



Faculté des sciences de la nature et de la vie, sciences de la terre et de l'univers

Laboratoire de recherche LECGEN n°13 : Écologie et Gestion des Écosystèmes Naturels.

Département d'écologie et environnement

Spatialité : écologie végétale et environnement

Polycopié de cours de la matière :

Gestion et conservation des sols

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : écologie végétale et environnement

Intitulé de l'UEF2 : Gestion et conservation des sols.

Crédit : 06.

Coefficients : 03.

Volume horaire : 135h

Destiné aux étudiants de Master 2 d'écologie végétale et environnement.

Année universitaire : 2023-2024

Préambule

Conservation des sols et protection de la nature sont sœurs. Elles sont en réalité deux aspects du même problème — maintenir l'équilibre naturel: sol, climat, végétation — ou si l'utilisation du sol par l'homme doit marquer un nouvel équilibre, établir ce nouvel équilibre sur des bases solides et rationnelles pour assurer le maintien des profils et de la fertilité¹.

Le présent polycopié est relatif à la matière d'enseignement « gestion et conservation des sols» de la formation master 2 en écologie végétale et environnement (et peut-être pris comme un complément de la matière «sciences et écologie du sol» du master 1 de la spécialité écologie du département d'écologie et environnement).

Ce polycopié du cours présente un ensemble de notions de base de la pédogenèse, types du sol en Algérie, forme de dégradation, notamment l'érosion et les principales stratégies de conservation selon le canevas ministériel de la matière, qui consiste à comprendre la gestion et la conservation des sols.

¹ http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/27089/RFF_1955_5_347.pdf?sequence=1

Acronymes

FAO Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

MAB Homme et biosphère

MATET Ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme

PNAE-DD plan national d'action pour l'environnement et le développement durable

PNUE Programme des Nations unies pour l'environnement

PNUD Programme des Nations unies pour le développement

UICN Union internationale pour la conservation de la nature

Glossaire

La structure grumeleuse : Agrégats à forme nettement arrondie, poreux, présentant un ensemble complexe de faces courbes dominantes et de faces planes à surfaces irrégulières.

La structure polyédrique : Agrégats sans orientation préférentielle, faces planes, angles anguleux et vifs.

La structure massive et particulière : Absence d'agrégats, horizons non cohérents, constitué de particules (minérales ou organiques) individualisées et libres.

L'oxydation est un processus d'altération chimique qui affecte particulièrement les minéraux riches en fer.

La dissolution est un processus d'altération chimique correspondant à la dissociation d'une substance solide dans un liquide. Certains minéraux peuvent être dissous par l'eau.

Pédoclimax : le climax du sol est le profil en équilibre avec la végétation stable, non modifié par l'homme, mais par extension, on considère comme climax l'ensemble sol végétation non perturbé caractérisant un milieu donnée.

La séquestration du carbone (C) est le processus correspondant à un stockage de C dans le système sol-plante et va donc atténuer les émissions de gaz à effet de serre responsable du changement climatique.

L'érosion est un processus naturel ou géologique lorsqu'elle correspond plus ou moins à un état d'équilibre entre la formation (pédogenèse) et le transport des particules meubles.

Le modèle USLE : a été établi par des américains. A partir d'un nombre considérable de données sur l'érosion qui avaient été rassemblées, un traitement statistique établi par Wischmeier et Smith a permis de créer un modèle empirique. Baptisé USLE (Universal Soil Loss Equation), ce modèle devait permettre de quantifier l'érosion au niveau de la parcelle cultivée, afin de permettre aux techniciens de la lutte antiérosive de choisir le type d'aménagement nécessaire.

Les griffes sont des micros formes éphémères qui entaillent les microreliefs formés par les lignes de semis.

Table des matières

Chapitre 1 : Caractérisations et pédogénèse du sol

Introduction.....	1
1. Caractères du sol	
1.1. Caractères physiques	
1.1.1. Texture	
1.1.2. Structure.....	2
1.1.2.1. La structure en agrégats	
1.1.2.2. La structure massive et particulaire	
1.1.3. Propriété liées aux caractères physiques	
1.1.3.1. La porosité	
1.1.3.2. La perméabilité.....	3
1.2. Les caractères chimiques	
1.2.1. Pouvoir absorbant	
1.2.2. Degré d'acidité	
1.3. Les caractères biologiques	
2. Formation d'un sol	
2.1. Transformation de la roche mère	
2.1.1. Désagrégation	
2.1.2. Altération.....	4
2.2. Intervention de la matière organique	
2.2.1. Apport de la matière organique	
2.2.2. Transformation de la matière organique	
3. Modalités de l'évolution du sol.....	5
3.1. Phase initiale	
3.3. Sol rudimentaire	
3.4. Sol peu différencié	
3.5. Sol évolué	
4. Constitution du profil	
4.1. Processus de migration	
4.1.1. Migrations ascendantes	
4.1.2. Migrations obliques.....	6
4.1.3. Migrations descendantes	
5. Profil du sol	
6. Facteurs de la pédogenèse	
6.1. Rôle de la roche mère	
6.2. Rôle de la topographie.....	7
6.3. Rôle de la végétation	
6.4. Rôle du climat	
7. Types du sol en Algérie.....	8
7.1. Les sols non évolués (sols brutes)	
7.2. Les sols à profil peu différencié (profil A. C)	
7.3. Les sols de steppes châtain et bruns (profil A. C.)	
7.4. Les rendzines	
7.5. Les sols brun forestier (profil A.B.C)	

7.6. Les sols podzoliques (profil A.B.C).....	9
7.7. Les sols halomorphes (sois salés)	
7.8. Les sols rouges méditerranéennes	
7.9. La terra Rossa	
Chapitre 2. Types de dégradation des sols	
1. Définition.....	10
2. Types de dégradation	
2.1. Régression des surfaces boisées	
2.2. Désertification	
2.3. Salinisation.....	11
2.4. Alcalinisation.....	12
2.5. Tassement	
2.6. Érosion.....	13
2.6.1. Érosion hydrique	
2.6.1.1. Érosion en nappe.....	14
2.6.1.2. Érosion linéaire.....	15
2.6.1.3. Érosion en masse	
2.6.2. Érosion éolienne.....	16
2.6.2.1. Saltation	
2.6.2.2. Reptation	
2.6.2.3. Suspension	
2.7. Artificialisation.....	17
2.8. Pollution.....	18
2.9. Acidification.....	20
3. Surexploitation agricole et surpâturage	
Chapitre 3. Stratégies de la conservation du sol	
Introduction.....	21
1. Dispositions institutionnelles pour la protection des sols.....	22
1.1. Au niveau mondial	
1.2. Cadre législatif de la conservation du sol en Algérie.....	23
2. Agriculture de conservation.....	26
2.1. Perturbation mécanique des sols minimale	
2.2. Une couverture organique des sols permanente	
2.3. La diversification des espèces cultivées	
3. Végétalisation et techniques culturales	27
3.1. Paillage	
3.1.1. Paillage en herbe	
3.1.2. Paillage en plastique	
3.2. Rotation des cultures.....	28
4. Les mesures antiérosives contre le ruissellement et l'érosion des sols.....	29
4.1. Terrasses en gradins	
4.2. Construction des murets et murettes	
4.3. Les alignements de pierre.....	30
4.4. Banquettes	31
4.5. Correction torrentielle	32

4.6. Cuvettes en demi-lunes	33
4.7. Retenue collinaire	
5. Les stratégies modernes d'équipement hydraulique.....	34
5.1. Restauration des terrains en montagne (RTM)	
5.2. Conservation de l'eau et des sols cultivés (CES)	
5.3. Défense et restauration des sols (DRS)	
5.4. La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES).....	35
6. Les techniques de lutte contre l'érosion éolienne	
7. Planification de la conservation du sol, eau et la biomasse en Algérie.....	36
7.1. La montagne et la forêt	
7.2. La steppe.....	37
7.3. Les terres agricoles.....	38
Références bibliographiques.....	45

Liste des figures

Figure 1. Processus de la formation d'un sol	5
Figure 2. Analyse et suivi de la désertification en Algérie	11
Figure 3. répartition des sols salins au nord de l'Algérie	12
Figure 4. Porosité du sol	13
Figure 5. Ravinement (Badland) à Béni Chougrane – Mascara	15
Figure 6. Effet de labour, du ruissellement et de la pente dans l'Atlas algérien	
Figure 7. Mouvement de la terre et types d'érosion en nappe	16
Figure 8. Schéma de l'effet de l'érosion éolienne	17
Figure 9. Types de pollution	19
Figure 10. Paillage en herbe (A) et en plastique (B)	28
Figure 11. Terrasses	29
Figure 12. Murets avec terrasses	30
Figure 13. Exemple de micro-barrages perméables en milieu semi-aride	31
Figure 14. Banquettes	32
Figure 15. (a) Correction torrentielle dans la région de Tlemcen ; (b) Gabion en pierre sèche	33
Figure 16. Cuvettes et demi-lunes	
Figure 17. Retenue collinaire	
Figure 18. Stratégie DRS en Algérie	34
Figure 19. Palissade : fixation des dunes par les feuilles de palmes	35
Figure 20. Plantation de l' <i>Atriplex</i> pour la fixation des dunes	36
Figure 21. Zonation des parcours en Algérie et limites du barrage vert	38

Chapitre 1

Caractérisations et pédogénèse du sol

Introduction

Le sol, formation naturelle d'épaisseur variable développée à la partie superficielle du globe, constitue l'un des composants fondamentaux de tout écosystème terrestre. Il s'élabore à l'interface des trois domaines : lithosphère (partie rocheuse de l'écorce terrestre), l'atmosphère et biosphère [1]. Les services écosystémiques issus des sols (qui peuvent notamment contribuer à la sécurité alimentaire, à l'atténuation des changements climatiques, à la rétention de l'eau [2], ainsi que la richesse de la biodiversité sur et sous les sols contribuent également à prévenir l'érosion, la désertification et les glissements de terrain [3].

Le sol contribue ainsi à produire des aliments, du fourrage, et à maintenir la qualité de l'air et de l'eau. Les sols ont une action physique de filtrage des substances non solubles qu'ils reçoivent, et des actions chimiques et biologiques de transformation et de décomposition des composés minéraux ou organiques. Ils exercent ainsi un rôle auto-épurateur souvent très important, et empêchent des produits nuisibles de rejoindre les nappes phréatiques ou la chaîne alimentaire.

Aujourd'hui, il y environ un cinquième de la population mondiale vit et travaille sur des terres agricoles dégradées [4]. Les communautés, les gouvernements et les entreprises tirent actuellement la sonnette d'alarme [5]. Il est donc, absolument nécessaire d'adopter une nouvelle approche de la gestion durable des sols ; maintenir ou, dans bien des cas, rétablir la santé des sols dans les écosystèmes perturbés nécessitera des politiques publiques ciblées [6].

1. Caractères du sol

La nature et les propriétés générales d'un sol sont définies par trois caractères fondamentaux, d'ordre physique, chimique et biologique [1] :

1.1. Caractères physiques

1.1.1. Texture

La texture d'un sol est la proportion des éléments du sol, classés par catégorie de grosseur après destruction des agrégats. On classe ces éléments en :

- Pierres : diamètre > 20 mm ; Gravier (2 à 20 mm) (sont classés à part).
- La granulométrie proprement dite concerne la terre fine : Sable (2 mm à 50 μ m) ; Limon (50 μ m à 2 μ m) ; argiles : < 2 μ m.

