

Chapitre 3 : Les procédés spéciaux de conservation des sols

1. Les procédés spéciaux de conservation des sols

La conservation des sols est essentielle pour maintenir la productivité agricole, prévenir la dégradation des terres et lutter contre les changements climatiques. Outre les techniques classiques comme le mulching, plusieurs procédés spéciaux ont été développés pour répondre à des conditions spécifiques ou des défis particuliers.

1.1. Les techniques de conservation adaptées aux pentes (Anti-érosives)

a) Les terrasses agricoles (Fig. 1)

- **Principe** : Aménagement de paliers horizontaux sur les versants pour réduire la vitesse d'écoulement de l'eau et limiter l'érosion.

- **Applications** : Utilisées depuis des millénaires (ex. : rizières en Asie, cultures andines).

- **Avantages** :

- Réduction de l'érosion hydrique jusqu'à 90% (FAO, 2021).
- Meilleure rétention de l'eau et des nutriments.
- Limites : Coût élevé en main-d'œuvre et entretien nécessaire.



Figure 1 : Terrasses en gradins (Site 17)

b) Les bandes enherbées ou végétalisées

- **Principe** : Alternance de cultures et de bandes de végétation permanente (herbes, arbustes) pour freiner le ruissellement.

- Efficacité : Réduction de 50-70% de l'érosion (USDA, 2020).
- Exemple : Système de "strip cropping" aux États-Unis.

1.2. Les techniques de régénération des sols dégradés

a) La Biochar (Charbon de Bois Agricole)

- **Principe** : Incorporation de charbon produit par pyrolyse de biomasse pour améliorer la rétention d'eau et la fertilité.

- **Avantages** :

- Séquestration du carbone (potentiel climatique).

- Augmentation de la CEC (capacité d'échange cationique) (**Lehmann & Joseph, 2015**).
- Limites : Coût de production et disponibilité de la biomasse.

b) La phytoremédiation

- **Principe** : Utilisation de plantes (ex. : tournesol, saule) pour extraire les polluants (métaux lourds) du sol.
- **Applications** : Réhabilitation des sols industriels contaminés (**EPA, 2019**).

1.3. Les innovations en agroforesterie

a) Les systèmes agroforestiers

- **Principe** : Intégration d'arbres dans les cultures ou pâturages.
- **Avantages** :
 - Réduction de l'érosion par le système racinaire.
 - Amélioration de la biodiversité (ICRAF, 2022).
- **Exemple** : Cultures sous ombrage (café, cacao).

b) Le "Push-Pull" (Agriculture de Contrôle Biologique)

- **Principe** : Combinaison de plantes répulsives et attractives pour limiter les ravageurs et améliorer le sol.
- **Exemple** : Utilisation de Desmodium (repousse les nématodes) et Napier (attire les insectes).

1.4. Les méthodes mécaniques avancées

a) Le non-labour avec couverture végétale permanente

- **Principe** : Suppression du labour pour préserver la structure du sol, combinée à des plantes de couverture.
- **Avantages** :
 - Moins de compaction et meilleure activité microbienne.
 - Stockage accru de carbone (Lal, 2018).

b) Les structures en géotextiles

- **Principe** : Utilisation de toiles biodégradables (fibres de coco, jute) pour stabiliser les sols en pente.
- **Applications** : Réhabilitation de terrains érodés (construction routière, berges).

Les procédés spéciaux de conservation des sols offrent des solutions ciblées pour des défis spécifiques (érosion forte, pollution, sécheresse). Leur efficacité dépend du contexte pédoclimatique et des ressources disponibles. Une combinaison de plusieurs techniques (ex. : terrasses + agroforesterie) est souvent la meilleure approche.

