

Chapitre 4 : L'érosion éolienne

1. Généralités sur l'érosion éolienne :

L'érosion éolienne (**Fig. 1**) est un processus naturel ou accentué par l'activité humaine, au cours duquel le vent détache, transporte et dépose les particules du sol. Elle est particulièrement marquée dans les régions arides, semi-arides et les terres agricoles mal protégées. C'est l'action de destruction des roches et des reliefs par le vent. L'action du vent est surtout sensible dans les régions où les sols et les roches ne sont pas protégés par un couvert végétal, (c'est-à-dire dans les régions arides chaudes et dans les régions très froides). L'érosion **éolienne** est produite par des particules dans l'air, par déplacement et cisaillement du vent, ou l'abrasion des matériaux qu'il transporte

L'érosion éolienne se produit lorsque des particules de sol sont détachées, transportées et déposées par le vent. Les particules du sol peuvent rester ou quitter le champ ou la zone d'où elles sont érodées. L'énergie cinétique est la principale force de l'érosion éolienne. Le moyen le plus efficace de contrôler l'érosion est de garder la surface du sol couverte ou blindée, soit avec des plantes en croissance, soit avec des résidus de cultures passées. Il est également important de construire des sols sains grâce à des pratiques agricoles durables qui maximisent la biodiversité, maximisent la couverture vivante, maximisent les racines vivantes continues et minimisent la perturbation du sol (**FAO, 2019**). Ce processus, particulièrement actif dans les zones arides et semi-arides, représente une menace majeure pour les écosystèmes et les activités humaines (**FAO, 2021**).

1.1. Processus de l'érosion éolienne

Le vent a deux mécanismes pour éroder : il transporte (**c'est la déflation**) les éléments fins provenant des roches après qu'elles ont été attaquées par la désagrégation mécanique. La seconde action est celle de **la corrasion**, c'est-à-dire l'attaque des roches en raison de leur mitraillage par les éléments solides transportés par le vent (en particulier les sables composés de quartz très dur). Lorsque la vitesse du vent ne permet plus le transport des éléments fins ces particules tombent au sol où ils s'accumulent (cas du remodelage des dunes dans les déserts).

La déflation :

Le vent est capable de soulever les éléments fins qui se trouvent à la surface du sol. Il peut les transporter sur de très longues distances. Les éléments grossiers sont en fait déplacés au ras du sol et font comme des petits sauts consécutifs (saltation) et roulent, les éléments très fins s'envolent). Le transport peut se faire sur de très longues distances, il n'est pas rare en Europe de recevoir des poussières provenant du Sahara africain. Ainsi, la couche superficielle du sol s'amincit, les roches sous-jacentes peuvent de nouveau être exposées à la désagrégation mécanique.

La corrasion :

La corrasion est l'attaque des roches par les éléments grossiers et très durs transportés par le vent. Cette attaque est surtout sensible dans les déserts ou les régions très froides où l'absence de végétation permet au vent de prendre de la vitesse. Les éléments les plus grossiers sont surtout présents dans les couches les plus basses de l'air. C'est à ce niveau que les roches sont le plus fortement attaquées. Un peu plus haut où se trouvent des éléments plus fins, l'attaque est plus faible.



Figure 1. Erosion éolienne (UNEP, 2022)

2. Mécanismes de l'érosion éolienne

2.1.Étapes du processus :

-Détachement : Les particules fines du sol sont arrachées par la force du vent.

-Transport :

Saltation : Particules sautant sur de courtes distances.

Suspension : Particules fines transportées sur de longues distances.

Roulage : Déplacement des particules plus lourdes le long de la surface.

-Dépôt : Les particules se déposent lorsque la vitesse du vent diminue.

2.2. Modes de déplacement : Les trois modes de déplacement des particules de sol sont la suspension, la saltation et le roulement. Le mode varie selon la grosseur des particules et la puissance du vent (**Fig. 2**).