Le type du sol est défini en fonction du pourcentage pondéral de ces trois fractions (le sable, le limon et l'argile). Les résultats peuvent être traduits graphiquement sur le diagramme (triangle des textures). Il permet de distinguer quatre classes texturales principales :

- Texture **argileuse** : sol imperméable et mal aéré (défavorable au développement racinaire), difficile à travailler, riche en nutriments minéraux (fixation par les colloïdes) ;
- Texture **limoneuse** : sol à propriétés globales peu favorables (insuffisance de colloïdes minéraux) ;
- Texture **sableuse** : sol léger, facile à travailler et bien aéré, mais à teneur en nutriment minéraux et réserve en eau très limitée (quasi-absence de colloïde minéraux, pouvant cependant être compensée – de même que précédemment – par une bonne teneur en humus) ;
- Texture **équilibré** : sol aux propriétés globales les plus favorables, en particulier pour l'utilisation culturale.

1.1.2. Structure

La structure d'un sol est la disposition, l'agencement des éléments du sol en agrégats ou dispersés dépendent de l'état de ces particules colloïdales, tant minérales (argiles) qu'organiques, compte tenu de leurs charges électriques. Cette structure sur l'aération du sol, elle joue un rôle dans la résistance à l'érosion :

1.1.2.1. **La structure en agrégats** : Lorsque la solution (fraction liquide) du sol est riche en cations (floculées). Elles forment alors avec les particules plus grosses (limons, sables) qu'elles cimentent des agrégats séparés par des lacunes. Ce type structural, qui présente diverses modalités (grumeleuses, polyédrique, etc.), est le plus favorable puisqu'il assure une bonne aération (dont dépendent l'activité des micro-organismes aérobies et la respiration racinaire) ainsi la circulation de l'eau dans le sol ;

1.1.2.2. **La structure massive et particulaire** : L'insuffisance en ion floculant ou encore l'abondance en ions OH⁻, entraîne un état dispersé des colloïdes. De ce fait, les particules grossières restent disséminées au sein d'une trame fine sensiblement homogène, ce qui conditionne une structure massive. La structure devient particulaire en cas de l'absence totale des colloïdes (ex : texture sableuses), au caractère plus filtrant.

1.1.3. Propriété liées aux caractères physiques

1.1.3.1. **La porosité** est le volume des espaces lacunaires remplis d'eau ou l'aire, exprimé en (%) du volume total de la terre. Elle est la résultante de deux composantes :

- **La macroporosité**, qui correspond aux grossiers (diamètres supérieur à 1 µm). Ces derniers assurent l'écoulement en profondeur de l'eau de gravité (issue de précipitation). Elle détermine ainsi la capacité en air du sol.
- **La microporosité**, (ou porosité capillaire), qui résulte des pores les plus fins (diamètre inférieur à 10µm), et détermine de ce fait la capacité de rétention en eau du sol.

1.1.3.2. **La perméabilité**, fonction de la porosité, est la vitesse de percolation de l'eau dans le sol. Les sols perméables sont des sols à texture grossière (sable, caillouteux, et aussi à texture mais à structure en grumeaux).

1.2. Les caractères chimiques

Deux caractéristiques principales permettent de définir les propriétés chimiques d'un sol :

1.2.1. **Pouvoir absorbant** est formé essentiellement d'argile et de matières organiques, dotés de charge négative susceptible de retenir les cations sous la forme échangeable.

1.2.2. **Degré d'acidité** d'un sol est lié à la concentration des ions H^+ dans la solution, exprimé par son pH. Le pH permet de définir d'une manière approximative l'état du complexe absorbant. L'élévation du pH favorise l'apparition de charges négatives et l'abaissement de pH, celle de charge positive².

1.3. Les caractères biologiques

L'intensité de processus de transformation (minéralisation et humification) de la matière organique parvenant au sol conditionne directement la nature et les propriétés de l'humus formé. Le degré d'activité biologique du sol règle également la rapidité et les modalités d'incorporation de l'humus à la fraction minérale.

2. Formation d'un sol

La formation d'un sol fait intervenir, de manière combinée, deux processus fondamentaux, d'une part, la transformation de la roche mère (substratum géologique), d'autre part, l'apport de la matière organique par les êtres vivants, suivie de sa transformation [1] :

2.1. Transformation de la roche mère

Elle résulte essentiellement de l'action des facteurs climatiques (la précipitation et la température principalement). Cette transformation, dont les modalités sont sensiblement différentes en fonction de la nature de la roche mère - selon son origine éruptive, basalte, etc.), métamorphique (gneiss, schiste, etc.) ou sédimentaire (calcaire, grès, sable, etc.), - comprend deux aspects distincts.

2.1.1. Désagrégation

La désagrégation correspond au fractionnement physique progressif de la roche mère sous l'effet de facteurs divers, d'ordre :

Dynamique : principalement l'érosion par l'eau (ruissellement), et le vent (érosion éolienne) ;

Statique : rôle des variations brutales de température et d'humidité, principalement désertiques ou de haute altitude (alternance de gel et dégel) ;

² <https://fr.scribd.com/doc/26835302/PH-du-sol>

Biologique : action du système racinaire des végétaux (particulièrement des ligneux) dans l'élargissement des fissures et la dislocation.

2.1.2. Altération

L'altération consiste en la modification chimique du substrat, essentiellement par l'eau et les divers agents qu'elle contient (O₂, CO₂, et acides organiques principalement). Outre les phénomènes généraux d'hydratation ou d'oxydation, deux processus majeurs sont à distinguer : **La dissolution** des roches calcaires par l'eau chargée de gaz carbonique. La formation de bicarbonate de Ca soluble, donc susceptible de migrer en profondeur, aboutit à une décarbonatation progressive de la roche.

L'hydrolyse des minéraux silicatés, constituants fondamentaux des roches cristallines, elle aboutit à la libération d'argiles de types divers.

2.2. Intervention de la matière organique

2.2.1. Apport de la matière organique

Il résulte principalement de la colonisation par les espèces végétales de la roche mère en voie de désagrégation. A partir de ce stade pionnier, celles-ci fournissent au sol en formation une quantité en principe croissante de matière organique sous forme de débris divers, constituant la litière.

2.2.2. Transformation de la matière organique

La matière organique « fraîche » parvenant au sol subit une série de transformation complexes et plus au moins rapides selon les conditions situationnelles, celle-ci débute par la fragmentation progressive de la litière sous l'action de la faune du sol (Arthropode), les débris fins faisant alors à la fois de dégradation et de synthèse de la part des micro-organismes (bactéries et champignons), sous forme de deux phases :

- **La minéralisation primaire**, qui correspond à la décomposition progressive des constituants des cellules animales et végétales pour aboutir à la libération d'éléments minéraux solubles et gazeux (gaz carbonique, ammoniac et sel divers : nitrate, sulfate, phosphates de Ca, Mg, K, etc.

- **L'humification** : Transformation de la matière organique (mal dégradée : la cellulose, le tanin, la lignine, etc.) en humus (ensemble des produits de la décomposition des débris végétaux et animaux), qui sera à son tour soumis à une minéralisation secondaire, à un rythme plus lent (0,5 à 4% par an), fournissant à nouveau des éléments simples utilisables par les végétaux.

3. Modalités de l'évolution du sol

3.1. *La phase initiale* débute par les premières attaques des facteurs climatiques sur le substrat, entraînant la constitution d'une formation minérale brute d'épaisseur variable + désagrégation (mécanisme physique) (Figure 1).

3.2. *Le sol rudimentaire* coïncide avec les premiers apports de matières organiques venant s'incorporer aux fragments minéraux.

2.3. *Le sol peu différencié* résulte d'un enrichissement progressif en matière organique et d'une tendance à la répartition de ses divers éléments constitutifs en couches distinctes (horizons), en nombre réduit.

3.4. *Le sol évolué* comprend des horizons plus nombreux ainsi que bien différenciés, ce qui traduit en principe une certaine maturité du sol.

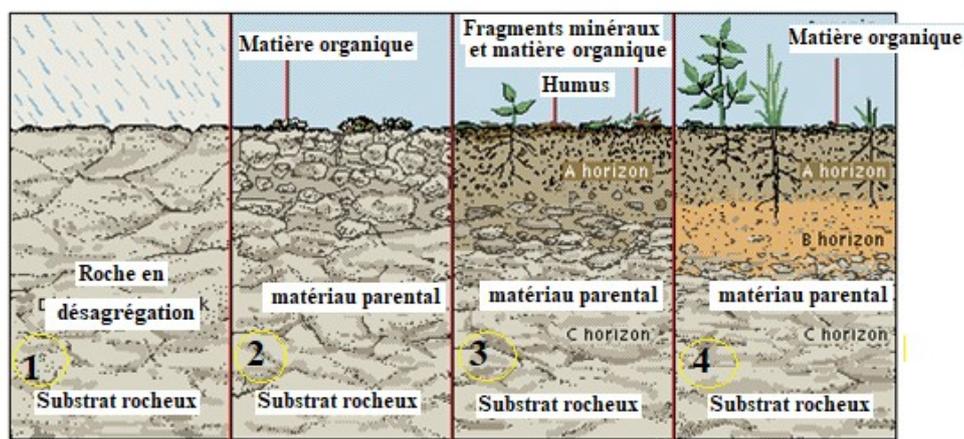


Figure 1. Processus de la formation d'un sol (source : Microsoft® Encarta® 99).

4. Constitution du profil

4.1. Les processus de migration

Ils correspondent aux transferts de leurs particules solubles (les éléments minéraux et organiques), sous l'effet de la circulation de l'eau. Suivant le sens des entraînements dans le sol, trois types de migration sont à distinguer [1] :

4.1.1. Les migrations ascendantes

Elles sont liées à une forte évaporation, à partir d'une nappe phréatique de profondeur variable, la remontée de substances dissoutes susceptibles de venir précipiter en surface. Elles sont fréquentes sous climat aride et semi-aride (où $ETP > P$). Ce type de migration y est à l'origine des croûtes calcaires (remonter de bicarbonate de calcium Ca) ou salées (remontée de chlorure de sodium $NaCl$) à la surface de divers sols.

4.1.2. Les migrations obliques

Elles se produisent principalement dans les sols de versants, en régions à reliefs accusés, provoquant progressivement l'appauvrissement des hauts de pente au profit des portions les plus basses.

4.1.3. Les migrations descendantes

Elles prédominent naturellement dans les régions à précipitation suffisantes (où $P > ETP$), donc à drainage climatique positif, où elles provoquent le phénomène global de *lessivage* (l'appauvrissement progressif en éléments fins de la partie supérieure du sol et leur redistribution en profondeur), de *lixiviation* qui concerne les éléments en solution (cations basiques : Ca, Mg, K, Na), et divers anions à l'état de sel soluble (bicarbonate, nitrate, sulfate). Elle conduit à la décarbonatation progressive (sols calcaires).

5. Profil du sol

L'ensemble des processus de migration, qui conditionne le déplacement d'éléments variés d'un niveau de sol à un autre, entraîne progressivement la différenciation de couches de composition et de propriétés différentes, les horizons, dont la superposition au-dessus de la roche mère constitue le profil du sol. Ce dernier est caractérisé par deux types d'horizon.

- Des horizons supérieurs (A) dits **éluviaux** en principe appauvris en éléments solubles et en éléments fins. Ils sont subdivisés en : A₀ horizon organique, A₁ horizon organo-minéral, A₂ horizon minéral ;
- Des horizons inférieurs d'accumulation plus au moins diversifiés dits **illuviaux**, enrichis par les éléments entraînés (Horizon B). Ces derniers reposent sur la roche mère (C), plus au moins altérée.

