fv = 2 m, ainsi le volume approximatif de la digue peut être calculé.

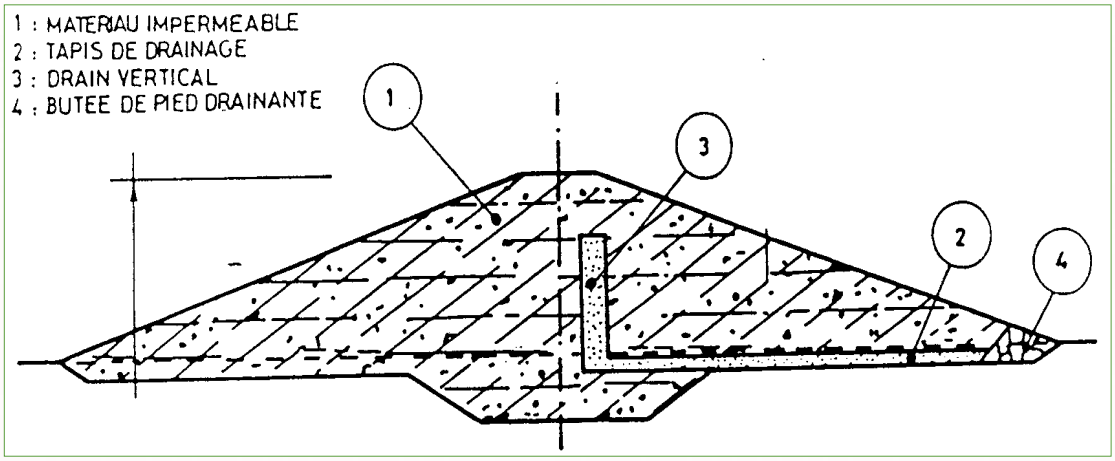
Il convient de signaler que les zones d'emprunt doivent être le plus proche de l'emplacement de la digue , dans le but de réduire le coût de l'ouvrage et augmenter la capacité de la retenue. La tranchée d'ancrage (de 2 à 3 m) doit assurer la bonne liaison entre la fondation et le corps de la digue.
Les sols déconseillés sont :

- Les argiles lourdes et plastiques
- Les sols très riches en limon fin
- Les sols riches en matières organiques, en éléments solubles ainsi qu'en racines.

Les types d'ouvrage :

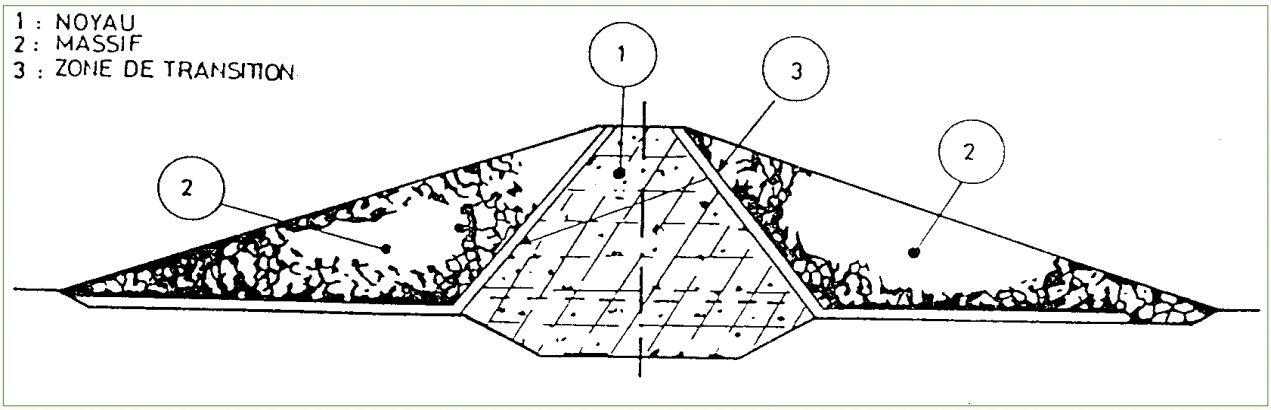
Les types d'ouvrage à concevoir (digue homogène ou à noyau) dépendent de la nature des matériaux disponibles en quantité suffisante à proximité du site.

La digue homogène : est constituée des matériaux suffisamment imperméables et de granulométrie assez étendue du type sablo-limoneux assurant la stabilité de l'ouvrage qui doit être muni d'un dispositif de drainage dans sa partie avale pour rabattre la ligne de saturation et éviter les risques de renard.



La digue zonée ou à noyau : Dans le cas ou les matériaux disponibles ne permettent pas la réalisation d'une digue homogène, on peut concevoir une digue à noyau qui se compose :

- D'une partie centrale étanche (noyau) réalisée avec des matériaux imperméables du type limono-argileux ayant la forme trapézoïdale d'une crête minimale de 3 m de large
- De recharge (massifs) constitués de matériaux stables permettant d'abaisser la ligne de saturation
- Des zones filtrantes de transition (entre le noyau et les massifs) dont l'épaisseur peut varier entre 1 et 2 m
- Une tranchée d'ancrage de 2 à 3 m jusqu'à la roche mère et une largeur de 3 à 5 m selon l'importance de l'ouvrage
- Un tapis imperméable à la base de l'ouvrage ayant une épaisseur de 1 m.

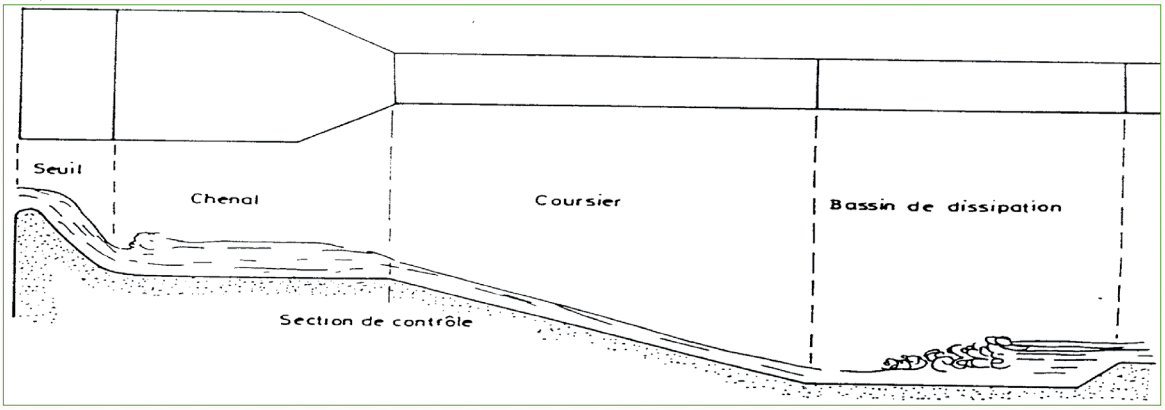


La stabilité doit être soigneusement calculée en prenant en compte la poussée de l'eau de la retenue et du poids mort du remblai ainsi que des pentes des talus.