2. L'équation universelle de perte des sols de Wischmeier et Smith (USLE/RUSLE) :

2.1. Présentation de l'équation

L'équation universelle de perte des sols (USLE, Universal Soil Loss Equation), développée par **Wischmeier et Smith (1965, 1978)**, est un modèle empirique permettant d'estimer l'érosion hydrique des sols. Elle a été révisée (RUSLE, Revised USLE) pour améliorer sa précision. L'équation s'exprime comme suit :

$$A=R \times K \times LS \times C \times P$$

Où :

- **A** : Perte annuelle moyenne de sol (tonnes/hectare/an).
- **R** : Facteur d'érosivité des précipitations (énergie des pluies).
- **K** : Facteur d'érodibilité du sol (sensibilité à l'érosion).
- **LS** : Facteur topographique (longueur et inclinaison de la pente).
- **C** : Facteur de gestion des cultures (couverture végétale).
- **P** : Facteur des pratiques de conservation (mesures anti-érosives).

Cette équation est largement utilisée en agronomie, en aménagement du territoire et dans les études environnementales pour évaluer les risques d'érosion et planifier des mesures de conservation.

2.2. Détail des facteurs :

a) Facteur R : Érosivité des précipitations

Il mesure l'impact des précipitations sur l'érosion. Le facteur **R** quantifie l'impact des pluies sur l'érosion. Il dépend de l'énergie cinétique des gouttes et de leur intensité. **Wischmeier et Smith (1978)** proposent de le calculer en cumulant les produits de l'énergie des pluies (**E**) et de l'intensité maximale en 30 minutes (**I₃₀**) pour chaque événement pluvieux.

Des cartes mondiales et régionales de l'érosivité des pluies ont été établies, comme celles de **Panagos et al. (2017)** pour l'Europe, montrant des valeurs élevées en zones tropicales et montagneuses. Ces cartes permettent d'estimer R sans mesures locales, en se basant sur des données climatiques.

Il se calcule à partir de l'énergie cinétique des pluies et de leur intensité maximale sur 30 minutes selon la formule simplifiée (**Wischmeier & Smith, 1978**) :

$$R = \sum_{i=1}^n (E \cdot I_{30})$$

où

E = énergie cinétique (MJ/ha) et **30I₃₀** = intensité maximale sur 30 minutes (mm/h).

b) Facteur K : Érodibilité du sol

Le facteur **K** reflète la sensibilité du sol à l'érosion. Il dépend de :

- La texture (les sols limoneux sont les plus érodibles).

- La teneur en matière organique (qui stabilise le sol).
- La structure et la perméabilité.

Des tables de valeurs de K ont été publiées dans l'USDA Handbook 537 (**Wischmeier & Smith, 1978**). Par exemple, un sol sableux a un $K \approx 0,02-0,05$, tandis qu'un sol argileux peut atteindre 0,15. Des méthodes de laboratoire (simulateurs de pluie) et des modèles mathématiques (comme l'équation nomographique) sont utilisés pour le déterminer.

c) Facteur LS : Influence de la topographie

Le facteur **LS** combine l'effet de la longueur (**L**) et de la pente (**S**). Plus une parcelle est longue et pentue, plus l'érosion est importante. **McCool et al. (1987)** ont affiné son calcul pour les fortes pentes (> 20 %) :

$$LS = (\lambda / 22,1)^m \times (\sin \theta / 0,0896)^n$$

où λ = longueur de pente (m), θ = angle de pente, et m, n = coefficients variables.

Des outils comme les SIG (Systèmes d'Information Géographique) permettent de calculer LS à partir de modèles numériques de terrain (MNT).

d) Facteurs C et P : Gestion des terres

- **Facteur de culture (C)** : Il représente l'effet protecteur de la végétation. Variabilité selon le type de végétation et les rotations culturales.

Par exemple :

- C = 1,0 pour un sol nu.
- C = 0,01 pour une forêt dense.

Des études comme celles de Renard et al. (1997) fournissent des valeurs pour différentes cultures et rotations.