6. Facteurs de la pédogenèse

La pédogenèse s'effectue sous l'influence des divers facteurs environnementaux et biotiques qui s'exercent à l'échelle de la station, mais plus particulièrement ceux dépendant de la roche mère, de la topographie, de la végétation et du climat.

6.1. Le rôle de la roche mère

La roche mère exerce une influence prépondérante dans les premiers stades de la pédogenèse, au cours desquels les caractères du sol jeune sont directement déterminés par plusieurs facteurs [1] :

- Caractéristiques *physiques* sont important, en particulier sa dureté, granulométrie et sa perméabilité.

- Caractéristiques **chimiques**, déterminent la nature même du jeune sol. Une roche mère calcaire sera en principe à l'origine d'un sol de type **Rendzine**, alors qu'un substrat siliceux entraînera plutôt vers le type **Ranker**.

6.2. Le rôle de la topographie

Trois phénomènes interviennent à des degrés divers :

- L'**érosion** : elle prédomine au niveau de la rupture de pente, où elle entrave l'évolution normale du sol décapage constant du profil ;
- La **migration oblique** dans le sol, sous l'effet de la pente, des éléments solubles et colloïdaux entraînant le long du versant la formation progressive d'un sol de type lessivé ;
- La **stagnation** dans le bas-fond, en relation avec la proximité de la nappe phréatique, qui sera à l'origine d'un sol engorgé (hydromorphe).

6.3. Le rôle de la végétation

Elle est l'origine de la majeure partie de la matière organique parvenant au sol. Cette influence présente deux principaux aspects :

- **La composition floristique** : c'est la nature spécifique de ses constituants, intervient à travers la qualité de la litière fournie (déterminant le type d'humus du sol).
- **Le type de la formation** : il a une influence majeure selon sa densité et sa complexité structurale (stratification).

6.4. Le rôle du climat

Il représente le facteur fondamental de la pédogenèse :

2.1.3. **À l'échelle zonale** : Le déterminisme climatique des grands types de sol apparaît clairement, principalement en fonction de la température et des précipitations, composantes qui, de manière combinée, exercent un rôle à la fois dans l'altération des roches, la vitesse de la transformation de la matière organique et les modalités des migrations. On peut, en conséquence reconnaître à l'échelle du globe une zonation des sols qui recoupe les biomes (méga-écosystème).

2.1.4. **À l'échelle stationnelle** dans un territoire soumis à un même climat régional (macroclimat), son influence sur la pédogenèse entraîne une évolution convergente des sols au cours du temps, pour aboutir en principe à un même pédoclimax climatique, quels que soient les stations d'origine et le type de la roche mère.

1.1. Le temps

Aujourd'hui, la prise en compte du temps en pédogenèse recouvre différents aspects selon que l'on s'intéresse à des temps longs, de l'ordre de plusieurs milliers à millions d'années, ou au contraire à des temps courts compris entre l'année et le siècle [7].

7. Types du sol en Algérie [1, 8, 9]

7.1. Les sols non évolués (sols brutes)

Ils possèdent des caractères encore très proches de ceux de la roche mère. Ils sont constitués par ses débris, sans apport notable de matière organique. Le profil est du type [profil (A) C].

Ils résultent le plus souvent :

- De phénomènes d'**érosions** : formation de **régosols** sur roche tendre, de **lithosols** sur substrat durs ;
- De phénomènes d'**apport** : sols colluviaux provenant de matériaux entraînés en bas de pente, sols alluviaux (ou fluvisols) formés par les dépôts fluviatiles récents.

En particulier, les sols des régions arides, se différenciant selon la texture du matériel minéral, les sols désertiques, d'apport : **Erg** sableux ; et d'ablation **Reg** (hamada) caillouteux.

7.2. Les sols à profil peu différencié (profil A. C)

Ils portent le nom de **Rankers**. Ce sont des sols de haute montagne ou de pente. Ils comportent un seul horizon où on trouve un mélange intime de matière organique peu humifère et de petits fragments de la roche mère. Les sols alluviaux récents des lits d'oueds peuvent entrer dans ce groupe.

7.3. Les sols de steppes châtain et bruns (profil A. C.)

Ils se trouvent en climat aride là où la pluviométrie est de l'ordre de 250 à 300 mm sous la steppe à graminées (alfa) et à armoise. L'horizon A, quand il n'a pas été enlevé par l'érosion est épais et humiques.

Un horizon d'accumulation existe à une certaine profondeur, riche en carbonate et souvent durci ; c'est la croute calcaire. Cette croute se présente soit peu épaisse, feuilletée, soit sous forme de tuf poreux. Quand cette croute zonaire durcit, s'épaissit, elle empêche la pénétration de l'eau et des racines.

7.4. Les rendzines

Les rendzines se forment sur roches calcaires, il faut qu'un mélange intime d'origine mécanique ou biologique se produise entre le calcaire divisé, la matière organique (4%) et les éléments silicatés. Un seul horizon se distingue, de couleur foncée à nombreux cailloux calcaires avec humus réparti de façon relativement homogène.

7.5. Les sols brun forestier (profil A.B.C)

Sous les forêts assez denses des climats humides et subhumides, chêne-liège, chêne zeen, chêne vert) le sol est caractérisé par :

- Un horizon **A** grumeleux, bien distinct, évolué ;

- Un horizon **B** difficile à discerner, il est coloré en brun par des oxydes de fer résultant de l'altération de la roche mère.

7.6. Les sols podzoliques (profil A.B.C)

Ils sont des sols formés sur des roches mères filtrantes non calcaires, dans des climats humides entraînant un fort lessivage. L'humus brut, acide est à décomposition lente, au dessous on trouve un horizon lessivé.

7.7. Les sols halomorphes (sois salés)

Ils sont caractérisés par la présence de sels dans la nappe phréatique ou dans la roche mère :

- Les uns présentent des efflorescences blanches en surface, ils sont en général riche en calcaire ;

- Les autres sont salés mais lessivés, l'argile tend à s'accumuler dans un horizon B.

7.8. Les sols rouges méditerranéennes

Ils sont des sols reliques formés sous un climat antérieur plus chaud.

7.9. La terra Rossa

Elle est une terre argileuse rouge, remplissant les fissures des roches calcaires dures. C'est un mélange d'argile rouge de décalcification et un complexe détritique.

Chapitre 2

Types de dégradation des sols

1. Définition

La dégradation des sols, c'est la perte des qualités essentielles des sols pour remplir ses fonctions naturelles de stockage de l'eau et des nutriments, de milieu de soutien des racines et des plantes, de réservoir de la biodiversité, de filtration des polluants et de séquestration du carbone ; La dégradation des sols est généralement un phénomène complexe qui abaisse la capacité actuelle et/ou future à supporter la vie humaine. Elle a des effets visibles sur l'environnement physique et des conséquences socio-économiques négatives. Dans le monde, il y a environ 12 millions d'hectares des terres sont perdus chaque année, et 40 à 50% des sols sont déjà dégradés du fait des activités humaines.

2. Types de dégradation

2.1. Régression des surfaces boisées

La fragmentation des écosystèmes et la déforestation (la destruction de l'armature boisée par les coupes illicites) et les incendies répétées avec la construction anarchique des agglomérations côtoyant les forêts et le labour aléatoire au sein des domaines forestiers entraînent la régression de la surface boisée.

En Algérie, les facteurs de destruction du patrimoine forestier ont provoqué en 120 ans une régression de 25 à 30% de l'armature boisée surtout en montagne et une réduction globale des peuplements. Elle se traduit par une baisse de la densité, une dégradation des sols et une baisse de la productivité liée elle-même directement à la qualité des sols.

2.2. Désertification

La désertification se réfère à une dégradation des terres en zones arides, semi-arides et subhumides sèches résultant de divers facteurs, notamment les changements climatiques et les activités humaines. La modification à grande échelle du sol et de la végétation entraîne une transformation du bioclimat dans les régions affectées et la perte des terres arables lorsqu'elle a lieu dans les zones sèches et le déclin irréversible ou la destruction du potentiel biologique des terres et de leur capacité à supporter ou à nourrir les populations. En Algérie, l'analyse de la désertification sous un système d'information géographique (SIG), a permis de dresser des cartes de la sensibilité à la désertification selon cinq degrés (très bon état, bon état, état critique, état dégradé et état très dégradé) (Figure 2). Ces résultats montrent qu'environ 75% des parcours steppiques sont désertifiés ou au seuil de la désertification [10].

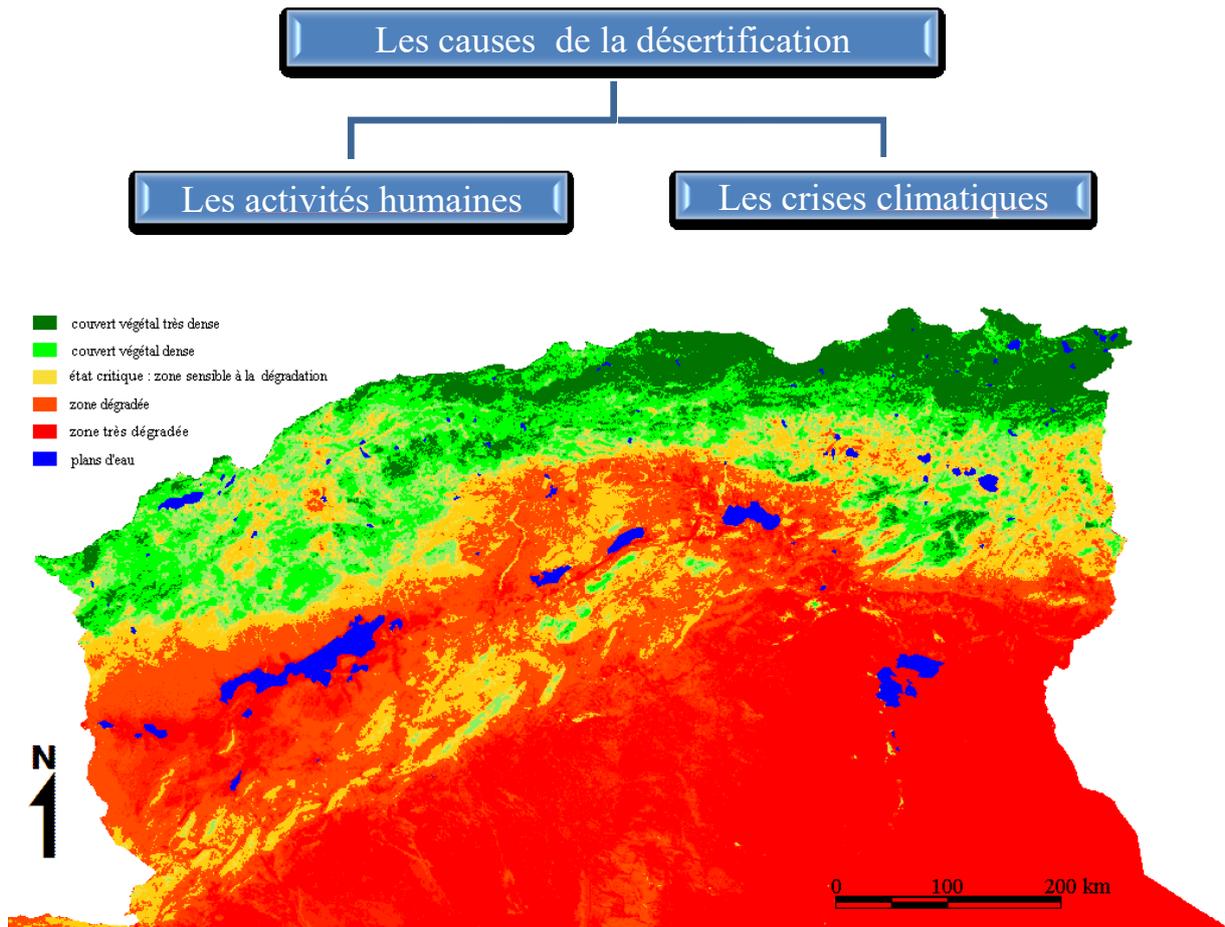


Figure 2. Analyse et suivi de la désertification en Algérie [10].