L'évacuateur des crues : Dans le cas du lac collinaire de petite taille, le meilleur évaluateur de crue est le déversoir de surface qui est souvent constitué par un chenal latéral à faible pente d'écoulement, percé dans l'une des berges. Le point le plus vulnérable de ce type d'évacuateur est celui où l'eau rejoint le cours d'eau . En ce point, on construit, généralement, un bassin de dissipation pour éviter les risques d'érosion.

L'évacuateur est formé de quatre éléments : le déversoir, le chenal d'écoulement, le coursier et le bassin de dissipation. Le déversoir est situé dans la partie supérieure de l'évacuateur à la même cote que la retenue normale.

La capacité d'évacuation est contrôlée par le déversoir dont le débit (Q) est en fonction de la charge au-dessus du seuil (h) et du profil de sa crête. En général, on opte soit pour le déversoir à seuil épais soit le déversoir au seuil déversant.



Coupe schématique d'un évacuateur de cure

Petites retenues collinaires

L'eau de la retenue utilisée pour l'irrigation et la mise en valeur des terres agricoles

Action d'accompagnement. L'entretien doit comprendre :

- Des inspections régulières surtout après les pluies,
- Le comblement des trous causés par les rongeurs dans le corps de la digue et des brèches qui se forment suite à des orages exceptionnels,
- l'entretien de l'évacuateur.

Inconvénients : S'ils ne sont pas implantés dans des sites favorables bien dimensionnés, ces ouvrages peuvent causer des dégâts. Des précautions particulières devront être prises pour la construction des différents éléments de l'évacuateur qui constitue le point le plus compliqué de l'ouvrage.

Aspect économique : Le coût d'un ouvrage varie selon ses caractéristiques physiques, sa taille et la disponibilité des matériaux utilisés. A titre indicatif, on peut admettre que le coût de 100 m3 de remblai de terre compacte est compris entre 160 USD et 200 USD.

Aspect physique : la durée de vie de cet ouvrage peut dépasser 10 ans à condition qu'il soit constamment et soigneusement entretenu.

Aspect social : Dans les régions semi arides, les lacs collinaires, ont un impact positif sur la production, les activités agricoles, le revenu des agriculteurs, le développement de la culture maraichères et de l'élevage. La confection des lacs collinaires a poussé, dans certains pays, les agriculteurs à s'organiser sous forme d'association, pour assurer l'exploitation rationnelle de ce point d'eau.

Fiche n°7

Nom de l'ouvrage

En français : (correction des ravins/thalwegs et des oueds par des seuils en pierres sèches, des seuils biologiques (branchages) , des gabions, épis de déviation.

En Anglais : gulley control (check dams, gabion, deviation epis.

Spécificités physiques des cours d'eau : En général, les cours d'eau saisonniers ou intermittents (oued ou ravins) sont des milieux dynamiques évoluant perpétuellement en fonction de leurs caractéristiques physiques et saisonnières. La gravité et l'importance de ces cours d'eau dépendent de nombreux facteurs tels que, la superficie et la pente de l'impluvium, la vitesse du courant, la sinuosité du lit, de la nature du sol, de l'agressivité des pluies et le débit des crues. L'écoulement en méandres, sous forme d'une sinuosité très prononcée de l'eau assez chargée en matériaux plus résistants, entraine le sapement des berges et détruit les terres agricoles limitrophes.

D'un autre coté les ravines qui prennent souvent naissance sur les bords des grandes voies d'eau naturelles, sont souvent rongées à une grande profondeur en remontant tout au long de la zone de drainage et deviennent de plus en plus profondes (15 à18 m). Au fur et à mesure que ces ravines s'élargissent, elles dessinent de nouveaux réseaux sur toute l'étendue agricole.

D'année en année des terres arables sont abandonnées, à mesure que les ravines dévorent davantage ces étendues agricoles.

Une fois, les terres sont ravinées, le sol fertile est emporté pour se déposer sur les terres agricoles à l'aval. Cela réduit énormément le rendement de celles-ci.

C'est pourquoi les ravins et les cours d'eau, en général, devront être constamment aménagés et entretenus afin de maintenir leurs différentes fonctionnalités d'évacuer l'excès d'eau de ruissellement en toute sécurité, sans causer de dégâts aux terres agricoles et aux infrastructures.

Objectif du traitement des cours d'eau : Tous les ouvrages (seuils, gabions épis) qui sont des ouvrages de petite hydraulique, destinés aux traitements des cours d'eau, contribuent à la réduction de la vitesse de l'eau de ruissellement. Ils permettent la sédimentation de sol pour en faire des terrasses de faible pente.

Les objectifs spécifiques pour le traitement des cours d'eau consiste à :

- éviter le creusement rapide et l'affouillement des berges de l'oued
- prévenir la concentration des crues le long des parois par leur déflation vers le milieu du lit
- créer des conditions favorables pour l'implantation de la végétation naturelle et la stabilisation naturelle de ces berges
- stabiliser les berges et le fond du lit
- laminer les crues
- protéger les berges des retenues et des lacs en piégeant les sédiments
- contribuer à la recharge la nappe.

Toutes les techniques et les méthodes de traitement des différentes formes de cours d'eau doivent contribuer, également à :

- arrêter l'érosion latérale provoquée par les crues, en particulier au niveau des méandres et des virages,
- stabiliser les lits des ravins érodés par le creusement vertical des crues,
- contrôler les crues des cours d'eau,
- réduire la sédimentation et le colmatage des retenues collinaires et des barrages situés à l'aval.

Plusieurs techniques de correction des cours d'eau ont été développées, basées sur l'expertise requise des habitants du milieu rural notamment, des régions arides et semi-arides. Parmi ces techniques on peut indiquer les seuils en pierres sèches, les seuils biologiques (branchages), les gabions, les digues de déviation, etc….). Par ces techniques, on cherche à maintenir l'équilibre écologique dans les cours d'eau pour qu'ils jouent leur rôle sans causer des dommages ou compromettre la stabilité du milieu naturel.