2.2.1. La saltation :

Le mouvement initial des particules du sol est une série de sauts. Le diamètre des particules en saltation est compris entre 0,5 et 1,1 mm. Après avoir sauté, les particules retombent sous l'action de la pesanteur. La partie descendante de la trajectoire est très inclinée vers le sol et pratiquement rectiligne. Peu de particules atteignent une altitude supérieure à 1 m et environ 90 % d'entre elles font des sauts inférieurs à 30 cm. L'amplitude horizontale d'un saut est généralement comprise entre 0,5 et 1 m. Le phénomène de saltation est indispensable pour amorcer l'érosion éolienne. Il est la cause de deux autres modes de transport des éléments du sol par le vent : la reptation en surface et la suspension dans l'air.

2.2.2. La reptation en surface :

Les particules de plus grande dimension roulent ou glissent à la surface du sol. Trop lourdes pour être soulevées, leur mouvement est déclenché par l'impact des particules en saltation plutôt que par l'action du vent. Les particules qui se meuvent ainsi ont des diamètres compris entre 0,5 et 2 mm suivant leur densité et la vitesse du vent.

2.2.3. La suspension : D'une façon générale, les fines poussières ne peuvent être emportées que si elles ont été projetées dans l'air par l'impact des grains plus gros. Une fois parvenues dans la couche turbulente elles peuvent être soulevées à de grandes hauteurs par les courants d'air ascendants et former des nuages de poussière atteignant fréquemment des altitudes de 3 à 4.000 mètres. Même si leur aspect peut être impressionnant, le mécanisme essentiel de l'érosion éolienne demeure la saltation car sans elle de tels nuages ne pourraient se produire.

Suspension : Particules fines (<0,1 mm) restant en suspension

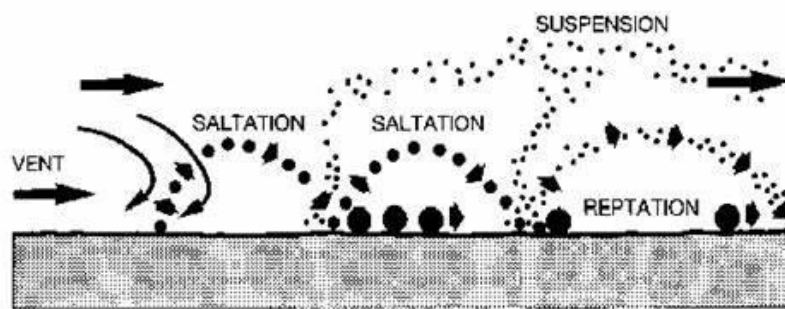


Figure 2 : Mécanismes de l'érosion éolienne (USDA, 2020).

2.2. 4. Seuils Critiques

- Vitesse seuil : 15-20 km/h à 1 m de hauteur
- Seuil d'énergie cinétique : 0,16 J/m² (Bagnold, 1941)

3. Formations résultantes de l'érosion éolienne :

- **Dunes** : accumulations de sable modelées par le vent, comme les dunes de barkhanes et les dunes longitudinales.
- **Reg** : Désert de pierres où le sable fin a été emporté par le vent, laissant des fragments de roches plus grosses.

4. Facteurs de l'érosion éolienne :

L'érosion éolienne s'observe dans les régions vulnérables, elle touche essentiellement qu'un faible pourcentage des terres, essentiellement les terres sableuses et les terres noires. La vitesse et l'ampleur de l'érosion causée par le vent dépendent des facteurs suivants (Zobeck & Van Pelt, 2003) :

4.1. Érodabilité du sol : Le vent peut soulever haut dans les airs les particules de sol très fines et les transporter sur de grandes distances (**suspension**). Il peut soulever les particules de moyennes à fines sur de courtes distances et les déplacer par petits bonds successifs qui endommagent les cultures et délogent davantage de sol (**saltation**). Si les particules de sol sont trop grosses pour que le vent les

soulève, celui-ci les fait rouler à la surface du sol (**roulement**). L'abrasion engendrée par le mouvement des particules soufflées par le vent dégrade des agrégats stables à la surface du sol, ce qui accroît encore davantage l'érodabilité du sol.