- **Facteur P : Facteur de pratiques anti-érosives (P)**: Il intègre les pratiques réduisant l'érosion (labour en courbes de niveau, terrasses). Réduction de l'érosion par des techniques comme les terrasses ou le labour suivant les courbes de niveau.

Par exemple :

- P = 0,25 pour des terrasses bien conçues.
- P = 1,0 si aucune mesure n'est appliquée.

Applications et limites

La RUSLE est utilisée pour :

- Évaluer l'impact des changements climatiques sur l'érosion (**Panagos et al., 2022**).
- Planifier des aménagements anti-érosifs (bandes enherbées, agroforesterie).

Limites :

- Ne prend pas en compte l'érosion en ravines ou les glissements de terrain.
- Requiert des données locales précises pour être fiable.

2.3. Objectif de l'équation de Wischmeier (USLE/RUSLE) : Pourquoi la calcule-t-on ?

L'équation universelle de perte des sols (USLE) et sa version révisée (RUSLE) ont été développées pour quantifier et prédire l'érosion hydrique des sols dans différents contextes agricoles, forestiers et environnementaux. Voici ses **principaux objectifs** :

2.3.1. Évaluer les risques d'érosion des sols

L'équation permet de calculer la quantité de sol perdue chaque année sous l'effet des pluies et du ruissellement. Cela aide à :

- Identifier les zones les plus vulnérables à l'érosion (parcelles en pente, sols fragiles).
- Comparer l'impact de différents types d'utilisation des terres (cultures, forêts, pâturages).

Exemple : Un agriculteur peut estimer si son champ perd 5 ou 50 tonnes de sol par hectare/an, ce qui influence ses pratiques culturales.

2.3.2. Guider les pratiques de conservation des sols

En modifiant les facteurs **C** (couverture végétale) et **P** (pratiques anti-érosives), on peut simuler l'effet de mesures comme :

- L'implantation de cultures de couverture (réduction du facteur C).
- La construction de terrasses ou de bandes enherbées (réduction du facteur P).

Application : Une étude utilisant la RUSLE peut montrer que des terrasses réduisent l'érosion de 70 %, justifiant leur coût d'installation.

2.3.3. Planifier l'aménagement du territoire

Les décideurs utilisent la RUSLE pour :

- Classer les terres selon leur sensibilité à l'érosion (zones prioritaires pour la protection).
- Élaborer des réglementations pour limiter le défrichement ou l'agriculture intensive sur les pentes fortes.

Exemple : Au Brésil, la RUSLE a servi à définir des zones de préservation obligatoire dans le code forestier.

2.3.4. Étudier l'impact des changements climatiques

Le facteur **R** (érosivité des pluies) est sensible aux modifications du régime des précipitations. La RUSLE aide à anticiper :

- L'augmentation de l'érosion dans les zones où les pluies deviennent plus intenses (Panagos *et al.*, 2022).
- L'efficacité des mesures d'adaptation (ex : agroforesterie).

2.3.5. Préserver la productivité agricole à long terme

L'érosion appauvrit les sols en nutriments et réduit leur capacité à retenir l'eau. La RUSLE permet de :

- Calculer le taux de perte de sol tolérable (en fonction de la vitesse de formation du sol).
- Éviter la dégradation irréversible des terres cultivables.

Donnée clé : Selon la FAO, 33 % des sols mondiaux sont déjà dégradés par l'érosion.

Limites de l'équation

Bien qu'utile, la RUSLE ne prend pas en compte :

- L'érosion éolienne.
- Les phénomènes extrêmes (glissements de terrain, ravinement).
- Les processus biologiques (effet des racines, activité des vers de terre).

Elle reste donc un outil complémentaire à d'autres méthodes (modélisation 3D, mesures in situ).

L'équation de Wischmeier est un outil indispensable pour :

- ☐ Diagnostiquer l'érosion.
- ☐ Choisir des solutions adaptées.
- ☐ Sensibiliser aux enjeux de la dégradation des sols.