En général, il y'a quatre méthodes pour aménager ou traiter un cours d'eau :

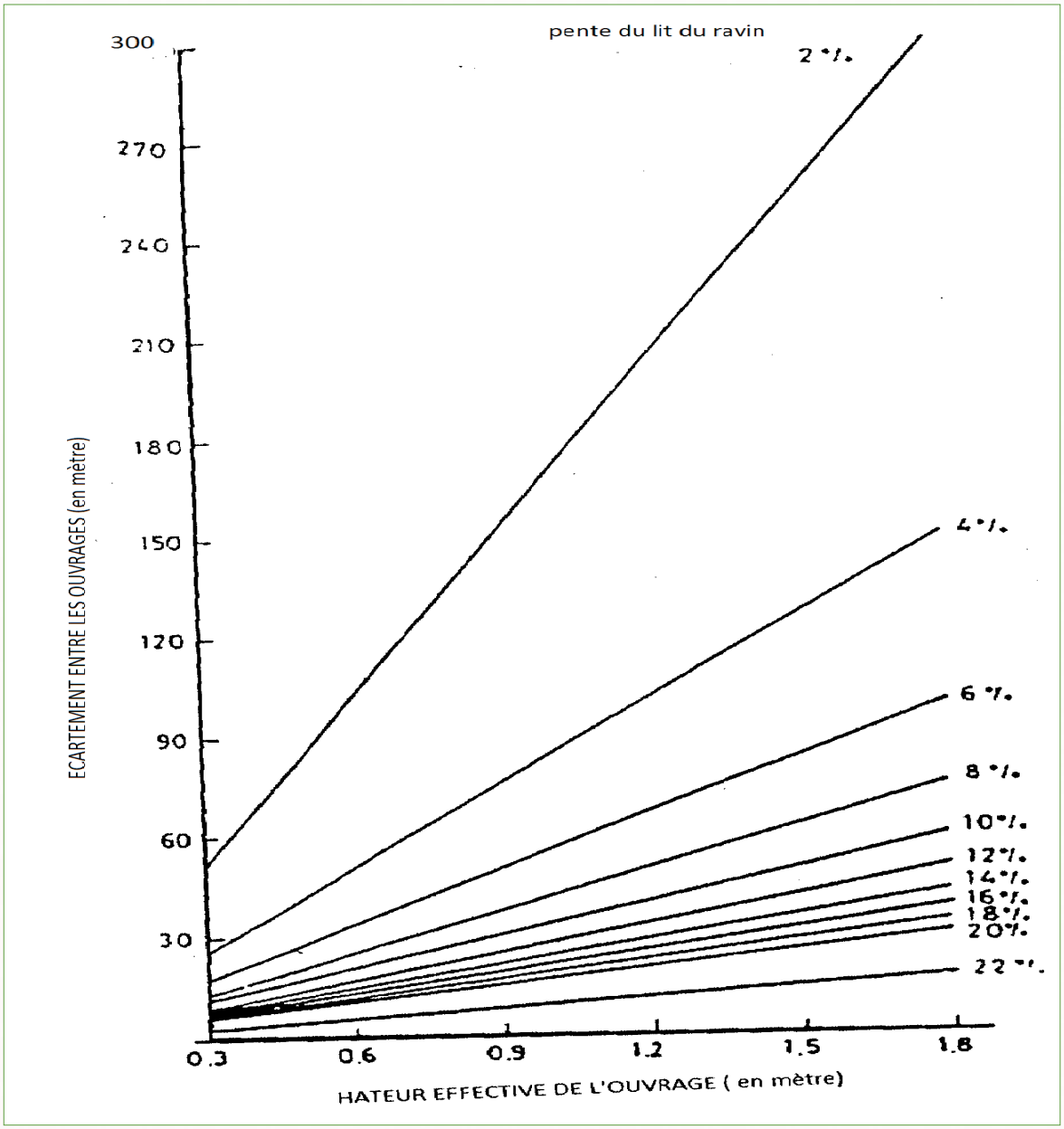
- Retenir les eaux de ruissellement par les travaux de la conservation des eaux et du sol de son impluvium,
- Eloigner les eaux de ruissellement de l'impluvium en dehors du ravin,
- Evacuer les eaux de ruissellement par des ouvrages (seuils) implantés tout au long du ravin,
- Traiter l'impluvium et le lit du ravin.

Le choix de la méthode dépend de la dimension du ravin et de son impluvium. Dans certains cas on peut utiliser les trois méthodes indiquées. Pour assurer un traitement efficace et durable on doit encourager l'installation de la végétation naturelle (biologique) dans le lit du ravin.

Dimensionnement des ouvrages : L'écartement entre les ouvrages dépend de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- Les objectifs escomptés par ce traitement,
- La hauteur effective de l'ouvrage,
- Le transport solide.

Si on souhaite retenir le maximum de sédiment possible, on doit construire des seuils élevés largement espacés. Par contre, si l'objectif consiste à stabiliser la pente du ravin, il faut un écartement relativement réduit et des seuils de faible hauteur.



Pour l'ancrage du seuil dans le talus latéraux et le lit du ravin, on doit renforcer considérablement la stabilité de l'ouvrage. En général, cet ancrage est constitué d'une tranchée de 0,6 m de profondeur et de largeur creusée en travers du ravin.

Pour le radier : pour éviter que l'eau sape l'ouvrage par l'aval et le détruise, on doit construire des radiers de ravins et des ouvrages de protection sur les côtes en aval des seuils.

Généralement, on adopte pour la longueur de radier Lr les valeurs suivantes :

- Lr = 1,5 m He : pour une pente inférieure à 15%
- Lr = 1,75 He : pour une pente supérieure à 15%

Ecartement entre les ouvrages en fonction de la pente et de la hauteur de l'ouvrage

Description des ouvrages

- **Les seuils en pierres sèches** sont des ouvrages filtrants de petite hydraulique implantés dans des lits d'oued composés des pierres sèches ayant des tailles entre 10 et 45cm de calibre. Ces seuils sont installés dans les lits des ravins et des cours d'eau pour stabiliser la pente du lit et les bords d'arrachement.

  Du fait que ces ouvrages sont perméables, ils libèrent une partie de l'écoulement à travers le seuil, ce qui diminue le volume d'eau qui franchit le déversoir et les forces dynamiques et hydrostatiques qui s'exercent sur l'ouvrage.

- **Les seuils de rétention partielle ou totale** constituent des petits ouvrages en maçonnerie ayant un déversoir frontal permettant l'écoulement des eaux de crues et la rétention d'une grande quantité de sédiments. Cet ouvrage est muni d'un bassin de dissipation et d'une protection des berges du ravin pour éviter les affouillements aval.

- **Les seuils en gabion** sont des ouvrages souples et filtrants implantés dans des lits d'oued assez large ayant un sol, souvent glissant marneux. Ils sont constitués de solides fils de fer tressés et remplis de pierres sèches. Ils sont dotés d'une grande souplesse et inertie face aux mouvements de terrain et de l'eau qui peut percoler au travers de l'ouvrage, avec des phénomènes de dissipation d'énergie. Les seuils en gabion sont recommandés pour le sol instable ayant une texture marneuse ou des alluvions fines.