4.2. Rugosité de la surface du sol : Les sols lisses opposent peu de résistance au vent. En revanche, sur les crêtes des sillons dans les sols travaillés, les particules peuvent s'assécher plus rapidement qu'ailleurs lorsque le vent se lève, ce qui fait que davantage de sol meuble et sec peut être emporté par le vent. Avec le temps, les creux tendent à se combler, de sorte que les sols rugueux peuvent s'aplanir par abrasion. Il en résulte une surface plus lisse, donc plus vulnérable à l'érosion éolienne. Un travail excessif du sol tend à fragmenter la structure du sol et à accroître la vulnérabilité à l'érosion éolienne.

4.3. Climat : La vitesse du vent et la durée des épisodes venteux influencent directement l'intensité sur l'ampleur de l'érosion du sol par le vent, présentent une humidité de surface très faible à la surface des sols excessivement drainés ou durant des périodes de sécheresse, ce qui favorisant le détachement et à être emportées par le vent. Ce phénomène se produit lors de l'assèchement du sol par le gel au cours des mois d'hiver. L'accumulation de particules éoliennes au pied de certains obstacles comme des clôtures, des arbres ou des bâtiments, ou la présence d'une neige teintée de brun durant l'hiver constituent des indicateurs visibles.

4.4. Longueur exposée des champs : En l'absence d'arbres, d'arbustes, de résidus, etc., faisant obstacle au vent, celui-ci met les particules de sol en mouvement sur de grandes distances, ce qui augmente l'abrasion et l'érosion du sol. Comme les buttes et les sommets des collines sont habituellement exposés, ce sont les endroits qui en souffrent le plus.

4.5. Couvert végétal : À certains endroits, l'absence de couvert végétal permanent favorise considérablement à l'érosion éolienne. Les sols dénudés, secs et exposés présentent la plus grande vulnérabilité. Cependant, les cultures qui produisent peu de résidus (telles que le soja et de nombreuses cultures légumières) offrent généralement une protection insuffisante contre le vent. Dans les endroits très venteux, il arrive que même les cultures qui produisent beaucoup de résidus ne protègent pas suffisamment le sol. Le couvert végétal le plus efficace est composé d'une culture de couverture et de plantations brise-vent établies à des endroits stratégiques, combinées à un bon travail du sol, à une bonne gestion des résidus et à un choix approprié de cultures.

4.6. Érosion liée au travail du sol : L'érosion liée au travail du sol **entraîne une** redistribution du sol par la machinerie et la gravité. Elle amène un déplacement progressif du sol vers le bas des pentes. Cette forme d'érosion prépare le terrain à l'érosion hydrique. Les instruments aratoires déplacent le sol vers des zones de convergence du champ où les eaux de ruissellement se concentrent. De plus, le sous-sol ainsi exposé devient très vulnérable à l'action érosive de l'eau et du vent.

L'érosion liée au travail du sol est la forme d'érosion qui est responsable des plus importants des déplacements de sol à l'intérieur du champ. Dans de nombreux cas, elle peut causer plus d'érosion que des érosions hydrique et éolienne combinées.

4.7. Facteurs Anthropiques

- Déforestation
- Surpâturage
- Pratiques agricoles inadaptées

5. Effets de l'érosion éolienne :

L'érosion éolienne est un des processus les plus destructeurs de la désertification. Elle entraîne une dégradation environnementale sévère par l'appauvrissement des sols et transport d'importantes quantités de particules par le vent. L'érosion éolienne est le principal facteur physique d'épuisement des terres agricoles et, par l'ensablement, constitue des contraintes majeures dans les aires urbaines et oasiennes des écosystèmes secs, engendrant la pauvreté et la migration pour les populations humaines qui abandonnent leurs terres devenues stériles pour des terres nouvelles ou pour les villes (Goudie & Middleton, 2006).