3. Salinisation

On distingue d'une part la salinité primaire, d'origine naturelle, due à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques et, d'autre part, la salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques, en particulier à l'irrigation mal conduite dans certaines zones agricoles. Les sols naturellement salins sont fréquents dans les zones arides, parce que l'évaporation potentielle du sol dépasse largement la quantité d'eau qui arrive au sol, ce qui permet aux sels de s'accumuler près de la surface. Les zones de sols salés naturels se trouvent principalement dans les points bas de bassins endoréiques arides ou semi-arides appelés Chotte ou Sebkha (Figure 3). Les sols salés sont très répandus dans les régions arides d'Algérie, ils occupent 15% de la surface cartographiée) [11].

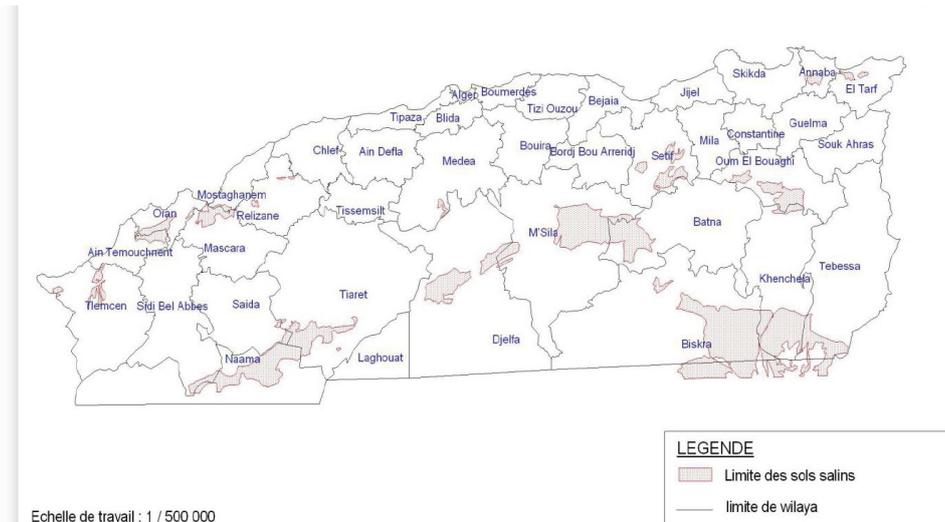


Figure 3. répartition des sols salins au nord de l'Algérie [11].

4. Alcalinisation

Elle correspond à l'adsorption de sodium à la place d'autres cations (potassium, calcium notamment) sur ses minéraux argileux. Elle peut conduire à une grave dégradation de sa structure par dispersion des substances colloïdales, argileuses ou organiques. Un sol alcalin a généralement une faible perméabilité à l'eau et à l'air, et un pH élevé (dépassant 8,2) ce qui inhibe la croissance de la plupart des plantes, à l'exception de quelques espèces adaptées à ces milieux très particuliers. L'alcalinité peut être soit primaire et naturelle, soit secondaire et induite par l'homme [12].

5. Tassement des sols

Tous les sols ont une porosité³ (espace entre les particules de sol) naturelle, conséquence de leurs constituants et de leurs activités biologiques. Cette porosité est importante pour la libre circulation de l'eau ainsi que pour les fonctions nutritives et épuratrices du sol.

Le compactage (tassement) la déstructuration de la partie supérieure des sols par le piétinement ou la motorisation au passage de la machinerie agricole, accompagnée d'une baisse de porosité où l'eau qui tombe sur un sol compacté ne peut pénétrer et va donc ruisseler plus massivement⁴ (Figure 4).

⁴ https://fr.wikipedia.org/wiki/Compaction_du_sol

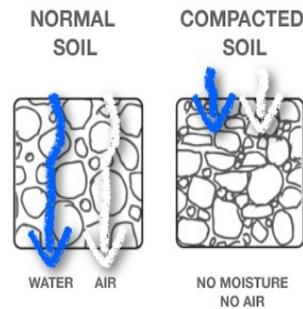


Figure 4. Porosité du sol ⁵

6. Érosion

L'érosion est un processus naturel provoquant une perte importante de sol. Elle est l'usure de la partie superficielle de l'écorce terrestre, l'eau et le vent sont les principaux agents naturels est caractérisée par l'arrachement, le transfert et la sédimentation des particules vers un lieu de dépôt. Le mot « érosion » vient de (ERODERE), verbe latin qui signifie (ronger). C'est aussi l'ensemble des actions chimique et organique qui aboutit à la destruction des roches et au nivellement progressif du terrain plus simplement. L'érosion se développe sous l'effet des activités de l'homme : le surpâturage ; l'extension des défriches et des cultures à des zones fragiles ; les feux répétés ; les techniques culturales mal adaptées ; la réduction de la jachère et le déséquilibre du bilan des nutriments et des matières organiques aboutissent plus ou moins rapidement à la dégradation des couvertures végétales et pédologiques [13].

La perte de la couche arable par l'érosion due au vent et à l'eau, résultant notamment de la perte de végétation ; Les forts ruissellements au moment des crues torrentielles dérivent les inondations. Celles-ci déposent également une forte couche de sédimentation sur les terres agricoles et les condamnent ; l'envasement des barrages réduit les réserves en eau destinées aux surfaces irriguées qui entraîne à son tour une baisse de la production agricole, et entraîne en conséquence le développement de l'élevage qui considéré comme un processus de la dégradation ; La perte des terres cultivées soit par érosion ou manque d'eau entraîne leur abandon un exode rural [14].

6.1. Érosion hydrique

L'érosion hydrique est un processus dont l'ampleur s'est aggravée avec l'utilisation des sols par l'homme. HN Le Houérou [15] a pu calculer l'équivalent de 40000 ha de terre perdus annuellement en Algérie par l'érosion hydrique ce traduit l'ampleur de la déforestation et l'impact des mauvais techniques agricoles. Elle se définit comme le détachement et le

⁵ file:///C:/Users/Pc/Downloads/PowerPoint-Look-After-Your-Soil_231002_181922.pdf

transport de particules de sol de son emplacement d'origine par l'effet cinétique de l'eau vers un lieu de dépôt (sédimentation). L'érosion hydrique est due à l'effet mécanique de la pluie produisant, ainsi la distinction ou désintégration d'agrégats assez importants qui reforment de plus petites particules, souvent accompagnée de la décomposition des particules suivent leur taille. Le ruissellement se développe lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol [16]. Il existe de plusieurs types :

6.1.1. Érosion en nappe

C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion dans le cas où l'énergie des gouttes de pluie s'applique à toute la surface du sol et le transport des matériaux détachés s'effectue superficiellement par le ruissellement. De ce fait, elle est peu visible d'une année à l'autre puisqu'une érosion importante de 15 à 30 t/ha/an correspond à une perte de hauteur de 1 à 2mm [17]. L'érosion en nappe peut entraîner un décapage de la majorité de l'horizon humifère en quelques dizaines d'années [18] :

- Le premier symptôme le plus connu de l'érosion en nappe est la présence de plages de couleur claire aux endroits les plus décapés, les plus agressés des champs (haut de collines, et rupture de pentes) ;
- Le deuxième symptôme est la remontée des cailloux en surface par les outils de travail du sol. Les paysans disent que « les cailloux poussent » il s'agit en réalité d'une fonte de l'horizon humifère et d'un travail profond du sol qui remonte en surface les cailloux.

L'érosion en nappe entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface, c'est une forme d'érosion diffuse. Avec le décapage de la couche superficielle du sol et au cours des temps, les racines sont plus exposées en surface. Il existe un modèle empirique qui permet de calculer les pertes en terre provoquées par l'érosion en nappe comme le cas de l'Équation universelle des pertes en terre : Le modèle USLE

Paramètres du modèle

L'équation qui régit ce modèle est la suivante: $A = R \times K \times SL \times C \times P$

A: Perte en sol par unité de surface,

R: érosivité de la pluie,

K: érodibilité du sol,

SL: Facteur topographique,

C: Effet du couvert végétal,

P: Effet des pratiques antiérosives.

6.1.2. Érosion linéaire

L'érosion linéaire intervient à la suite du ruissellement. Elle est exprimée par tous les creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant diverses formes et dimensions [17, 18] (Tableau 1) :

Tableau 1. Formes de l'érosion linéaire.

Formes	Largeur	Profondeur
Griffe	< 10cm	5-6cm
Rill	10-20cm	5-10cm
Rigole	5-70cm	10- 30cm
Ravine	50cm à 1m	30-50cm
Petit ravin	50cm à 1m	50-200cm

L'érosion par ravinement est la forme culminante de l'érosion du sol. Les dégâts causés sont d'autant plus importants que la stabilisation et la réparation de cette forme d'érosion sont les plus coûteuses de tous les travaux de lutte contre l'érosion [17] (Figures 5 & 6).



Figure 5. Ravinement (Badland) à Béni Chougrane – Mascara (source : Établi par l'auteur).

Sur la colline marneuse voisine, on observe l'évolution de l'érosion en nappe au sommet, en rigoles et en ravines sur les fortes pentes tandis que l'oued attaque le pied de la colline (glissement des berges).



Figure 6. Effet de labour, du ruissellement et de la pente dans l'Atlas algérien [17].

6.1.3. L'érosion en masse

On attribue à l'érosion en masse tout déplacement de terre selon des formes non définies. Les glissements sont des décollements d'une couche plus ou moins épaisse de sol, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de plan de glissement. L'essentiel

se passe autour des oueds : ravinement, éboulement en masse des versants entaillés par la divagation des oueds sont les sources majeures de sédiments directement mobilisés par la rivière lors des plus fortes crues [17].

La construction de routes sur les zones sensibles aux glissements de terrain peut augmenter la fréquence des glissements de terrain et en amplifier les dégâts matériels. Fait aux conséquences parfois tragiques, le développement de constructions anarchiques sur des terrains instables situés sur des collines pentues à proximité des villes peut entraîner de très graves catastrophes lorsque ces terrains s'effondrent à la suite de pluies diluviennes ou de tremblements de terre [19]. Elle s'échappe des pentes dénudées qui va créer le sapement des berges et une sédimentation importante dans les réservoirs. On distingue les processus suivants classés selon la présence croissante d'un fluide (Figure 7) :

- La reptation (mouvement de masse, continu) ;
- les éboulements (chute libre de blocs à partir de reliefs escarpés) ;
- les glissements (déplacement d'une masse de roches ou de sédiments selon une surface de rupture) ;
- les écoulements gravitaires (par exemple : coulées de boues).