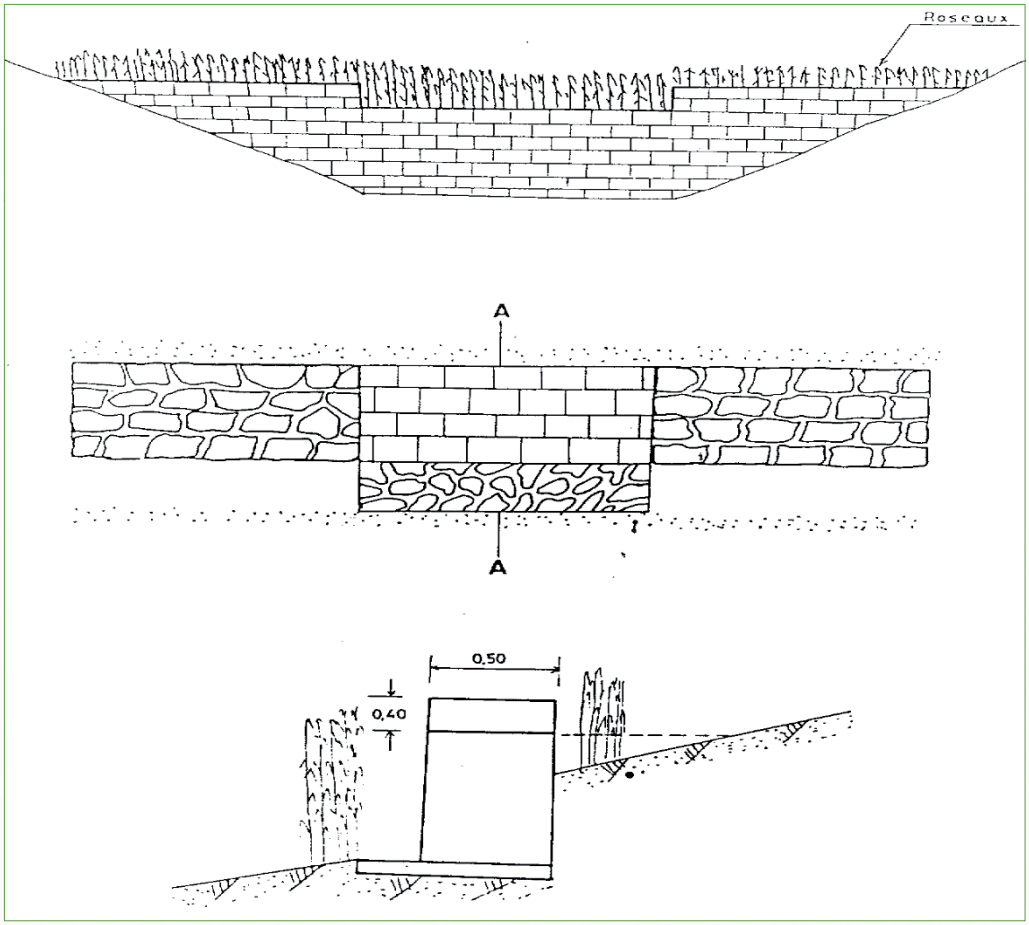
En général, le dimensionnement de ces ouvrages filtrants en pierres sans béton, est défini en fonction des caractéristiques physiques du site et de l'intensité du ruissellement.

La hauteur du gabion est comprise entre 1,5 et 1m, sa longueur entre 5 et 20m et sa largeur entre 1 et 2m. Au fil des écoulements, des alluvions s'accumulent en amont de l'ouvrage, aidant à lutter contre les phénomènes d'érosion. Ces gabions sont moins efficaces pour le stockage d'eau que les ouvrages en ciment car ils laissent passer l'eau.

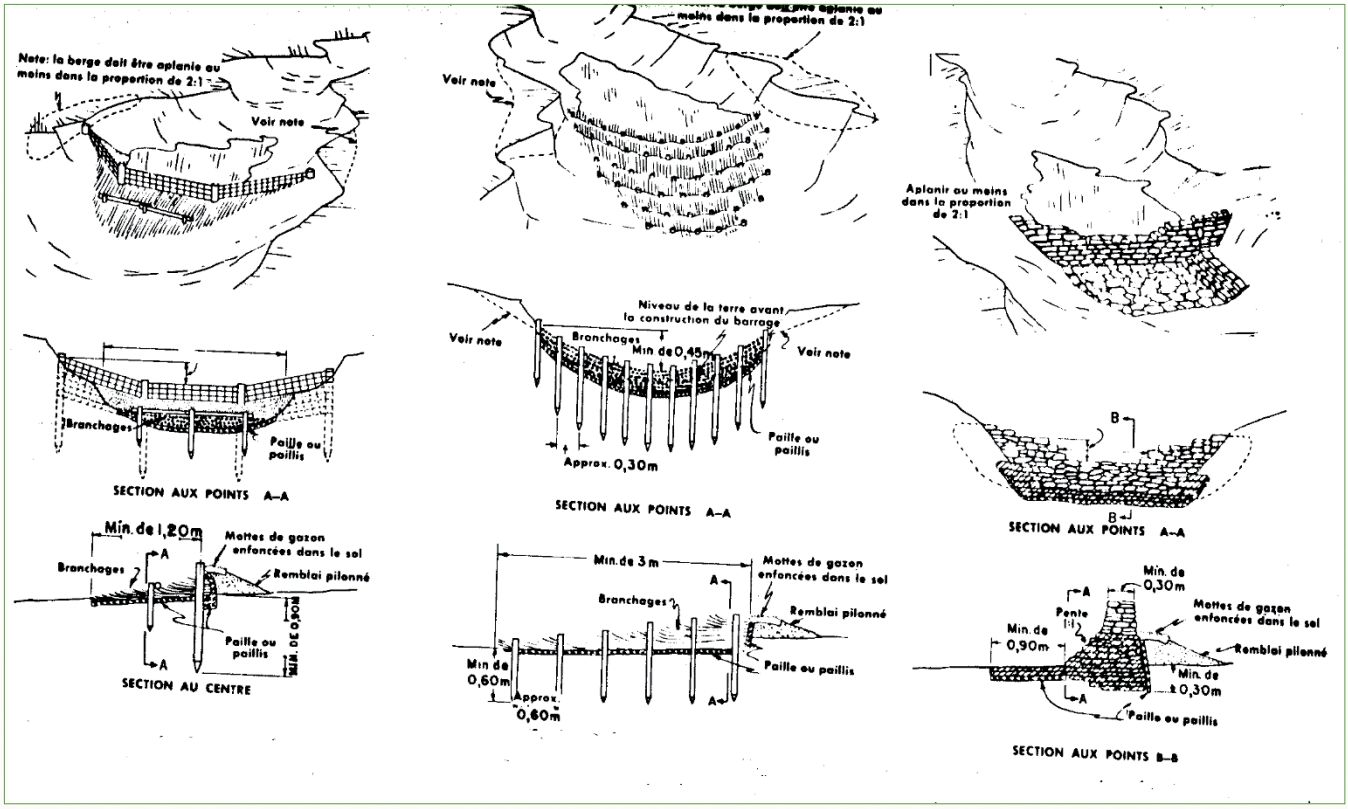
Les meilleures constructions peuvent être faites au moyen de pierres plates de dallage qui sont déposées de manière à former un revêtement compact. Les pierres irrégulières doivent être déposées de telle façon que les vides soient réduits au minimum.