Les facteurs anthropiques (déforestation, surpâturage...) sont aggravés par leur superposition avec des phases de sécheresse récurrentes ou des « accidents » pluviométriques (inondations...). Il existe également des facteurs de vulnérabilité à l'érosion éolienne inhérents aux écosystèmes secs, le premier étant les sols minces et sensibles. La sécheresse favorise leur fragilité et les transformant en poussière facilement emportée.

Les sols sont alors appauvris par un premier processus éolien de vannage des particules sableuses et des fines (argiles, limons, sables fins). Le vent balaie et transporte les particules, le vannage les trie et leur accumulation favorise la formation de nouvelles dunes. La surexploitation par les activités humaines (agriculture et pâturage) conduit à la stérilisation de ces sols déjà pauvres en matière organique.

L'érosion éolienne endommage les cultures en soumettant les plantules ou les plants repiqués à l'abrasion, en enterrant les plants ou les semences et en exposant les semences. Elle peut détruire les cultures, entraînant des retards coûteux, ce qui occasionne des retards coûteux. Elle peut même obliger à reprendre les semis. Les plantes, fragilisées par l'abrasion des particules, deviennent plus sensibles aux maladies, ce qui se traduit par des baisses de rendement, de qualité et de valeur marchande. L'érosion éolienne peut en outre compliquer les travaux aratoires et empêcher de réaliser les travaux à temps.

6. Impacts de l'érosion éolienne :

6.1. Environnementaux

- Désertification progressive
- Appauvrissement de la biodiversité

Perte de la fertilité : Enlèvement des particules riches en nutriments. Perte de 25-40 tonnes/ha/an de sol fertile (UNCCD, 2023)

-**Formation de dunes** : Déplacement massif de sable et création de barrières naturelles.

-**Dégradation des infrastructures** : Sédimentation sur les routes et dans les canaux.

-**Pollution atmosphérique** : Particules en suspension affectant la qualité de l'air.

6.2. Économiques

- Baisse des rendements agricoles (jusqu'à 50%)

- Coûts de déblaiement des infrastructures (routes, villes)

6.3. Sociaux

- Migration climatique forcée

- Conflits pour les ressources

7. Mesures de prévention et de contrôle de l'érosion éolienne :

- Pratiques agricoles :

-Plantation de haies brise-vent pour réduire la vitesse du vent.

-Cultures de couverture pour protéger le sol nu.

-Techniques de labour conservateur pour maintenir les résidus végétaux.

- Semis direct sous couvert

- Culture en courbes de niveau

- Paillage organique (5-10 cm d'épaisseur)

- Gestion des terres arides :

-Reboisement et fixation des dunes par des plantes adaptées.

-Aménagement de bandes végétalisées pour ralentir le vent.

- Gestion des sols :

-Augmentation de la matière organique pour stabiliser les particules ;

-Ajout d'eau ou de fixateurs chimiques pour maintenir les sols en place temporairement.

La lutte contre la menace éolienne se réalise dans les trois aires suivantes :

-Les aires de départ, où les particules doivent être bloquées ;

-Les aires de transport, où le courant éolien doit être dévié pour éviter l'ensevelissement des infrastructures humaines ;

-Les aires d'accumulation, où il faut fixer le sable vif.

La lutte contre l'érosion éolienne s'organise en deux étapes :

-Replacer le site à protéger dans le système global, régional et local d'action éolienne, en tenant compte du cadre topographique et du type de dune. Cette étape aboutit à l'estimation de la superficie à stabiliser ou à protéger.

-L'étape opératoire vise à réduire la vitesse du vent à la surface du sol, par exemple en augmentant sa rugosité de surface.