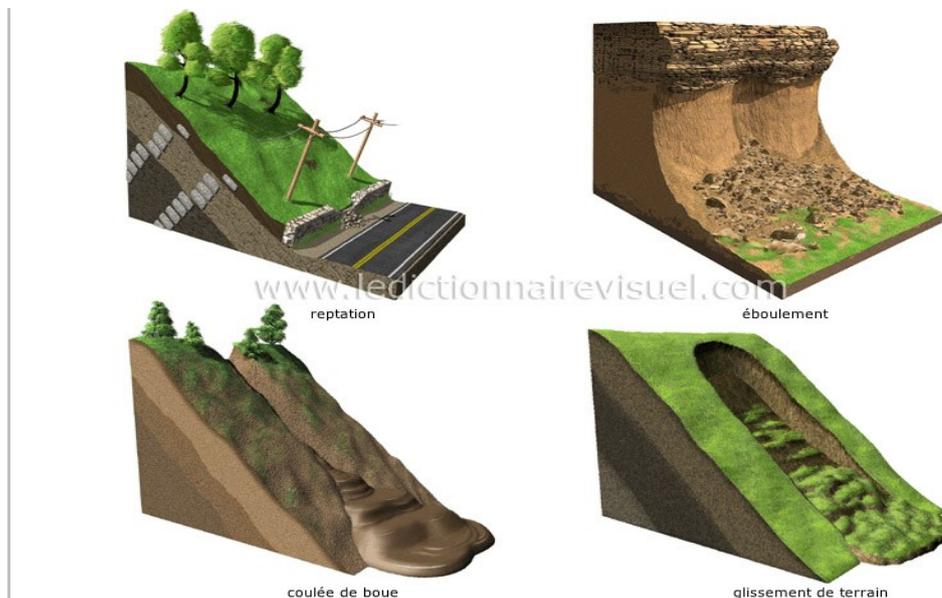


Figure 7. Mouvement de la terre et types d'érosion en nappe⁶.

6.2. Érosion éolienne

C'est l'arrachement par le vent des particules fines de la surface du sol. Le vent est un agent important d'érosion dans les régions désertiques, les zones côtières et les plaines à végétation

⁶ <https://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/terre/geologie/mouvements-de-terrain.php>

éparse. La compétence du vent, c'est-à-dire sa capacité à soulever et à transporter des débris, se limite aux particules fines : argile, limon, sable, cendre, poussières. Il existe trois modes différents d'entraînement des particules: la saltation, la reptation en surface et la suspension⁷ (Figure 18):

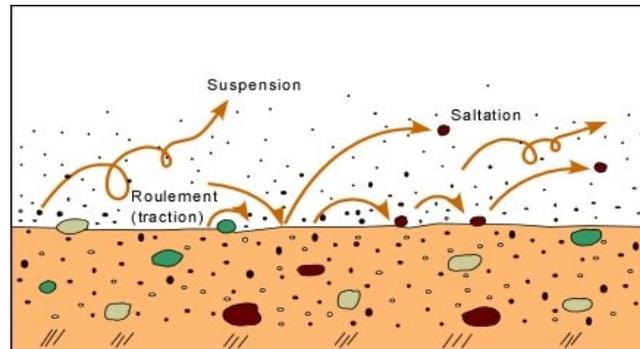


Figure 8. Schéma de l'effet de l'érosion éolienne.⁸

- 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. Peu de particules atteignent une altitude supérieure à 1m et environ 90% d'entre elles font des sauts inférieurs à 30cm. L'amplitude horizontale d'un saut est généralement comprise entre 0,5 et 1m.
- La reptation en surface : (roulement, traction) Les particules de plus grande dimension roulent ou glissent à la surface du sol. Trop lourdes pour être soulevées. Les particules qui se meuvent ainsi ont des diamètres compris d'environ 0,5 et 2mm suivant leur densité et la vitesse du vent. Elle représente 50 à 80% du transport. Elle est donc le principal facteur de déplacement des grandes dunes.
- La suspension : Une fois les particules fines de diamètres faibles < à 0,1mm 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 3m à 4km. Chaque année, par exemple, plusieurs millions de tonnes de poussières du Sahara sont dirigées vers l'Europe.

2.7. Artificialisation

Elle conduit à la disparition irréversible d'une partie croissante de la ressource en sol. Elle regroupe les zones urbanisées, les zones industrielles ou commerciales, les réseaux de communication, les mines, les décharges et les chantiers. Parmi les pressions responsables de

⁷ <https://www.fao.org/3/x0084f/X0084F04.htm>

⁸ <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/3.18.jpg>

l'artificialisation croissante des territoires en Méditerranée, on peut en distinguer principalement trois ⁹:

- le développement de la population urbaine, dû à l'exode rural, à la croissance démographique ou à l'immigration ;
- le développement de nouvelles activités comme le tourisme, notamment sur les côtes, et les industries autour des villes, ainsi que celui des infrastructures associées ;
- les changements de mode de vie, entraînant un habitat de plus en plus dispersé.

2.8. Pollution du sol

Les sources de pollution anthropiques sont aussi anciennes que les activités humaines. Cependant, depuis les débuts de la civilisation industrielle, au milieu du 18^{ème} siècle, elles n'ont cessé de croître en nombre et en importance, et les phénomènes de pollution se sont accrus de façon parfois exponentielle jusqu'à nos jours. Parmi les sources principales de pollution des sols on dénombre ¹⁰ :

- l'agriculture moderne, par suite de l'usage systématique d'engrais chimiques et de pesticides, et de l'intensification non raisonnée de l'irrigation qui peut mener à l'accumulation dans le sol de substances toxiques à fortes doses ;
- l'industrie, non seulement par les pollutions localisées dues aux usines, ou aux mines, au moment de la production, mais aussi par les pollutions diffuses liées aux usages et à la consommation des produits ; radioactives, les pluies acides...etc.
- les décharges de déchets agricoles, industriels ou ménagers ; La destruction par les constructions urbaines, industrielles, routières...etc.

⁹ <https://planbleu.org/wp-content/uploads/2020/10/PLAN-BLEU-CAHIER-21-Tendances-demographiques-en-Mediterranee.pdf>

¹⁰ <https://www.iloencyclopaedia.org/fr/part-vii>



Figure 9. Types de pollution ¹¹

Les sols contiennent naturellement de très nombreux éléments chimiques, notamment des métaux. Certains sont sans effets biologiques marqués. D'autres (le cuivre par exemple) constituent à faible dose des micronutriments indispensables au développement des plantes, mais à plus forte concentration ils peuvent devenir toxiques et constituer une menace pour la chaîne alimentaire et pour la santé. D'autres encore (le mercure par exemple) sont toujours toxiques. La concentration de métaux lourds dans les sols peut être très variable. Une forte concentration de métaux lourds peut-être soit naturelle (due au substrat géologique par exemple), soit anthropique, due à des apports directs ou indirects liés aux activités humaines. Les causes les plus fréquentes sont : l'épandage d'engrais phosphatés (cadmium), ou de boues de station d'épuration ; les pollutions industrielles ; les pollutions liées au trafic automobile (plomb). Les métaux lourds d'apport anthropique sont souvent présents sous une forme plus réactive et donc plus dangereuse que les minéraux naturels.

Les éléments les plus dangereux pour l'homme et les animaux sont le mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'arsenic (As). Le cuivre (Cu), le nickel (Ni) et le cobalt (Co) ne sont dangereux qu'en concentrations élevées. Le niveau de toxicité de ces éléments dépend de leur concentration.

¹¹ <http://www.ikonet.com/fr/ledictionnairevisuel/terre/environnement/pollution-du-sol.php>

2.9. Acidification

Il existe plusieurs causes d'acidification des sols :

- La plantation massive de certains résineux (*Pinus*) et de certains feuillus (*Eucalyptus*) ;
- L'apport par l'agriculture de certains fertilisants acidifiants ;
- Des retombées, sèches ou par l'intermédiaire des pluies dites acides, de polluants (dioxyde de soufre, oxydes d'azote...etc.) émis par les véhicules, les chaudières, les centrales thermoélectriques et certaines industries ;

La pollution par les pesticides peut entraîner la pollution des eaux de surface contaminées par le ruissellement, ainsi que celle des nappes phréatiques¹². De graves dangers pour la santé humaine peuvent en résulter. L'entraînement des matières actives dépend de la structure du sol, de sa capacité à les absorber, de l'abondance des pluies qui suivent le traitement (des pluies survenant juste après un traitement peuvent entraîner le lessivage de 20 voire 30% de la dose appliquée). L'entraînement des pesticides en profondeur est moins intense mais plus continu (environ 1% des doses) ; il est parfois suffisant pour rendre l'eau des aquifères impropre à la consommation humaine.

3. Surexploitation agricole et surpâturage

Les terres de la steppe algérienne subissent un processus de dégradation continue auquel ont contribué le surpâturage et une agriculture inadaptée¹³ ou mauvais traitements liés à des techniques mal adaptées. Les sols s'épuisent par la surexploitation agricole des terres par l'agriculture intensive qui provoque la perte de substances nutritives et la mauvaise conception des systèmes d'irrigation contribue à l'abaissement du niveau piézométrique de la nappe phréatique.

Le travail du sol avec le labour profond détruit la macroporosité stable et la structure et réduit la cohésion du sol (donc sa résistance au ruissellement).

Le surpâturage qui dépasse les potentialités de renouvellement de formations végétales surtout dans les régions steppiques contribue à la disparition de la couverture végétale et donc le défrichement superficiel du sol.

¹² <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/2/18/pesticides-pollution-eau>

¹³ <https://journals.openedition.org/vertigo/15152>

Chapitre 3.

Stratégies de la conservation du sol

Introduction

Les sols constituent un compartiment fondamental des écosystèmes : leur dégradation a des impacts majeurs sur tous les autres compartiments, et porte gravement atteinte à la composition et à la diversité de la flore et de la faune, ainsi qu'aux cycles de l'eau et des nutriments. La conservation du sol est considérée comme un investissement à long terme pour protéger le patrimoine foncier pour les générations futures [20]. La gestion des sols peut raisonnablement être considérée comme la base d'une stratégie gagnante qu'autorisent les modes de gestion des cultures dans la mesure où il a été démontré à grande échelle qu'ils assurent par ailleurs la viabilité et durabilité de l'exploitation agricole en protégeant le sol de la dégradation physique, chimique et biologique [21].

Un grand effort est fait pour mettre au point des systèmes de culture utilisant un travail minimum (agriculture de conservation des sols). La conservation du sol comporte d'abord le maintien de sa fertilité et, par conséquent, l'établissement d'une rotation des cultures, enfouissement de matière organique (fumier, engrais verts, débris et résidus de récolte), apport d'améliorations calciques et d'engrais pour compenser les entraînements par l'eau aussi bien que les exportations par les récoltes...etc.

Du fait que la dégradation des sols affecte leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques et les usages socio-économiques qui en dépendent, leur conservation est un enjeu politique et social. Les mesures susceptibles d'être prises pour répondre à cet enjeu sont très diverses. Outre les interventions techniques, elles peuvent, notamment, inclure des changements législatifs ou réglementaires.