- **Les seuils biologiques :** sont constitués de branches d'arbres selon la disponibilité de la matière première (branchage) et l'ampleur de la dégradation de ces ravins. Les seuils biologiques peuvent consolider les seuils physiques. Les traitements biologiques sont souhaitables lorsque les conditions sont favorables pour l'implantation de la végétation de toute sorte qui doit être adaptée aux conditions climatiques du site et dispose d'un système racinaire pivotant assez développé.

Pour conclure on peut dire que les seuils en pierres sèches, en gabion, en ciments et biologiques sont des ouvrages conçus pour le traitement des cours d'eau saisonniers ou intermittents dans les régions arides et semi arides. La confection de plusieurs seuils d'une hauteur réduite donne un meilleur résultat qu'un grand ouvrage de hauteur équivalant à l'ensemble de petits seuils.



Des seuils en gabions et en pierres sèches



Des seuils biologiques

Les différentes formes de seuils (en pierres sèches, en gabion, en maçonnerie et en bois)

Les clayonnages sont essentiellement constitués de branchages frais de saule sur les piquets profondément enfoncés dans le sol.

Les fascinages sont formés de branches superposées et fixées à l'aval par les piquets en bois enfoncés dans le sol.

Le choix du site des seuils: L'emplacement du seuil dépend des facteurs topographiques, géologiques, pédologiques, hydrologiques et économiques.

Les sites topographiquement valables doivent disposer d'une pente assez homogène. Le seuil doit être construit juste à l'amont de la chute de la pente du ravin . Pour la géologie, le site doit être suffisamment stable. Pour la pédologie, il convient de choisir le type de seuil selon la structure, la texture et la stabilité du sol. Le facteur hydrologique détermine le dimensionnement de l'ouvrage a un prix raisonnable.

- **Les épis** sont des ouvrages de déviation des eaux de crue et de contrôle du débit des cours d'eau (oued) construits transversalement par rapport au courant d'eau et enracinés dans les berges de l'oued.

Ces épis sont destinés à protéger la berge de l'oued, à trois fois la longueur de l'épi du côté amont et deux fois du côté aval. Ils sont implantés perpendiculairement à la berge ayant une fondation variable de 1m. Le 1er épi a une longueur égale au tiers de la largeur du cours d'eau. Le dernier épi doit être implanté à quelques mètres de la zone à protéger.

La construction des épis dépend des matériaux disponibles soit en :

- Gabions
- Pierres cimentées
- Béton renforcé
- Bois

Le dimensionnement de l'épi dépend de l'importance des virages, et de la longueur effective de l'épi.

L' espacement entre deux épis successifs dépend de :

- La longueur totale du tronçon à protéger
- L'intensité de l'érosion qui peut exister le long d'un tel tronçon . Plus le virage est abrupt plus les ouvrages sont rapprochés.

Dans un épi, on distingue cinq parties :

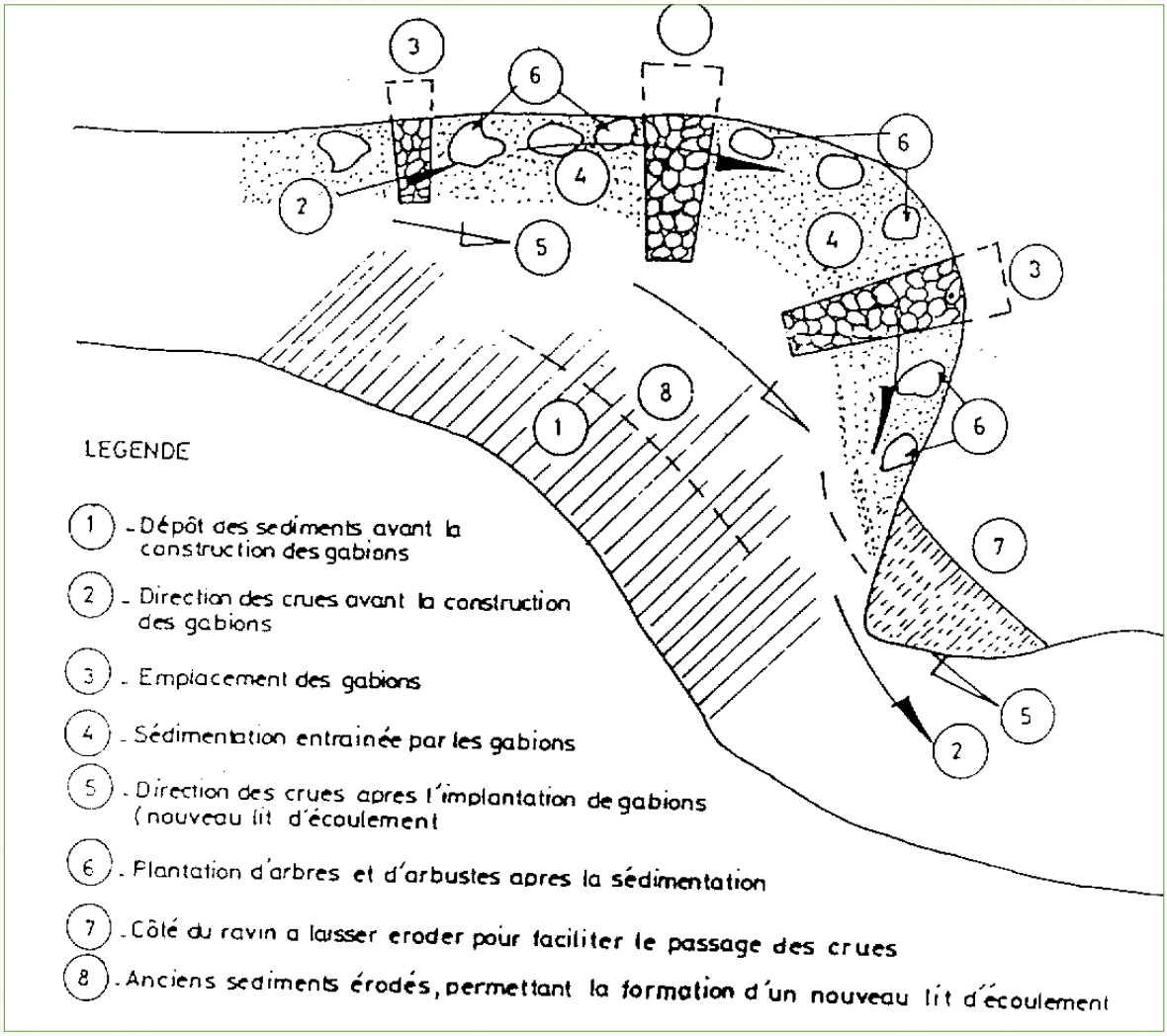
a) Le tenon d'ancrage : Il permet la fixation de tout le corps de l'épi à la berge du cours d'eau