Son application va de la parcelle agricole aux politiques publiques, en passant par la recherche climatique.

3. La protection des pentes contre l'érosion

La protection des pentes contre l'érosion : Procédés spéciaux de conservation des sols. L'érosion des sols en pente est un problème majeur en agriculture, en foresterie et en aménagement du territoire. Pour la prévenir, plusieurs techniques efficaces peuvent être mises en œuvre, combinant souvent des approches végétales, mécaniques et culturelles.

3.1. Méthodes de protection des pentes contre l'érosion

3.1.1. Méthodes Végétales (Bio-ingénierie)

a) Végétalisation des Pentes

- Plantation d'espèces stabilisatrices :
- Herbes (ex : vetiver, ray-grass) pour retenir le sol.
- Arbustes et arbres (ex : saules, acacias) pour renforcer la structure racinaire.
- Cultures en bandes alternées : Alternier rangées de cultures et bandes enherbées pour réduire le ruissellement.

b) Couverture Végétale Permanente

- Paillage (paille, bois raméal fragmenté) pour protéger le sol des impacts de pluie.
- Engrais verts (trèfle, moutarde) entre les cultures pour limiter l'érosion.

Avantage : Améliore la biodiversité et la fertilité du sol.

c) Les fascines vivantes (Live Fascines)

Les fascines vivantes constituent une technique de génie biologique particulièrement efficace pour stabiliser les pentes moyennement raides (20-45%). Cette méthode consiste à disposer des branches vivantes d'espèces ligneuses (saules, peupliers) dans des sillons creusés le long des courbes de niveau, maintenues par des piquets en bois. Les boutures émettent des racines et des pousses, créant ainsi un réseau vivant de stabilisation.

Avantages :

- Réduction de 60-80% du ruissellement superficiel
- Coût 3 à 5 fois inférieures aux murs de soutènement
- Intégration paysagère naturelle

d) Les gabions végétalisés

Cette technique combine des structures en gabions (cages métalliques remplies de pierres) avec une végétalisation ultérieure. Les gabions servent de structure de soutien immédiate tandis que les plantes (lierre, rosiers rampants) colonisent progressivement la structure.

Applications :

- Talus routiers
- Berges de cours d'eau
- Pentes instables (>50%)

Performance :

Durée de vie >25 ans

Résistance à des vitesses d'écoulement jusqu'à 5 m/s

e) Le mulch de coco avec hydro-ensemencement

Technique innovante combinant :

1. Application d'un mulch de fibre de coco (5-10 cm d'épaisseur)
2. Projection d'un mélange hydraulique contenant :
 - Semences adaptées au milieu
 - Liants biodégradables
 - Engrais à libération lente

Avantage :

- Protection immédiate contre l'érosion
- Taux de germination >85%
- Applicable sur pentes jusqu'à 70%

Données techniques :

Dosage recommandé : 2-3 kg de semences/100 m²

Résistance au ruissellement après 72h

f) Les palissades en bois avec géotextile

Système composite utilisant :

- Piquets en bois dur (châtaignier, acacia) espacés de 1m
- Géotextile biodégradable (fibre de coco ou jute)

- Remblai terreux végétalisé

Mise en œuvre :

1. Implantation des piquets en quinconce
2. Fixation du géotextile côté amont
3. Remplissage avec terre locale
4. Plantation d'espèces couvre-sol

Durée de vie :

Géotextile : 2-5 ans (dégradation progressive)

Piquets : 10-15 ans

g) Les systèmes de drains secs japonais (Kaso)

Technique traditionnelle japonaise adaptée aux fortes pentes (>60%) combinant :

- Réseau de drains en pierres sèches
- Captage des eaux souterraines
- Végétation spécifique (bambou nain, azalées)

Principes clés :

- Pente des drains : 5-15%
- Diamètre des pierres : 10-30 cm
- Espacement : 3-5 m selon la pente

Efficacité :

Réduction de 90% des glissements superficiels

Coût d'entretien <100€/an/100m²

3.1.2. Méthodes Mécaniques (Génie Civil)

a) Terrassement et Terrasses

- Terrasses agricoles (en courbes de niveau) pour casser la pente et ralentir l'eau.
- Banquettes (petites terrasses) adaptées aux zones semi-arides.

b) Ouvrages de contrôle du ruissellement

- Bassins de rétention pour capter les eaux de ruissellement.
- Fossés et rigoles pour canaliser l'eau sans éroder le sol.