A l'avenir pour réduire les conséquences de l'envasement des barrages dont la construction constitue une charge plus lourde pour la société. Il serait logique dans le cadre d'un plan rigoureux d'assurer une bonne couverture végétale des bassins versants. En effet, pour revégétaliser l'amont des bassins-versants, stabiliser les ravines, restaurer la productivité des terres et protéger les barrages de l'envasement : c'est la stratégie de défense et restauration des sols (DRS) qui joint en quelque sorte l'approche Restauration des Terrains de Montagne (RTM) à celle de la Conservation de l'Eau et des Sols (CES) des agronomes américains. Depuis 1985, des techniques de CES, a développé des agro-écosystèmes intensifs valorisant mieux le sol et le travail, a restauré des ravines avec différents modèles de seuils et différentes plantes et arbres valorisant les bad-lands : ils ont appelé le système "GCES : Gestion Conservatoire des eaux et des sols" [1].

1. Dispositions institutionnelles pour la protection du sol

1.1. Au niveau mondial

❖ 18e Session de l'Assemblée générale de l'UICN - l'Union mondiale pour la nature Perth, Australie 1990 [traitant d'un côté la thématique : dégradation des sols]

Elle recommande fermement aux gouvernements nationaux, aux organismes de financement, aux organisations internationales, nationales et provinciales concernées par l'utilisation des terres et la conservation:

- a. d'accorder davantage d'attention et de fonds à l'étude des pratiques d'utilisation des terres contribuant à la dégradation des sols et d'élaborer des pratiques encourageant une utilisation durable des terres;
- b. de mener des recherches spécifiques sur l'identification et l'élaboration de procédures et des paramètres simples, permettant de détecter et de mesurer la dégradation des sols;
- c. d'établir des programmes d'éducation et de vulgarisation à l'intention des propriétaires fonciers et des utilisateurs des terres à tous les niveaux gouvernementaux;
- d. d'impliquer les propriétaires fonciers et les utilisateurs des terres, dans toute la mesure possible, dans les programmes de recherche, de surveillance continue, d'éducation et de vulgarisation;
- e. d'établir et appliquer des mesures financières et fiscales pour encourager et aider les propriétaires fonciers et les utilisateurs des terres à appliquer les résultats des activités susmentionnées.

❖ Convention internationale sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique

La Convention des Nations-Unies pour la lutte contre la désertification (UNCCD) est un instrument juridique international qui engage tous les pays signataires à coopérer dans la lutte contre la désertification. Elle est entrée en vigueur en 1996 pour 175 états adhérents ;

Pour structurer les politiques, le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) a demandé aux pays de rédiger des Plans d'Action Nationaux qui établiraient les stratégies à long terme, préciseraient les mesures à prendre et s'attaqueraient aux causes sous-jacentes de la désertification. L'expression "lutte contre la désertification" désigne les activités qui

relèvent de la mise en valeur intégrée des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, en vue d'un développement durable et qui visent à :

- (i) prévenir et/ou réduire la dégradation des terres,
- (ii) remettre en état les terres partiellement dégradées,
- (iii) restaurer les terres désertifiées.

1.2. Cadre législatif de la conservation du sol en Algérie

La loi du 2 février 1941

Elle a jeté les bases de nouvelles méthodes dans ses deux premiers articles dont la teneur suit :

Art. 1. -- Des arrêtés du Gouverneur Général de l'Algérie, pris en conseil de gouvernement, après enquête, pourront déclarer d'utilité publique la création de périmètres de restauration des sols des bassins versants.

Art. 2. -- Des arrêtés du Gouverneur Général détermineront dans chaque cas particulier, les mesures à prendre dans ces périmètres, concernant la défense des plantations et des ouvrages de protection, l'aménagement des pâturages. Pour l'application de cette loi, un service Spécial de la Défense et de la Restauration des Sols a été créé en 1942 et, dans une première étape, le service de la défense et de la restauration des sols (DRS) a recherché et mis au point des méthodes de fixation des terres bien adaptées aux conditions physiques et humaines du pays. Il s'est attaché dans ses expériences en faisant obstacle aux puissances du ruissellement, causes fondamentales des érosions, dans le moment même où elles vont commencer à devenir dangereuses, et en favorisant leur infiltration sur place.

Loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement

Art, 9 - La protection des terres contre la désertification l'érosion et la remontée des sels dans les terres vocation agricole est d'utilité publique.

Loi n° 03-10 de 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

Chapitre 4 : Des prescriptions de protection de la terre et du sous-sol

Art. 59. — La terre, le sol et le sous-sol et les richesses qu'ils contiennent en tant que ressources limitées, renouvelables ou non, sont protégés contre toute forme de dégradation ou de pollution.

Art. 60. — La terre doit être affectée à des usages conformes à sa vocation, l'utilisation des terres pour des usages non réversibles doit être limitée. L'affectation et l'aménagement des sols à des fins agricoles, industrielles, urbanistiques ou autres se font conformément aux

documents d'urbanisme et d'aménagement et dans le respect des prescriptions environnementales.

Art. 61. — L'exploitation des ressources du sous-sol doit obéir aux principes qui fondent la présente loi, et en particulier au principe de la rationalité.

Art. 62. — Sont fixées par voie réglementaire :

- 1) les conditions et mesures particulières de protection environnementale destinées à lutter contre la désertification, l'érosion, les pertes de terres arables, la salinisation et la pollution de la terre et de ses ressources par les produits chimiques ou tout autre matière pouvant altérer les sols à court ou à long terme ;
- 2) les conditions dans lesquelles peuvent être utilisés les engrais, et autres substances chimiques dans les travaux agricoles, notamment : - la liste des substances autorisées ; - les quantités autorisées et les modalités d'utilisation afin que les substances ne portent pas atteinte à la qualité du sol ou des autres milieux récepteurs.

Loi n° 05-12 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau

Concernant la lutte contre l'érosion hydrique

Art. 34. — Pour chaque périmètre retenu et délimité en fonction de l'intensité de l'érosion hydrique des sols des bassins-versants, il est établi un plan d'aménagements anti-érosifs concerté entre les administrations, les organismes et les représentants des populations concernées, en vue d'assurer la conservation des eaux et des sols et de réduire les risques de dégradation des écosystèmes menacés.

Art. 35. — Dans les zones caractérisées par une forte érosion hydrique provoquant un engorgement accéléré des retenues d'eau superficielle, les plans d'aménagements antiérosifs peuvent instaurer toutes mesures visant à :

- promouvoir l'utilisation de techniques culturales ou d'élevage permettant une meilleure protection des sols.
- l'interdiction de toute intervention susceptible d'endommager les ouvrages de conservation des eaux et des sols.
- la suppression de tous obstacles naturels ou artificiels établis dans les exploitations agricoles ou forestières et susceptibles de gêner la réalisation des travaux d'aménagement tels que le reboisement, le développement du couvert végétal, la protection des berges d'oueds, les opérations de correction torrentielle et toutes autres actions antiérosives.

Loi n° 08-16 du 3 août 2008 portant orientation agricole

Parmi les dispositions générales :

- préserver et valoriser le patrimoine foncier par la précision de l'organisation foncière et la définition d'un mode approprié d'exploitation des terres agricoles ;
- permettre une utilisation rationnelle des sols par l'adaptation des systèmes de productions notamment dans les régions soumises aux menaces de dégradation ;
- assurer le développement agricole et rural des zones de montagne à travers un reboisement harmonieux, la conservation de la nature et la protection des bassins versants;
- permettre la fixation des cordons dunaires, la restauration du couvert végétal pâturé et la protection de la steppe et des zones pastorales ;
- assurer l'utilisation rationnelle et la valorisation des ressources en eau pour l'irrigation des terres agricoles.

Art. 4.

- permettre une utilisation rationnelle des sols par l'adaptation des systèmes de productions notamment dans les régions soumises aux menaces de dégradation ;
- assurer le développement agricole et rural des zones de montagne à travers un reboisement harmonieux, la conservation de la nature et la protection des bassins versants;
- permettre la fixation des cordons dunaires, la restauration du couvert végétal pâturages et la protection de la steppe et des zones pastorales ;

Art. 11.

Le plan national de développement agricole et rural est constitué de programmes portant notamment sur les domaines d'intervention suivants :

- la préservation et le développement des ressources génétiques animales et végétales ;
- la mise en valeur des terres ;
- le boisement et reboisement ;
- la lutte contre la désertification ;
- le développement de l'agriculture en régions sahariennes ;
- le développement de l'agriculture montagnaise.

 **Loi n° 10-02 du 29 juin 2010 portant approbation du Schéma National d'Aménagement du Territoire SNAT.**

Le développement durable du territoire national constitue une dimension orientant l'ensemble des lignes directrices du SNAT. La ligne directrice « vers un territoire durable » se décline en cinq Programmes, parmi lesquels, la conservation des sols et la lutte contre la désertification.

Objectifs :

- Protéger et valoriser la ressource en sols,
- Inscire la protection des sols dans une stratégie intégrée d'aménagement du territoire.

Stratégie :

- Renforcer et mettre en œuvre la protection des sols,
- Adapter la protection des sols aux enjeux spécifiques des différents espaces.

Programme d'action

- Mesures de conservation et de restauration des sols.

2. Agriculture de conservation des sols ¹⁴

Le sol est considéré non pas comme un support de culture, mais comme un milieu vivant. Le protéger améliore son fonctionnement, restaure ou augmente la fertilité. L'agriculture de conservation redonne au sol le premier rôle dans la production végétale. L'activité biologique remplace alors le travail mécanique considéré comme perturbateur de la structure et des équilibres. L'agriculture de conservation va plus loin que les techniques culturales simplifiées.

Elle repose sur 3 axes majeurs :

- abandon du travail du sol ;
- couverture permanente du sol ;
- rotation longue.

Concrètement, c'est le semis direct sous couverture végétale. Elle est un système cultural qui favorise une perturbation mécanique minimale des sols (pas de travail du sol), le maintien d'une couverture permanente du sol, et la diversification des espèces végétales. Elle accroît la biodiversité et stimule les processus biologiques naturels qui ont lieu au-dessus et en dessous de la surface du sol, ce qui contribue à une utilisation plus efficace de l'eau et des nutriments et permet d'améliorer durablement la production végétale. Les trois principes de l'agriculture de conservation sont les suivants :

- 2.1. **Perturbation mécanique des sols minimale** (pas de travail du sol) par le placement direct de semences et / ou d'engrais.



- 2.2. **Une couverture organique des sols permanente** (d'au moins 30%) faite de résidus végétaux et/ou de cultures de couverture.



- 2.3. **La diversification des espèces cultivées**, à travers des séquences de cultures variées et des associations impliquant au moins trois cultures différentes.



¹⁴ <https://www.terre-net.fr/agriculture-de-conservation/t130>

3. Végétalisation et techniques culturales

La végétation protège le sol contre l'érosion, améliorer sa structure et par conséquent sa fertilité. Pour arrêter la dégradation du couvert végétal et favoriser sa restauration, diverses solutions sont envisageables en fonction de la nature du couvert et de la cause de la dégradation. Le rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion se résume en ¹⁵:

- L'interception des gouttes des pluies permet la dissipation de l'énergie cinétique, ce qui diminue dans une large mesure l'effet "splash" ;
- Les plantes ralentissent les eaux de ruissellement par la rugosité qu'elles donnent au terrain ;
- Elle augmente la cohésion du sol par son système racinaire.