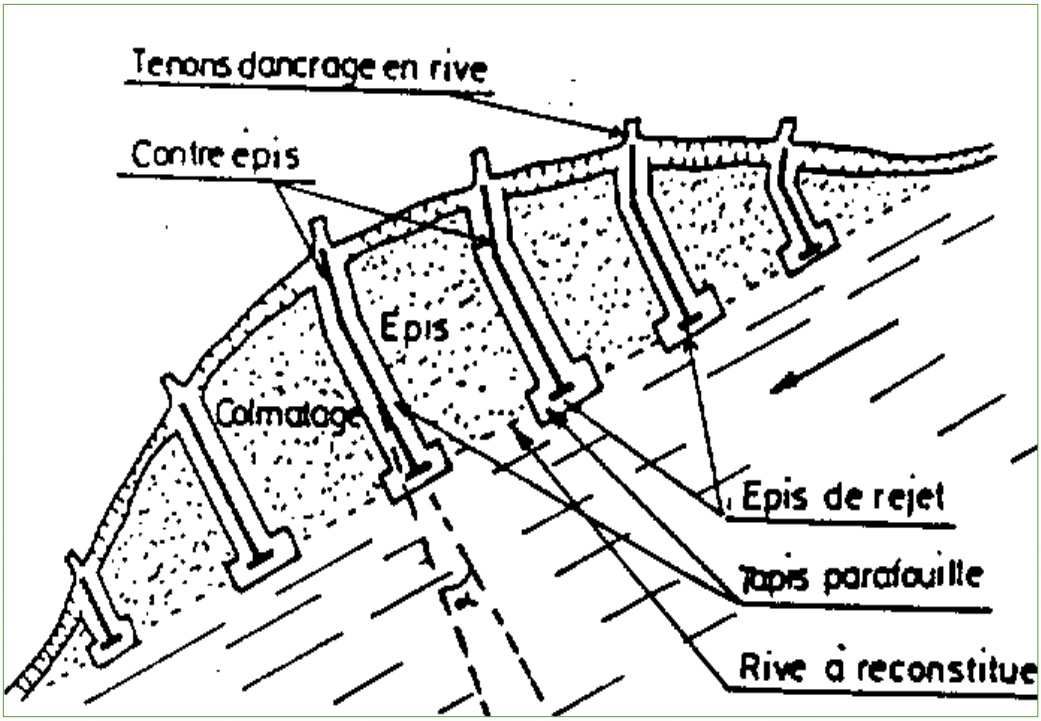
b) Le contre épi : forme, souvent un angle de 90 ° avec le tracé de la rive.

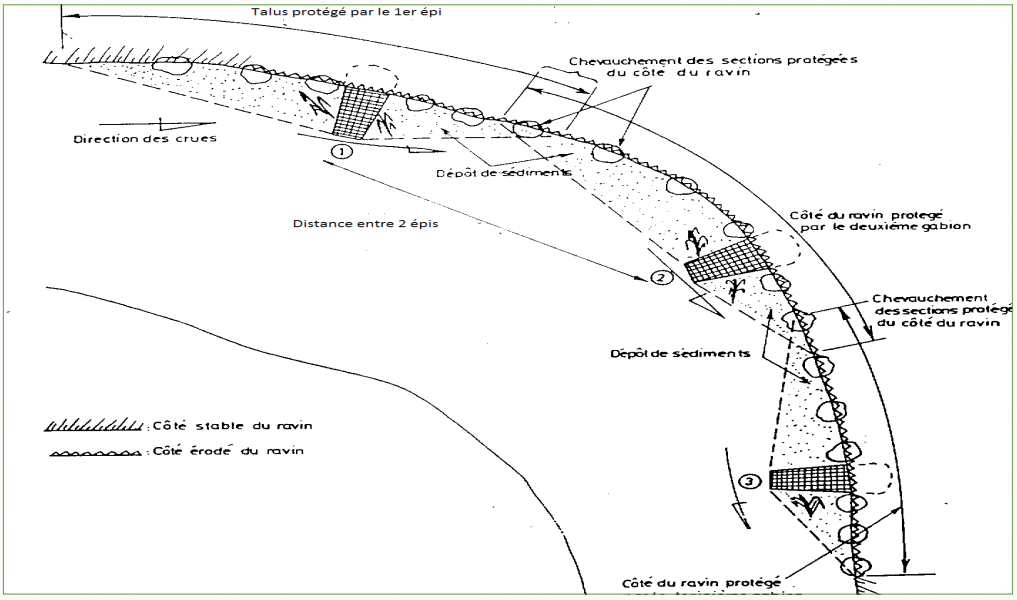
c) L'épi proprement dit : la longueur qui est en fonction de la pente longitudinale de l'oued, varie entre le 1/3 et le 1/4 de la largeur du cours d'eau et en fonction de la pente longitudinale

d) l'épi de rejet ou tête de l'épi : il est orienté vers l'aval et est perpendiculaire à l'épi proprement dit. Il est de ce fait parallèle à la direction des écoulements

e) Tapis parafouille périphérique : le massif de fondation du type gabions semelles constitue un véritable filtre par lequel les eaux cheminent de l'amont en aval sous l'action de la pression et peuvent entrainer les mâtereaux sous-jacents.







Epis de protection et de recalibrage de l'oued

- **Les ouvrages d'épandage des eaux des crues :** Cette technique est pratiquée dans les régions arides et semi arides à pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 250 mm. Elle contribue à la mobilisation des eaux de ruissellement qui permet un apport complémentaire pour l'irrigation des terres limitrophes, la recharge de la nappe et l'amélioration de la qualité du sol.