Les méthodes de protection utilisées et les normes établies varient selon l'expérience propre de chaque pays, selon les particularités du périmètre traité, la nature et la disponibilité en matériaux locaux, mais aussi selon la stratégie politico-économique établie en fonction des objectifs recherchés. L'évaluation de l'efficacité des techniques de lutte contre l'ensablement est ponctuelle et liée au taux de réussite de chaque opération. Les résultats enregistrés sur le terrain et le niveau de protection assuré aux infrastructures sont, avec le coût, les principaux critères d'appréciation de cette efficacité.

Toutes les méthodes de lutte contre la menace éolienne ont pour objectif de limiter la prise en charge, le transport des particules et de contrôler l'organisation de la distribution du sable lors de son dépôt et de son accumulation et surtout de le fixer sur place :

-Les méthodes de lutte mécanique ont pour objectif de fixer le sable mobilisable et d'empêcher les dépôts sableux sur les infrastructures : palissades, et méthodes aérodynamiques. Ces techniques sont le préalable indispensable à la fixation des sables mobiles et des dunes à court et moyen termes.

- Clayonnage

- Barrières géotextiles

- Stabilisation par liants naturels (biopolymères)

-Les méthodes de lutte biologique consistent à développer une couverture végétale permanente : réenherbement, brise-vent, barrières végétales, ceintures boisées, reboisement.

Elles font suite aux techniques mécaniques de stabilisation et de fixation des sables et des dunes, coûteuses, parfois inesthétiques et dont les effets sont temporaires.

La réussite de la mise en œuvre de ces techniques implique la présence d'eau dans le sol à une profondeur accessible aux végétaux ou l'arrosage des plants jusqu'à ce que leur système racinaire atteigne les nappes phréatiques.

La lutte contre l'érosion éolienne s'organise à deux niveaux ; d'une part réduire la vitesse du vent à la surface du sol, et d'autre part, augmenter la cohésion du matériau face à cette agression.

-Augmenter la cohésion du matériau : L'apport de matières organiques dans les horizons superficiels du sol améliore sa structure. La pulvérisation de déchets pétroliers, d'huile lourde ou de bitume et de déchets de l'industrie plastique (genre de colle diluée) permet d'agglomérer les particules à la surface du sol et donc de les rendre difficilement transportables par le vent.

-Augmenter la rugosité de la surface du sol : Il s'agit de techniques culturales laissant à la surface du sol de grosses mottes ou des billons perpendiculaires à la direction dominante des vents. Ces

billons ne doivent pas dépasser 40 cm de haut, sans quoi le vent décoiffe le sommet des billons et accélère l'érosion. Une autre méthode de lutte très efficace consiste à laisser les résidus de cultures sur le champ.

Méthodes Végétales

- Brise-vent : Réduction de 50-80% de la vitesse du vent
- Couverture végétale permanente
- Bandées enherbées (ratio optimal 1:10)

-Augmenter le couvert végétal : On peut également réduire la vitesse du vent en augmentant la densité du couvert végétal. Ceci est évidemment difficile en milieu aride, aussi est-il particulièrement important de veiller à une saine gestion des résidus de culture qu'il faut tenter de maintenir à la surface du sol de façon à augmenter la rugosité du terrain, à protéger la surface du sol plus qu'à être enfouis où ils ne pourront améliorer que légèrement la structure et la résistance à l'agression du vent.

-Fixer les dunes : Il s'agit d'une part d'éteindre la source des sables et d'autre part de fixer les dunes sur place. Pour ce faire, il est fait appel à la fois à la fixation mécanique et biologique.

L'érosion hydrique

1. Origine et mécanismes de l'érosion hydrique :

L'érosion hydrique est l'un des processus les plus répandus de dégradation des sols, causée par l'eau qui détache, transporte, puis dépose les particules de sol. L'érosion hydrique (**Fig. 3**) est un processus qui emporte et redistribue le sol..