Le renforcement de la résistance du sol à l'entraînement par l'eau passe par l'amélioration de la stabilité de sa structure grâce à des amendements humifères, des amendements calcaires qui stabilisent les complexes argilo-humiques et par des bonnes pratiques de gestion du sol (mise en défens, rotations des cultures, travail approprié du sol...etc.). Lorsqu'il s'agit de terrains agricoles, le travail du sol selon les courbes de niveau est très favorisé uniquement sur pente faible. Ces mesures combinées avec une bonne gestion du sol peuvent réduire le détachement et le transport des particules. Parmi les techniques les plus connues on peut citer : le paillage, la rotation des cultures...etc.¹⁶

3.1. Paillage

3.1.1. Paillage en herbe : consiste à étaler des résidus de récolte (Débris végétaux, les pailles, les cannes de maïs, qui peuvent être incorporées superficiellement pour produire le *mulching*) sur les parcelles sensibles à l'érosion. La paille en absorbant l'énergie cinétique des gouttes de pluie, Contribue à protéger la surface recouverte contre l'agressivité des précipitations en limitant plus spécialement les effets de l'érosion « splash ». Le paillage agit de différentes façons par la matière organique qu'il apporte, il enrichit le sol et améliore ses qualités physiques en augmentant la perméabilité, il protège des effets d'érosion par le vent et empêché de former sur le surface du sol une mince couche compacte s'opposant à la pénétration de l'eau ¹⁷ (Figure 10A).

3.1.2. Paillage en plastique : Les films de paillage en plasticulture sont destinés à couvrir le sol d'une culture. Ils ont plusieurs fonctions de base (Figure 10B) :

-protéger la structure du sol (limiter la battance des sols) ;

¹⁵ <https://www.africmemoire.com/part.3-chapitre-premier-revue-de-la-litterature-701.html#:~:text=L'interception%20des%20gouttes%20des,et%20y%20favorise%20l'infiltration>

¹⁶ https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/Erosion_sol/Erosion-sol.htm

¹⁷ <https://www.africmemoire.com/part.3-chap-1-generalites-679.html>

- limiter l'évaporation d'eau du sol ;
- réduire les pertes par lessivage d'éléments fertilisants ;
- contribuer à réduire les risques phytosanitaires sur la plante ;
- contribuer à la propreté de la récolte ;
- limiter ou éviter l'enherbement de la culture selon que les films sont transparents ou opaques (réduction du recours aux herbicides) ;
- réchauffer le sol ;
- améliorer la précocité selon la couleur du film.



Figure 10. Paillage en herbe (A) et en plastique (B) ¹⁸

3.2. **Rotation des cultures** consiste en l'organisation de la succession culturale des espèces sur une parcelle¹⁹. La rotation des cultures s'organise en un cycle régulier plus ou moins long, ex :

- ✓ plantes sarclées : (espèces de plantes cultivées comme la betterave, le maïs, la pomme de terre...etc.) ;
- ✓ Blé ;
- ✓ Légumineuses (elles désignent un type de cultures récoltées dans le seul but d'obtenir des grains secs, ex : Les haricots secs, les lentilles et les pois...etc.) ;
- ✓ Jachère (état d'une terre labourée qui n'a pas étéensemencée, afin de la laisser reposer).

En zone montagnarde, l'installation d'une végétation à croissance rapide tels que, *Atriplex*, cactus...etc., assure une amélioration de la couverture du sol et son enrichissement en matière organique. Des solutions courantes contre l'érosion éolienne sont les brise-vent.

La lutte contre la dégradation des espaces forestiers inclut la définition précise des droits fonciers et des droits d'usage, l'aménagement des forêts selon les principes de la gestion durable, la lutte contre le surpâturage et la surexploitation du bois de feu, la défense contre les incendies. La régénération de la végétation naturelle sur des terrains de parcours peut s'obtenir

¹⁸ <https://www.reussir.fr/fruits-legumes/melon-un-pre-projet-sur-les-films-de-paillage-biodegradables>

¹⁹ <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/rotation-des-cultures/>

par une diminution de la charge en animaux, ou même, sur des terrains très dégradés, par une interdiction totale du pâturage, plus ou moins prolongée (mise en défens).

4. Les mesures antiérosives contre le ruissellement et l'érosion des sols

La lutte antiérosive doit donc prévoir la gestion de ces eaux de ruissellement. Il existe quatre modes de gestion des eaux auxquels correspondent des structures antiérosives :

- la capture du ruissellement pour l'irrigation d'appoint ;
- l'infiltration totale ;
- la diversion des eaux excédentaires ;
- la dissipation de l'énergie du ruissellement.

Les méthodes antiérosives sont des techniques qui agissent en modifiant le trajet de l'agent d'érosion et en réduisant sa force. Voici quelques exemples :

4.1. **Les terrasses en gradins** se sont développées 2000 ans avant (J.-C.), en Asie. Elles sont exécutées sur forte pente, elles permettent de cultiver horizontalement sur des terrains pentus en même temps qu'elles permettent de lutter contre l'érosion. Dans les régions arides elles sont utilisées pour la lutte contre les ruissellements et l'érosion. Les successions de terrasses prennent en effet la forme d'un escalier ou de gradins. Elles doivent s'adapter à la pente : lorsque la pente augmente les terrasses rétrécissent tandis que le mur (ou le talus) de soutènement prend de la hauteur. Elles constituent des ouvrages par la cassure de l'énergie du ruissellement mais aussi d'amélioration des terres (humidité, profondeur) et donc de la productivité des sols. Elles sont plus adaptées aux pentes fortes (>15 %) (Figure 11).

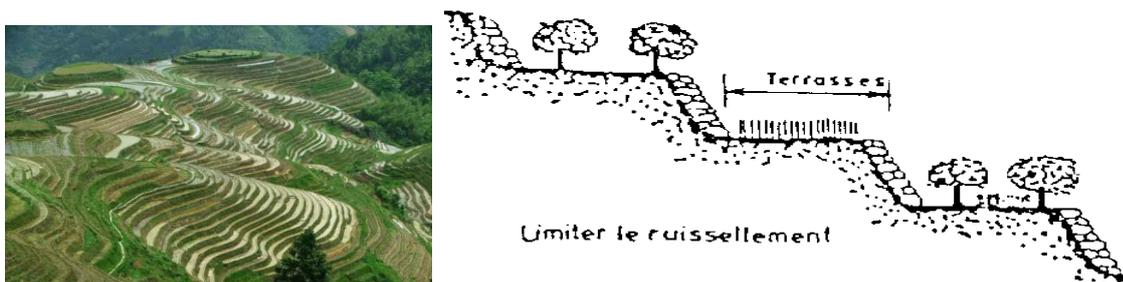


Figure 11. Terrasses [1].

4.2. **Construction des murets et murettes** : Les aménagements de versants en murets de pierre sèche (se sont des petits murs construits en pierres sèches sans ciment ni enduit) selon les courbes de niveau, et le traitement des ravines par des comblements en pierre sont conseillés pour stabiliser les têtes de bassin et réduire les écoulements (Figure 12)..



Figure 12. Murets avec terrasses²⁰

4.3. **Les alignements de pierre**, les cordons pierreux sont des obstacles filtrants qui ralentissent la vitesse de ruissellement ; ils permettent la sédimentation des particules (sables, terre fine, matière organique). Elles sont des petits murs construits en pierres sèches (sans ciment) selon les courbes de niveau (Figure 13).

L'utilisation des petits seuils en pierres sèches peut jouer un rôle provisoire dans la correction de ravinement avant la mise en place des seuils biologiques par la végétation. Ces seuils peuvent créer par leur atterrissement un milieu favorable à l'installation des plants. Le ruissellement provenant de l'impluvium formé par des collines, peut aussi être capté par une digue en terre et irriguer un champ aménagé en cordons de pierres.

²⁰ <https://murdepierre.ca/>

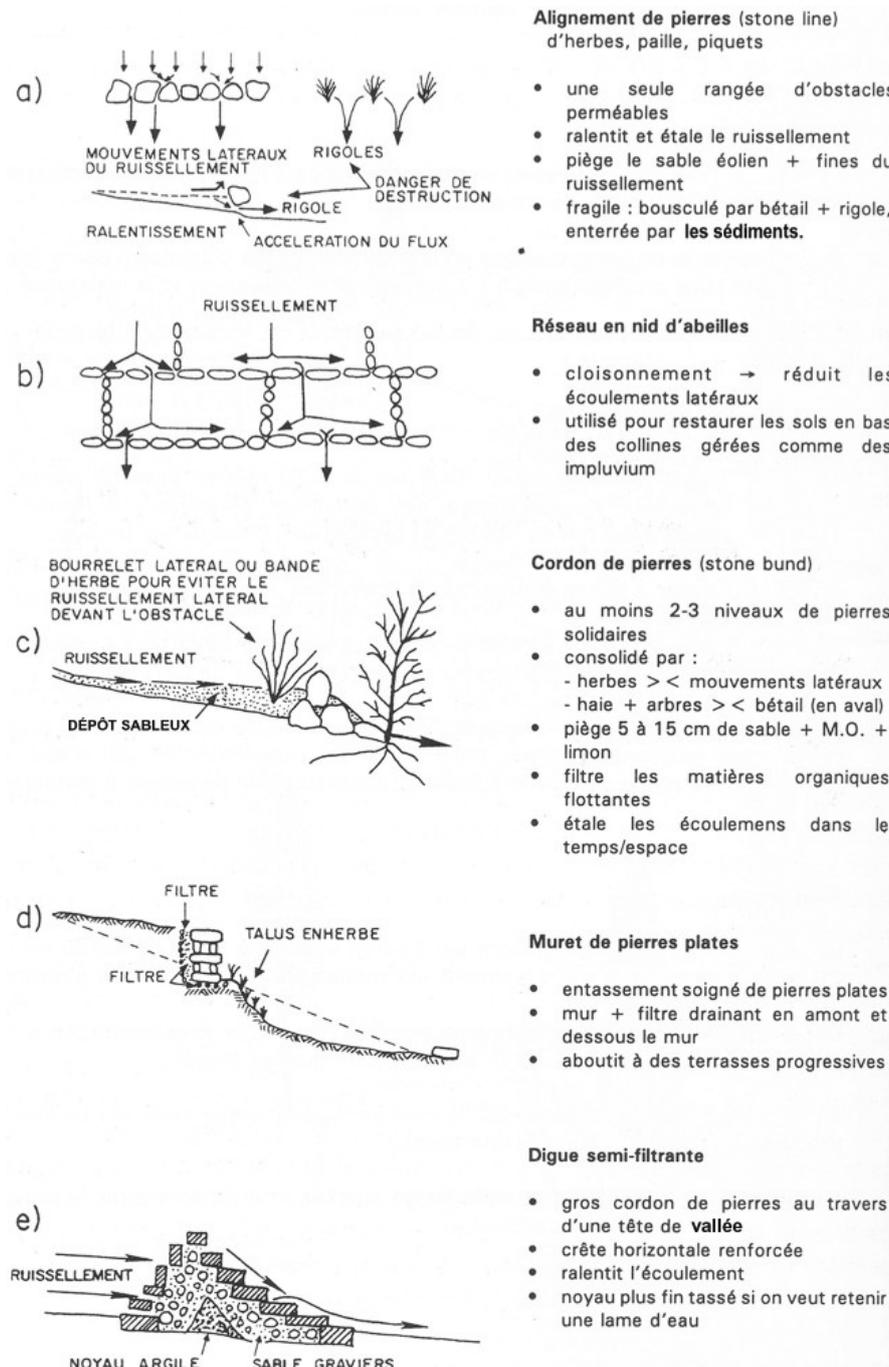


Figure 13. Exemple de micro-barrages perméables en milieu semi-aride [17].