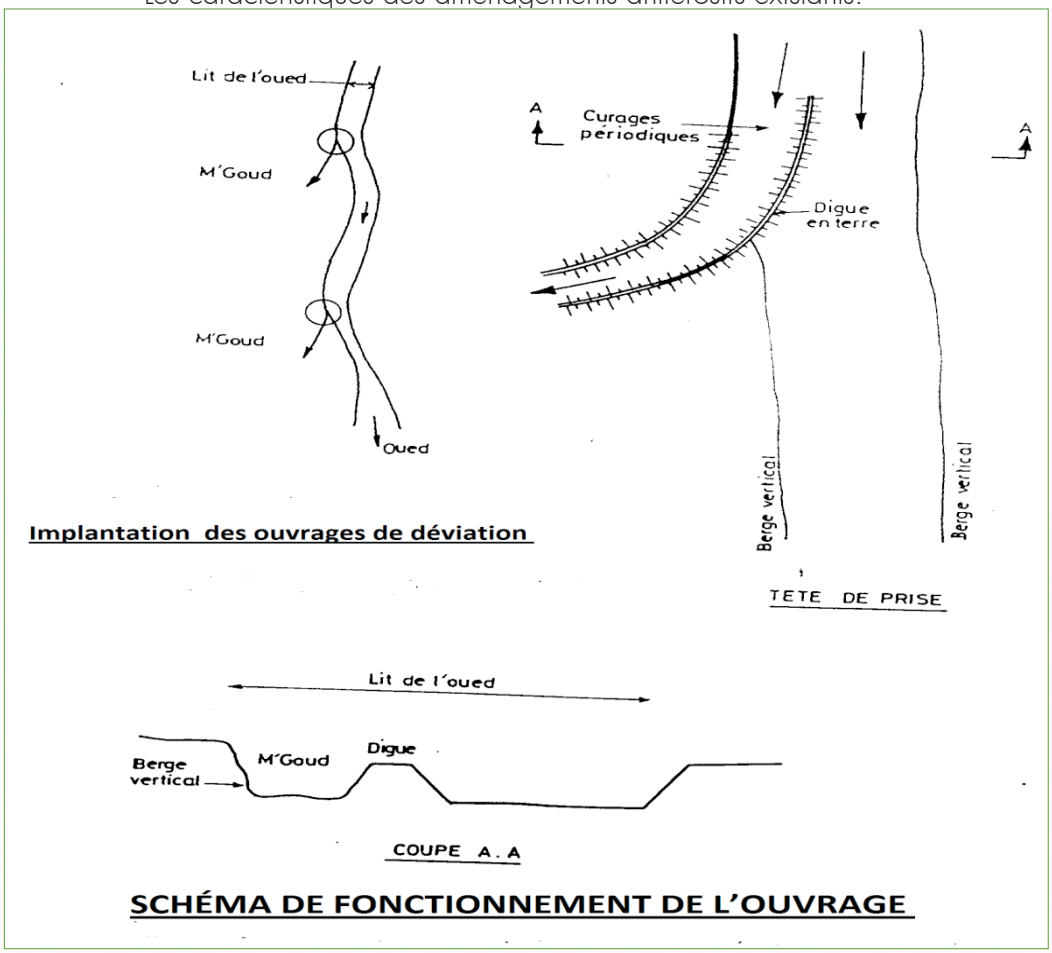
Pour assurer la réussite de cette technique d'épandage on doit prendre en compte trois conditions :

- Un bassin versant assez grand en amont du périmètre d'épandage,
- Un lit d'oued assez large non encaissé avec une hauteur faible de ses berges,
- Un sol assez stable non accidenté ayant une pente faible et homogène.

Traditionnellement, l'épandage se fait par la dérivation d'une partie de la crue au moyen d'un épi qui commence au milieu de l'oued et forme avec la berge un canal qui se prolonge dans la plaine à irriguer. Ce système ne permet de capter que les faibles crues car les fortes crues détruisent l'épi et inonde le périmètre agricole, en lui causant des dégâts énormes. De ce fait, le système nécessite beaucoup de réflexion et de calcul hydraulique.

Il convient de signaler que le système traditionnel d'épandage (connu sous le nom de Mgoud) apporte un volume compris entre 3 000 m³/ha à 1 000 m³/ha. Ce volume dépend de certains facteurs à savoir:

- Le nombre des crues/an,
- Le débit de crue (doit être calculé selon plusieurs paramètres,
- Le temps de concentration du bassin versant,
- La forme de l'Hydrogramme de crue,
- Le coefficient d'infiltration du sol de l'oued et du périmètre agricole,
- Les caractéristiques des aménagements antiérosifs existants.



Action d'accompagnement pour l'ensemble des ouvrages. Pour assurer la durabilité de ces ouvrages, il convient de les consolider par des plantations fourragères. Ces plantations, une fois en production, elles contribuent à la valorisation économique de ces ouvrages et à leur consolidation. Par ailleurs, leur entretien s'avère nécessaire et indispensable pour assurer sa durabilité. Parmi les espèces végétales, on peut citer : le peuplier, le robinier, l'agave, le tamaris, le casuarina.

Inconvénients. s'ils ne sont pas implantés dans des sites favorables ou insuffisamment calculés, ces ouvrages peuvent causer des dégâts sur les terrains limitrophes.

Aspect économique : Le coût unitaire (100 ml) varie selon les caractéristiques de l'ouvrage et la disponibilité des matériaux utilisés.

Aspect physique : la durée de vie de cet ouvrage est de 15 ans à condition qu'ils soient constamment et soigneusement entretenus.

Aspect social : Ces ouvrages sont bien appréciés par les agriculteurs du fait qu'ils contribuent à la réduction des effets érosifs des ravins. Pour les ouvrages de déviation, l'intérêt est double, ils protègent les terres agricoles et ils mobilisent les eaux de ruissellement pour irriguer les cultures limitrophes.

Les principales orientations des aménagements de lutte contre la désertification.

Les ouvrages de petite hydraulique sont présentés à titre indicatif et peuvent être modifiés selon les conditions climatiques et physiographiques des zones à aménager. Leur durée de vie constitue une priorité absolue.

A cette fin, certaines précautions devront être prises en avance :

1. Un choix volontaire traduisant un compromis entre la longévité et le coût de l'ouvrage. En effet, il s'avère raisonnable d'opter pour une durée limitée au profit d'une minimisation du coût de l'ouvrage. Il se peut aussi que le type d'ouvrage varie peu avec les conditions climatiques (tempête, pluie torrentielle ….) ou avec les caractéristiques du milieu physique,
2. La non intégration de ces ouvrages à l'exploitation agricole en tant que facteur de production ayant ses propres règles de gestion. Ce manque d'intégration se traduit par le fait que ces ouvrages sont construits par les services techniques de l'Etat sans aucune consultation avec les agriculteurs. Cela explique l'absence d'entretien, voire même la destruction volontaire de ces ouvrages,
3. L'absence de financements suffisants pour la lutte contre la désertification.