Exemple : Les rizières en terrasses d'Asie du Sud-Est, efficaces depuis des siècles.

3.1.3. Pratiques culturelles anti-érosives

a) Travail du sol adapté

- Labour suivant les courbes de niveau (au lieu de monter/descendre la pente).

- Techniques sans labour (semis direct) pour préserver la structure du sol.

b) Rotation des cultures

- Alternier cultures érosives (maïs) et cultures protectrices (légumineuses).

Effet : Réduction du facteur C dans l'équation RUSLE.

3.1.4. Solutions Innovantes

a) Géotextiles et Filets Anti-Érosion

- Toiles biodégradables (en coco, jute) pour stabiliser les sols en pente forte.
- Filets de rétention des sédiments en construction routière.

b) Modélisation et Surveillance

- Drones et SIG pour cartographier les zones à risque.
- Capteurs IoT mesurant l'humidité et le ruissellement en temps réel.

3.1.5. Exemple de Projet Réussi

Lieu : Rwanda (collines érodées).

Solution :

- ✓ Terrasses en pierres sèches + plantation de vetiver.
- ✓ Réduction de l'érosion de 80 % en 5 ans (source : FAO, 2020).

La protection des pentes repose sur :

- ☐ Une approche intégrée (végétale + mécanique).
- ☐ Des techniques adaptées au contexte local (climat, pente, type de sol).
- ☐ Un entretien régulier des aménagements.

3.2. Érosion des sols : Définition, Types et Impact sur les Pent

3.2.1. Définition du processus d'érosion :

L'érosion est un processus naturel ou accéléré par les activités humaines qui entraîne la détérioration et le transport des particules du sol par des agents comme l'eau, le vent, la glace ou la gravité. Cette altération, appelée érosion, se produit lorsque la roche est décomposée et dissoute en petites particules sous l'effet de processus chimiques, physiques et biologiques. Cependant, l'érosion peut également avoir des impacts négatifs, tels que la perte de sols fertiles, la destruction d'habitats naturels et la dégradation de la qualité de l'eau, affecte les écosystèmes et peut provoquer des catastrophes naturelles (glissements de terrain, envasement des cours d'eau).

3.3. Impact des Pent

3.3.1 Relation Pente-Érosion

- Loi fondamentale :

$\propto$

$E \propto \tan(\theta) \times L$

\]

où θ = angle de pente, L = longueur de pente.

- Seuils critiques :

- <5% : Faible risque
- 5–15% : Risque modéré (zones agricoles)
- >30% : Risque très élevé (nécessite stabilisation) (Renard *et al.*, 1997).

3.3.2. Effet de la Longueur de Pente

- Une pente 2 fois plus longue peut quadrupler l'érosion (Wischmeier & Smith, 1978).

3.3.3 Pentes et Types d'Érosion Dominants (FAO, 2015) (Tab 8).

Tableau 8 : Pentes et Types d'Érosion Dominants (FAO, 2015)

Pente (%)	Type d'Érosion Prédominant
0–2	Érosion éolienne
2–10	Érosion en nappe
10–30	Érosion en rigoles
>30	Glissements/ravinement

4. La Construction des terrasses

Les terrasses sont des aménagements agricoles construits en suivant les courbes de niveau des pentes pour réduire l'érosion hydrique, améliorer la rétention d'eau et faciliter la culture sur des terrains inclinés. Elles sont largement utilisées dans les régions montagneuses et semi-arides pour préserver la fertilité des sols. Ces techniques remontent à des civilisations anciennes, comme les Incas (andenes) et les paysans asiatiques (rizières en terrasses).