Figure 3. Erosion hydrique

2. Facteurs de l'érosion hydrique : La vitesse et l'ampleur de l'érosion causée par l'eau dépendent des facteurs suivants:

2.1. Les facteurs climatiques :

Le climat constitue la cause et la source d'énergie érosive. Ce sont les gouttes de pluie et les eaux de ruissellement sur les terrains en pente et les vents violents qui détachent et entraînent les particules terreuses.

a/ Les précipitations (la pluie) : L'efficacité de la pluie vis à vis des processus d'érosion est liée aux rôles qu'elle a dans le détachement des particules des sols, mais surtout dans la formation du ruissellement. Plus grandes sont l'intensité et la durée d'une tempête de pluie, plus grand est le risque d'érosion. L'impact des gouttes de pluie sur la surface du sol peut briser les agrégats et disperser les particules de sol. Les particules les plus légères, dont les particules très fines de sable, de limon, d'argile et de matière organique, qui se détachent sous l'effet des éclaboussures d'eau de pluie sont facilement transportées par les eaux de ruissellement. Il faut que l'énergie transmise par les gouttes de pluie et l'écoulement soient plus importants pour emporter les particules plus grossières de sable et de gravier. Le détachement du sol causé par la pluie (les éclaboussures d'eau) est habituellement plus grand et plus facilement observable lorsque le sol dénudé est exposé à des orages brefs et violents. Cette érosivité dépend essentiellement de l'intensité et du volume (hauteur) des précipitations :

- La hauteur des précipitations est peu liée à l'importance de l'érosion.

- L'intensité d'une pluie est le rapport d'une hauteur d'eau à une durée (exprimée en mm/h ou mm/min). Plus l'intensité est grande, plus l'effet de battage du sol est prononcé.

- L'évaporation qui intervienne d'abord entre les périodes pluvieuses peut jouer sur le degré de dessiccation des fragments de surface et modifier la stabilité structurale et le profil hydrique des couches superficielles et modifier ainsi l'infiltrabilité.

2.2. Les activités humaines :

L'Homme qui, par des pratiques inadaptées sur les versants, est le facteur principal conditionnant l'intensité de l'érosion. Les défrichements qu'il opère sur les forêts et les parcours naturels, le surpâturage, la mise en culture sans précaution des terres susceptibles à l'érosion en pente, les labours mécanisés dans le sens des grandes pentes et la non restitution au sol de ses éléments nutritifs enlevés par les cultures facilitent le ruissellement et par conséquent l'érosion et ses effets indésirables pour l'environnement et pour l'économie.

a. Les techniques culturales : Chaque système de culture implique une répétition d'opérations culturales qui induisent des discontinuités dans l'évolution des propriétés physiques des sols. De par ses actions, l'exploitant peut contribuer à l'accélération ou au contraire au ralentissement de la dégradation superficielle des sols. Les opérations culturales modifient l'état structural du sol, mais les conséquences vis à vis des possibilités d'infiltration diffèrent selon les techniques utilisées et leur date de réalisation par rapport aux périodes pluvieuses. Tout travail du sol visant à l'implantation des cultures, tel que le labour et les semis, ou à la lutte contre les adventices, ont pour conséquence un accroissement instantané de la capacité d'infiltration. Elles constituent donc un frein au ruissellement en réduisant sa vitesse et par conséquent, sa force tractrice. Dans le cas où la direction du travail du sol est perpendiculaire à la direction de la plus grande pente, la rugosité créée peut contribuer à stocker un important volume d'eau. On peut considérer que les opérations culturales en modifiant les caractéristiques physiques du sol qui régissent les processus de ruissellement et de l'érosion ont un effet instantané.

b. Le pâturage : L'espace pastoral s'amenuise suite au surpâturage. La disparition de la couverture végétale, laisse donc des surfaces importantes du sol non protégées et par la suite plus exposées aux effets érosifs de l'eau de la pluie et du ruissellement.