Ces trois raisons constituent un handicap majeur pour les aménagements de lutte contre la désertification dans les régions soumises à l'aridité et aux aléas climatiques.

Pour résoudre les défaillances consignées et remédier aux insuffisances, il s'avère nécessaire:

- d'impliquer les agriculteurs dans toutes les opérations relatives à l'aménagement et la réalisation des travaux de lutte contre la désertification en renforçant la vulgarisation et l'encadrement de ces bénéficiaires
- d'utiliser les terres selon leurs vocations et pratiquer l'agriculture de conservation
- de valoriser les ouvrages de lutte contre la désertification par des plantations ayant un rendement élevé. La faisabilité économique doit être mise en exergue comparée au coût de non aménagement (perte directe et indirecte)
- de diversifier les aménagements et les cultures au niveau des exploitations et éviter la monoculture
- d'assurer un savoir-faire fiable aux agriculteurs des régions arides et semi-arides
- de faire des actions de LCD, des pratiques agricoles indispensables comme toute autre activité agricole
- d'inscrire les actions de protection des ressources naturelles dans les plans de développement des pays concernés
- d'encourager la recherche appliquée à la protection de ces ressources.

Les Travaux de LCD doivent atteindre les trois objectifs suivants :

- La protection efface et peu coûteuse
- La création d'emplois
- L'amélioration de la productivité des terres aménagées.

Les éléments nécessaires pour la préparation des projets de protection et d'aménagement des ressources naturelles.

En général, la conception et la préparation d'un projet constituent des facteurs déterminants pour sa réussite. D'où la nécessité de procéder à une planification qui se base sur trois étapes :

- Analyse de la situation actuelle : il s'agit de faire un diagnostic de l'état actuel de la zone du projet du point de vue physique, écologique et socio-économique etc…
- Panification stratégique : il s'agit de poser le problème, de fixer les objectifs à atteindre avec des indicateurs de mise en œuvre et aussi de tracer les différentes étapes en fixant les moyens à mette à disposition.
- Planification opérationnelle : il s'agit de tracer un plan d'intervention des différentes actions. Ce plan doit être bien reparti dans le temps et dans l'espace.

L'expérience a monté que les difficultés ne résident pas dans le choix des techniques de lutte contre la désertification les plus efficaces mais dans l'adoption d'une approche globale qui intègre aussi bien les aspects techniques que les aspects socio-économiques.

Certes, la dégradation des ressources naturelles est non seulement le résultat des facteurs liés principalement au climat, au relief et au substrat pédologique, mais elle est aussi fortement influencée par le contexte socio-économique. A ce titre il s'avère important de prendre en compte l'aspect de protection du patrimoine sol et eau et des infrastructures menacés par le phénomène de désertification mais aussi de considérer, dans la mesure du possible, l'aspect socio-économique en mettant en exergue la rentabilité économique (directe et indirecte) de ces projet.

Ainsi, la stratégie élaborée doit reposer sur trois éléments :

- Technique : en déterminant les meilleures techniques à réaliser pour maintenir la fertilité des sols et réduire le transport des particules.
- Economique : en évaluant les actions réalisées pour déterminer celles qui vont le plus loin dans le sens de l'intérêt des bénéficiaires. Il s'agit aussi de mener une évaluation chiffrée de la situation actuelle (du départ), la détermination de la rentabilité économique des principaux aménagements proposés et aussi le coût du non action qui est estimé entre 1 et 5% de perte de potentialité agronomique des terres agricoles dans les régions arides et semi-arides.
- Sociologique, en prenant en compte les propositions des bénéficiaires pour la mise en valeur de leurs terres. L'acceptabilité de ces travaux par les bénéficiaires constitue un facteur de réussite du projet et de sa durabilité. Il s'avère important, également, de prêter une attention particulière aux aspects fonciers qui ont, souvent, constitué un handicap majeur pour la réalisation des projets de lutte contre la désertification.

Par ailleurs, la planification efficace doit être basée sur des données et des informations fiables. Une fois accomplie, cette étape doit nous permettre de dresser un plan d'intervention composé de plusieurs phases interconnectées entre elles. Ce plan doit être assez précis comprenant une description détaillée des différentes interventions bien réparties dans le temps et dans l'espace formant une chaine d'exécution opérante. Avant le démarrage de l'exécution proprement dite, Il s'avère utile de déterminer et de quantifier les moyens ou les intrants (main d'œuvre, matériels, lubrifiant, encadrement ….) indispensables pour la réalisation des actions programmées.

Bibliographie

Commission Européenne et CILSS - 2009 : Récupération des sols fortement dégradés à des fins sylvo-pastorales ; Une évaluation quantitative des aménagements mécaniques à partir de la charrue Delfino réalisés par l'ONG REACH au Burkina Faso,

Direction de CES Tunisie 1981 : Ouvrages de la conservation des eaux et du sol

Eric ROOSE 2002 : les Banquettes mécaniques et techniques traditionnelles de CES pour la zone méditerranéenne semi-aride de Tunisie (Kairouan, Siliana et Zaghouan,

FAO 1990 : Manuel de concertation des eaux et du sol : Projet PNUD-FAO-TUN/86/020)

FAO, 2014 : Manuel de formation à la lutte contre la désertification, la fixation des dunes et la gestion des boisements en Mauritanie

Kallala A. (1991) : Les cordons en pierres sèches, projet PNUD - FAO - TUN/86/020

Kallala A. 1995 : manuel sur les plantes naturelles du sud tunisien,

Kallala A. 1983 : land evaluation in relation to erosion effect , using aerial photography and land sat imagery in central Tunisia,

Kallala A et al 1998: programme d'action national pour la lutte contre la désertification en Tunisie,

Kelleg H.W. 1963 : garder la terre en vie. L'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. Bull. Pédol. FAO. N° 50.

Makhlouf. L, Nedjahi. A, Abdellaoui. M, Benarar. 2012 . Institut National de Recherche Forestière de l'Algérie : Protection des périmètres agricoles dans les régions arides et semi-arides,

Société Japonaise des Ressources Vertes 2001 : Guide technique de la conservation des terres agricoles au Niger,

OSS 2012: Plateforme de Partenariat et de Gestion des Connaissances de la Grande Muraille Verte

Youssef Al AliLes 2007 : Les aménagements de CES en banquettes : Analyse, fonctionnellement et essai de modélisation en milieu méditerranéen (El Gouazine- Tunsie centrale).