4.1. Types de terrasses

Plusieurs types de terrasses sont adaptés selon la pente, le climat et le type de culture :

- **Terrasses en gradins (banquettes)** : Plateformes horizontales soutenues par des murets en pierre ou en terre, utilisées pour les cultures permanentes.
- **Terrasses progressives (bench terraces)** : Créées par un labour répété suivant les courbes de niveau, sans structure rigide.
- **Terrasses à pente inversée** : Légèrement inclinées vers l'amont pour retenir l'eau.
- **Terrasses vivantes (fanya juu en Afrique de l'Est)** : Construites en empilant des bandes de terre et de végétation pour former des digues.

4.2. Techniques de construction des terrasses

La construction des terrasses suit des étapes précises :

- 1. Étude topographique** : Identification des courbes de niveau à l'aide d'un niveau à bulle ou d'un GPS.
- 2. Déblai et remblai** : Excavation de la terre en amont et remblayage en aval pour former une plateforme plane.
- 3. Stabilisation des murets** : Utilisation de pierres, de bois ou d'herbes (comme le vetiver) pour renforcer les bordures.

4. Drainage : Installation de canaux d'évacuation pour éviter la saturation en eau.

4.3. Avantages des terrasses pour la conservation des sols :

Les terrasses constituent l'une des méthodes les plus efficaces pour lutter contre la dégradation des sols en zones pentues. Leurs bénéfices englobent la réduction de l'érosion, l'amélioration de la fertilité et l'optimisation de la gestion de l'eau.

a) Réduction de l'érosion hydrique et éolienne

- Limitation du ruissellement : En fractionnant les pentes, les terrasses diminuent la vitesse de l'eau, réduisant ainsi l'érosion en rigoles et en ravines (**Morgan, 2005**).
- Stabilisation des sols : Les murets ou les banquettes empêchent le déplacement des particules fines sous l'effet des pluies et du vent (**FAO, 2019**).
- Réduction de l'érosion : Les terrasses diminuent la vitesse du ruissellement, limitant la perte de sol (**Morgan, 2005**).

b) Amélioration de la rétention d'eau

- Amélioration de l'infiltration : Les terrasses favorisent la pénétration de l'eau dans le sol, rechargeant les nappes phréatiques et réduisant les risques de sécheresse (**CIAT, 2017**).
- Réduction des inondations : En ralentissant le ruissellement, elles atténuent les crues en aval.
- Augmentation de la productivité : Les surfaces planes facilitent l'agriculture intensive.

c) Augmentation de la fertilité des sols

- Accumulation de matière organique : Les terrasses retiennent les sédiments riches en nutriments, améliorant la productivité agricole (**Bashagaluke et al., 2018**).
- Prévention de la perte de sol arable : En zones montagneuses, elles préservent la couche superficielle du sol, essentielle pour les cultures.

d) Diversification agricole et sécurité alimentaire

- Extension des surfaces cultivables : Les terrasses permettent de cultiver des pentes autrefois inexploitable.
- Adaptation aux cultures variées : Elles conviennent aux céréales, arbres fruitiers et cultures maraîchères.

e) Bénéfices écologiques et socioéconomiques

- Préservation de la biodiversité : En limitant la dégradation, elles maintiennent les écosystèmes locaux.
- Résilience climatique : Elles atténuent les effets des pluies intenses et des sécheresses prolongées.

Les terrasses restent une solution durable pour l'agriculture en zones pentues. Les terrasses offrent une solution durable pour la conservation des sols, combinant avantages agronomiques, hydrologiques et environnementaux. Leur adoption devrait être encouragée dans les régions vulnérables à l'érosion.