c. L'exploitation minière : On considère que l'exploitation minière joue aussi un rôle dans l'érosion hydrique et ce, par les travaux au cours desquels les machines déplacent de grandes quantités de terre et par le déplacement des camions. L'exploitation à ciel ouvert de charbon et de schistes a été la cause de problèmes hydrologiques et sédimentologiques notables. Les exploitations à ciel ouvert comprennent l'enlèvement du sol de couverture, des roches et des autres couches couvrant les dépôts du minerai ainsi que l'exploitation du dépôt. Les grandes exploitations minières coupent le réseau de drainage naturel et modifient les phénomènes de ruissellement et d'érosion des bassins fluviaux.

d. L'urbanisation : Les zones urbanisées ont souvent une érosion spécifique supérieure à celle des régions rurales. Les plus grandes quantités de sédiments sont produites durant les phases de construction, surtout quand la végétation et le sol de couverture sont provisoirement enlevés. Les travaux de construction peuvent accroître l'érodabilité et diminuer la stabilité des pentes de façon radicale. Le réseau de drainage peut se remplir de sédiment et sa capacité d'écoulement décroît.

2.3. La régression du couvert végétal :

Le risque d'érosion augmente si le sol n'est pas suffisamment protégé par le couvert végétal et/ou une couche de résidus de culture. Les résidus et la végétation protègent le sol de l'impact des gouttes de pluie et des éclaboussures d'eau. Ils ont aussi tendance à réduire la vitesse d'écoulement de l'eau et à favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol.

L'efficacité de la végétation et des résidus à réduire l'érosion dépend du type, de l'étendue et de la densité du couvert végétal. La meilleure façon de combattre l'érosion est de miser à la fois sur un couvert végétal et sur des résidus de culture (exp., forêts et pâturages permanents) qui couvrent complètement le sol. Les résidus partiellement incorporés et les vieilles racines ont aussi leur importance, parce qu'ils facilitent l'infiltration. L'efficacité d'un couvert végétal à réduire l'érosion dépend aussi de la protection qu'il offre à différentes périodes de l'année en fonction de l'importance des précipitations érosives reçues au cours de ces périodes. Pour freiner le gros de l'érosion dans les cultures en rangs, laisser des résidus couvrant plus de 30 % de la surface du sol après la récolte et pendant les mois d'hiver, ou semer une culture de couverture sous couvert (exp., du trèfle rouge sous couvert de blé ou de l'avoine à la suite de maïs à ensilage).

2.4. Érodabilité du sol :

L'érodabilité d'un sol est une estimation, fondée sur les caractéristiques physiques du sol, de la vulnérabilité de ce sol à l'érosion. L'érodabilité est surtout influencée par la texture du sol, mais elle l'est également par sa structure, sa teneur en matière organique et sa perméabilité. En général, les sols qui affichent une plus grande résistance à l'érosion sont ceux dans lesquels l'eau s'infiltré plus rapidement, ceux qui sont riches en matière organique et ceux dont la structure est améliorée. Les sables, les limons tendance à être moins vulnérables à l'érosion que les limons, les sables très fins et certains sols argileux.

2.5. La pente : Plus la pente d'un champ est raide et plus cette pente est longue, plus les risques d'érosion sont grands.

a. La longueur de la pente : En principe, plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule, prend de la vitesse et de l'énergie et plus l'érosion s'intensifie. Il semble que l'influence de la longueur de pente est d'autant plus importante que le ruissellement a la possibilité de se concentrer. Par contre, l'influence est probablement nulle en absence du ruissellement.

c. La forme de la pente : Une pente donnée a tendance à devenir de plus en plus concave parce que les produits arrachés au sommet s'accumulent en bas de la pente. Cette évolution est parfois sensible et se traduit parfois par une diminution de l'érosion au cours du temps.

3. Mécanismes de l'érosion hydrique : L'érosion hydrique peut se faire selon les étapes suivantes :

-Impact des gouttes de pluie : Les gouttes frappent la surface du sol, provoquant le détachement des particules.