Leur conception doit s'adapter aux conditions locales pour maximiser leur efficacité.

5. La stabilisation des ravins

Les ravins, formés par l'érosion hydraulique concentrée, constituent une menace grave pour les terres agricoles, les infrastructures et les écosystèmes. Leur stabilisation nécessite des techniques adaptées combinant génie végétal, ouvrages mécaniques et gestion des eaux de ruissellement. Ces méthodes visent à freiner l'approfondissement et l'élargissement des ravins tout en restaurant les sols dégradés

5.1. Méthodes de stabilisation des ravins

5.1.1. Techniques végétales

- **Végétalisation des berges** : Implantation d'espèces à enracinement profond (vétiver, acacias, bambou) pour stabiliser les parois
- **Tapissages herbacés** : Utilisation de plantes couvre-sol (Stylosanthes, Brachiaria) pour réduire l'impact des gouttes de pluie.

5.1.2. Ouvrages mécaniques

- **Barrages en gabions** :

Structures en pierres grillagées placées en travers du ravin pour freiner l'eau et favoriser le dépôt de sédiments (**World Bank, 2021**).

- **Seuils en pierres sèches** :

Digues basses construites avec des matériaux locaux pour casser la pente.

- **Bassins de décantation** :

Aménagés en amont pour piéger les particules érodées avant qu'elles n'aggravent le ravin.

5.1.3. Correction du drainage

- **Déviation des eaux** : Canaux ou fossés pour détourner les flux d'eau loin des têtes de ravin.
- **Contrôle de l'érosion en amont** : Terrassement, bandes enherbées ou cultures en courbes de niveau pour réduire le ruissellement.

5.2. Étapes clés de réhabilitation

1. Diagnostic du ravin (profondeur, pente, type de sol).
2. Choix des techniques (végétales, mécaniques ou mixtes).
3. Mise en œuvre progressive (travaux en saison sèche).
4. Suivi et entretien (vérification après pluies, replantation si nécessaire).

5.3. Avantages de la stabilisation des ravins : La stabilisation des ravins est une méthode essentielle de lutte contre l'érosion, offrant des bénéfices environnementaux, agricoles et socio-économiques majeurs. Voici ses principaux avantages :

a) Lutte contre l'érosion et protection des sols

- **Réduction de la perte de terres arables** : En freinant l'élargissement et l'approfondissement des ravins, cette technique préserve les sols fertiles indispensables à l'agriculture (**FAO, 2017**).
- **Prévention de la dégradation des paysages** : Elle limite la formation de nouvelles ravines et stabilise les zones déjà érodées (**Morgan, 2005**).

b) Amélioration de la gestion de l'eau

- Ralentissement du ruissellement : Les ouvrages (barrages, seuils) réduisent la vitesse de l'eau, favorisant son infiltration et rechargeant les nappes phréatiques (**World Bank, 2021**).
- Réduction des inondations en aval : En captant les sédiments, les ravins stabilisés diminuent les risques de crues brutales.

c) Restauration des terres agricoles

- **Réhabilitation des zones dégradées** : Les ravins stabilisés peuvent être réutilisés pour l'agropastoralisme ou le reboisement (**World Agroforestry Centre, 2019**).
- **Augmentation de la productivité** : Les sols protégés permettent des cultures plus durables.

d) Bénéfices écologiques

- **Préservation de la biodiversité** : La végétalisation des ravins crée des habitats pour la faune et la flore.
- **Séquestration du carbone** : Les plantes utilisées (vétiver, arbres) captent le CO₂, contribuant à atténuer le changement climatique.

e) Avantages socio-économiques

- **Protection des infrastructures** : Les ravins stabilisés évitent l'endommagement des routes, ponts et habitations.
- **Création d'emplois locaux** : Les travaux de construction et d'entretien génèrent des activités pour les communautés rurales.

Limites :

- Coût élevé des ouvrages mécaniques.
- Nécessité d'un entretien régulier.

6. Les Brises-Vents :

Les brise-vent sont des dispositifs végétaux ou artificiels conçus pour réduire la vitesse du vent et protéger les sols contre l'érosion éolienne. Utilisés depuis des siècles dans les régions arides et semi-arides, ils jouent un rôle crucial dans la préservation des terres agricoles et l'amélioration des conditions microclimatiques (**FAO, 2018**).



Figure 17 : Brise-vent (Site 18)

6.1. Types de Brise-Vents

6.1.1. Brise-Vents végétaux

- **Haies d'arbres** : Combinaison d'essences à croissance rapide (Acacia, Casuarina) et d'arbres plus denses (Tamarix, Eucalyptus)
- **Rideaux arbustifs** : Utilisation d'arbustes résistants (Atriplex, Calligonum) dans les zones très arides
- **Systèmes multi-étagés** : Association d'arbres, d'arbustes et de plantes herbacées pour une protection optimale

6.1.2. Brise-Vents artificiels

- Palissades en bois ou plastique
- Clôtures tressées
- Structures géotextiles

6.2. Techniques d'implantation des Brise-Vents

6.2.1. Conception

- Orientation perpendiculaire aux vents dominants
- Densité optimale (30-50% de porosité pour une protection efficace)
- Espacement (généralement 10-15 fois la hauteur des arbres)

6.2.2. Choix des espèces

Critères de sélection :

- Résistance à la sécheresse
- Système racinaire profond
- Croissance rapide
- Valeur économique complémentaire (fourrage, bois, fruits)

6.3. Avantages des Brise-Vents pour la conservation des sols

6.3.1. Lutte contre l'érosion éolienne

- Réduction de 50-80% de la vitesse du vent (**Brenner, 2019**)
- Limitation du déplacement des particules fines responsables de la dégradation des sols
- Protection des semis et jeunes plants
- Prévention de la formation de dunes dans les zones arides et semi-arides

6.3.2. Amélioration des conditions microclimatique

- Réduction de l'évapotranspiration (15-20% d'économie d'eau)
- Protection contre les tempêtes de sable
- Augmentation de l'humidité relative (de 5 à 15%)

- Atténuation des effets des températures extrêmes (protection contre le gel et les fortes chaleurs)

6.3.3. Bénéfices Agro-écologiques

- Création d'habitats pour la faune auxiliaire
- Apport de matière organique par la chute des feuilles
- Production de bois de chauffage et de fourrage
- Création de corridors biologiques pour la faune
- Séquestration du carbone par la biomasse végétale
- Préservation de la biodiversité (habitat pour les oiseaux et insectes utiles)
- Amélioration de la qualité des sols par l'apport de matière organique

6.3.4. Augmentation de la productivité agricole

- Amélioration des rendements (10 à 30% selon les cultures)
- Extension des possibilités culturales (protection des cultures sensibles au vent)
- Réduction des pertes post-récolte (limitation du dessèchement des grains)

6.3.5. Avantages socio-économiques

- Production complémentaire (bois, fruits, fourrage, plantes médicinales)
- Réduction des coûts de production (moins d'irrigation nécessaire)
- Valorisation des terres marginales
- Création d'emplois pour l'installation et l'entretien

6.3.6. Protection des infrastructures

- Prévention de l'ensablement des routes et habitations
- Protection des bâtiments agricoles contre l'usure éolienne
- Réduction des coûts de maintenance des infrastructures

6.3.7. Adaptation aux changements climatiques

- Résilience accrue face aux événements climatiques extrêmes
- Régulation du cycle de l'eau à l'échelle locale
- Atténuation des îlots de chaleur

6.4. Études de Cas

Projet au Sahel

- Implantation de 300 km de brise-vent au Niger
- Résultats après 5 ans :
 - Augmentation de 30% des rendements céréaliers
 - Régénération naturelle de la végétation
 - Réduction des phénomènes d'encroûtement des sols