-Ruissellement de surface : L'eau en excès, incapable de s'infiltrer, transporte les particules détachées.

-Transport et dépôt : Les particules sont déplacées vers des cours d'eau ou des zones en aval, où elles s'accumulent.

4. Formes de l'érosion hydrique :

4.1. Érosion en nappe : L'érosion en nappe s'entend du déplacement des particules de sol provoqué par le choc des gouttes de pluie et les eaux de ruissellement. Elle se produit habituellement d'une manière égale sur une pente uniforme et passe inaperçue jusqu'à ce que la quasi-totalité de la couche arable productive ait été enlevée. Le sol fertile détaché par l'érosion se retrouve au bas de la pente ou dans des terres basses (**Fig. 4**).



4.2. Érosion en rigoles :

On assiste à l'érosion en rigoles (**Fig. 5**) quand les eaux de ruissellement se concentrent et forment des filets ou rigoles. Ces dépressions bien définies qui résultent de l'enlèvement du sol par la force

de l'eau qui coule. Dans bien des cas, ces rigoles sont comblées chaque année par le travail du sol. Ces dépressions bien définies, qui résultent de l'enlèvement du sol par la force de l'eau qui coule, sont néanmoins suffisamment petites pour ne pas nuire au travail de la machinerie. Dans bien des cas, ces rigoles sont comblées chaque année par le travail du sol.



4.3. Érosion par ravinement :

Le ravinement, ou érosion par ravins (**Fig. 6**), est un stade avancé de l'érosion en rigoles. Le sol est alors si profondément entaillé que les dépressions qui se forment nuisent aux opérations normales de travail du sol. L'écoulement superficiel qui amène la formation de ravins ou l'élargissement de ravines est habituellement le résultat d'une mauvaise conception des exutoires des réseaux de drainage de surface et souterrain. L'instabilité des talus des ravins, habituellement associée au suintement des eaux souterraines, provoque l'érosion puis l'effondrement des talus. De tels effondrements surviennent généralement au printemps lorsque les conditions d'humidité du sol sont supérieures.



Figure 6. Érosion par ravinement

4.4. Érosion des berges :

Les cours d'eau naturels et les canaux de drainage servent d'exutoires aux eaux de ruissellement et aux effluents des réseaux de drainage souterrain. L'érosion fait son œuvre sur les berges au fur et à mesure du sapement, de l'affouillement et de l'effondrement de celles-ci. Des

aménagements déficients, le manque d'entretien, le libre accès du bétail et la trop grande proximité des superficies cultivées sont autant de facteurs en cause (Fig.7).



Figure 7. Érosion des berges

6. Conséquences de l'érosion hydrique :

- **Perte de la fertilité** : Enlèvement de la couche arable riche en nutriments.
- **Sédimentation** : Accumulation des particules dans les réservoirs, cours d'eau et canaux, réduisant leur capacité.
- **Inondations** : L'érosion aggrave le ruissellement en réduisant l'infiltration d'eau dans le sol.
- **Déséquilibres écologiques** : Dégradation des habitats aquatiques et terrestres.

7. Lutte et Mesures de contrôle de l'érosion hydrique

-Gestion des terres agricoles : peut se faire par :

- **Culture en courbes de niveau** : Réduction du ruissellement.
- **Terrasses agricoles** : Stabilisation des pentes.
- **Rotation des cultures** : Amélioration de la couverture végétale.

-Réhabilitation des sols : peut se faire par :

- Ajout de matières organiques pour améliorer la structure du sol.
- Plantation de haies et de brise-vents.

-Structures de contrôle :

- Bassins de rétention pour réduire la vitesse de l'eau.
- Barrages de contrôle dans les ravines.

-Reboisement et gestion des bassins versants :

- Plantation d'arbres pour stabiliser les sols et augmenter l'infiltration d'eau.