4.4. Les **Banquettes** sont des levées de terre de faible hauteur (0,5m) établies selon les courbes de niveau (Figure 14); elles sont généralement plantées par des arbres permettant de valoriser les surfaces marginales, de fixer les ouvrages et améliorer l'infiltration. Le talus à l'amont de la banquette dépasse rarement 1 mètre de haut. La largeur de la terrasse varie entre 0,5 et 2,5m²¹. Les banquettes cherchent non pas à ramener le sol à l'horizontal comme les

²¹ <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/eau-sol.htm>

terrasses, mais à la couper de distance en distance et selon les courbes de niveau, par des obstacles horizontaux du genre talus ou fossé dont le but est de :

- Briser l'énergie de l'eau en l'obligeant à s'infiltrer ou à s'écouler lentement le long des courbes de niveau vers des exutoires spécialement défendus contre l'érosion;
- Retenir la terre éventuellement arrachée en amont ; on cultive alors entre les banquettes des plantations fruitières ou forestières (ex., l'olivier, suivi du figuier, grenadier...etc.).



Figure 14. Banquettes [22].

Cette technique s'applique sur les pentes faibles à moyennes (< 30%), et sur des sols relativement profonds. Si les plantations associées se font par l'État, il est important de sélectionner des espèces qui suscitent l'intérêt des populations locales. Cela permet une bonne intégration dans le système d'exploitation et garantit le suivi et l'entretien par le propriétaire et donc une durabilité à moindre coût.

4.5. Correction torrentielle

Les seuils en pierres sèches sont des ouvrages construits par des pierres non cimentées, (et en Gabion qui sont des caisses en grillage formées essentiellement des pierres qui doivent avoir une masse spécifique) ancrées sur les berges des ravins se situant en générale en amont (Figure 15). La mise en place des pierres sèches est faite soigneusement, avec une profondeur allant jusqu'à 1,50 mètre pour stabiliser l'ouvrage. Ces seuils permettent d'avoir un ouvrage filtrant, qui permet le passage de l'eau à partir de ses parois.



Figure 15. (a) Correction torrentielle dans la région de Tlemcen [23] ; (b) Gabion en pierre sèche (source : Établi par l'auteur).

4.6. Cuvettes en demi-lunes

On peut capter le ruissellement de 10 à 20 m² en dressant des diguettes en forme de demi-lunes de 2 à 6 m de diamètre qui permet de concentrer le ruissellement pour cultiver quelques arbres (Figure 16).

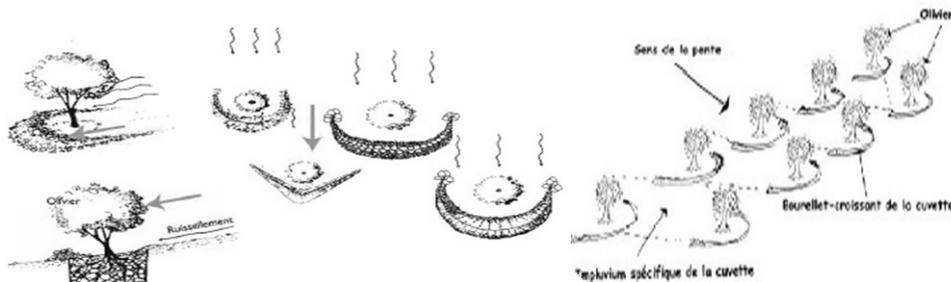


Figure 16. Cuvettes et demi-lunes [24].

4.7. Retenue collinaire

L'objectif principal était de ralentir l'envasement des barrages ; Lieu de dépôt des éléments fins transportés par les ruissellements ; Un point d'approvisionnement en eau pour les paysans et les troupeaux ; Une source d'eaux pour les oiseaux et la faune sauvage (Figure 17).



Figure 17. Retenue collinaire (source : Établi par l'auteur).

5. Les stratégies modernes d'équipement hydraulique

5.1. La restauration des terrains en montagne (RTM)

Développée en France à partir de 1850, Elle a pour but de reboiser les terres dégradées de montagne et de corriger les torrents, de protéger les vallées et les voies de communication des masses de terre mobilisées par l'érosion.

5.2. La conservation de l'eau et des sols cultivés (CES)

Elle a été organisée aux États-Unis d'Amérique depuis 1930 par des agronomes. L'extension rapide des cultures industrielles peu couvrantes comme le coton, le tabac ou le maïs dans la grande plaine, a déclenché une érosion catastrophique par le vent et par l'eau. Cette stratégie vise à conseiller les paysans et à leur fournir un appui technique et financier pour lutter contre la dégradation spectaculaire des terres des grandes plaines agricoles

5.3. La défense et restauration des sols (DRS)

- Il consiste à revégétaliser l'amont des bassins-versants, stabiliser les ravines, restaurer la productivité des terres et protéger les barrages de l'envasement.
- Cette stratégie a été développée par les forestiers dans les années 1940-1980 autour du bassin méditerranéen pour faire face à de graves pénuries d'eau, à l'envasement rapide des barrages (en 30 à 50 ans) et à la dégradation des équipements et des terres.
- La DRS est née d'un mariage de raison entre la RTM des forestiers (reforestation des hautes vallées, correction torrentielle) et la CES des agronomes (banquettes plantées d'arbres fruitiers).

La DRS et la rénovation rurale, la stratégie adoptée consiste à combiner la réalisation de banquettes destinées à dériver les eaux de ruissellement vers des exutoires et des techniques culturales au niveau des parcelles (Figure 18).



Figure 18. Stratégie DRS en Algérie (source : Établi par l'auteur).

5.4. La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)

Elle prend mieux en compte les besoins des gestionnaires des terres, tant paysans qu'éleveurs, en proposant des méthodes qui améliorent à la fois la capacité d'infiltration du sol, sa fertilisation et les rendements, ou mieux, la marge bénéficiaire des paysans. Elle est une stratégie participative visant à mieux gérer les ressources en eau, en biomasse et en nutriments. Elle tient comme principe que les aménagements antiérosifs ne peuvent être durables sans la participation paysanne, cette stratégie tient compte de la façon dont les ruraux perçoivent les problèmes de dégradation des sols et propose l'intensification de la productivité des terres pour faire face à la croissance démographique. La GCES prend pour point de départ, la façon dont les paysans ressentent les problèmes de dégradation des sols et comporte trois phases :

5.4.1. Des dialogues préparatoires entre paysans, chercheurs et services techniques. Cette phase comprend deux enquêtes pour localiser les problèmes, évaluer leur importance, leurs causes et les facteurs sur lesquels on va pouvoir jouer pour réduire le ruissellement.

5.4.2. Des expérimentations sur les champs sont mises en place chez les paysans pour quantifier et comparer les risques de ruissellement ou d'érosion et les gains de rendement sous différents types de mise en valeur ou de technique culturale améliorée

5.4.3. Un plan d'aménagement global doit être défini après 1 à 5 ans de dialogue pour intensifier rationnellement l'exploitation des terres productives, pour structurer le paysage et pour fixer les ravines, stabiliser les terres en privilégiant les Méthodes biologiques simples et maîtrisables par les paysans eux-mêmes. Rien ne peut se faire sans l'accord préalable des paysans amenés à gérer l'ensemble de leur territoire.

6. Les techniques de lutte contre l'érosion éolienne

Les méthodes de conservation peuvent aussi être classées selon leur nature : techniques de travail du sol, techniques fondées sur la gestion des cultures ou des résidus de culture, et brise vents. La lutte contre l'érosion éolienne s'organise à deux niveaux ²²:

– Réduire la vitesse effective du vent au niveau du sol par les palissades (Figure 19) ;



Figure 19. Palissade : fixation des dunes par les feuilles de palmes ²³

²² <https://duddal.org/files/original/69bcbdbbd7c53645dc5c730da60467f9eaf8bf93.pdf>

→ Augmenter la cohésion du sol.

Pour lutter contre l'érosion éolienne, il existe 4 méthodes fondamentales de défense :

→ Former ou ramener en surface des agrégats ou des mottes de dimension suffisante pour résister à la force du vent ;

→ Rendre la surface inégale de façon à ralentir le vent et à retenir la terre mise en mouvement;

→ Établir par intervalles des pare-vent ou des bandes de fixation pour réduire la vitesse du vent et freiner le processus d'avalanche ;

→ Établir et maintenir une végétation (Figure 20), ou des résidus végétaux qui protègent le sol. Ces principes peuvent trouver partout leur application, mais l'efficacité relative de chacun d'eux varie avec les conditions locales de climat, du sol et d'utilisation du sol. Toutes les méthodes doivent prendre en compte :

→ L'accès des paysans et des nomades à leurs sites et à leurs pâturages ;

→ L'organisation traditionnelle des villages ;

→ La disponibilité en main d'œuvre et le savoir-faire local ;

→ Les coûts financiers des techniques de lutte et surtout de leur maintenance.



Figure 20. Plantation de l'*Atriplex* pour la fixation des dunes (source : Établi par l'auteur).

La réussite des programmes de lutte suppose l'utilisation et la valorisation des spécificités écologiques et humaines locales pour minimiser les coûts et rendre les solutions viables pour les communautés.

7. Planification de la conservation du sol, eau et la biomasse en Algérie

7.1. La montagne et la forêt

- Aménagement des bassins versants concerne 52 bassins sur une superficie de 7,5 millions d'hectares dont 1.750.000 ha à traiter pour les vingt ans à venir ;

- Extension du patrimoine national forestier sur une superficie de 1.050.000 hectares à l'horizon 2030 ;

²³ https://qcat.wocat.net/fr/wocat/approaches/view/approaches_4156/

- Programme de lutte contre la désertification qui touche les zones arides, semi arides et subhumides sèches ;
- Le Plan d'Action National de Lutte Contre la Désertification « PAN-LCD », dont la mise en œuvre est multisectorielle et fera l'objet d'une adaptation à la stratégie décennale, conformément aux recommandations du Comité de la mise en œuvre de la Convention de Lutte Contre la Désertification (CRIC8) et de la Conférence des Parties (COP9).

La reprise du barrage vert dans le cadre d'une stratégie rénovée et concernera un ensemble d'actions d'aménagement et de développement de nature essentiellement agro-sylvo-pastorale avec un objectif non seulement de protection mais également, de production, pour améliorer les conditions de vie des populations et assurer ainsi la durabilité des investissements qui y seront consentis :

- établir une cartographie exacte du «barrage vert» et identifier les superficies à reboiser ;
- intégrer les populations locales comme parties intégrantes du projet ;
- étendre les campagnes de sensibilisation à tous les acteurs et à tous les niveaux ;
- prendre en compte les causes de la déforestation et de la désertification (coupe de bois, surpâturage, défrichement) en adoptant une approche intégrée pour couvrir les besoins des populations locales en bois, agriculture, énergie...etc. ;
- résoudre les contraintes liées à la nature juridique des terres ;
- établir des mécanismes de suivi-évaluation du projet ;
- prendre en compte la disponibilité des ressources en eau dans la zone de plantation.

7.2. La steppe

- L'intervention concernera l'ensemble des zones dégradées, à travers tout le territoire steppique (Figure 21), dont la superficie était estimée à 7 millions d'hectares dont 3 millions d'hectares ont été récupérés par les actions de restauration du HCDS (Haut Commissariat au Développement de la Steppe) ;

- Préserver les faciès steppiques originels par des systèmes de mise en défens améliorés ;

- Mettre en œuvre un Schéma National de Conservation des Sols et de Lutte Contre la Désertification.

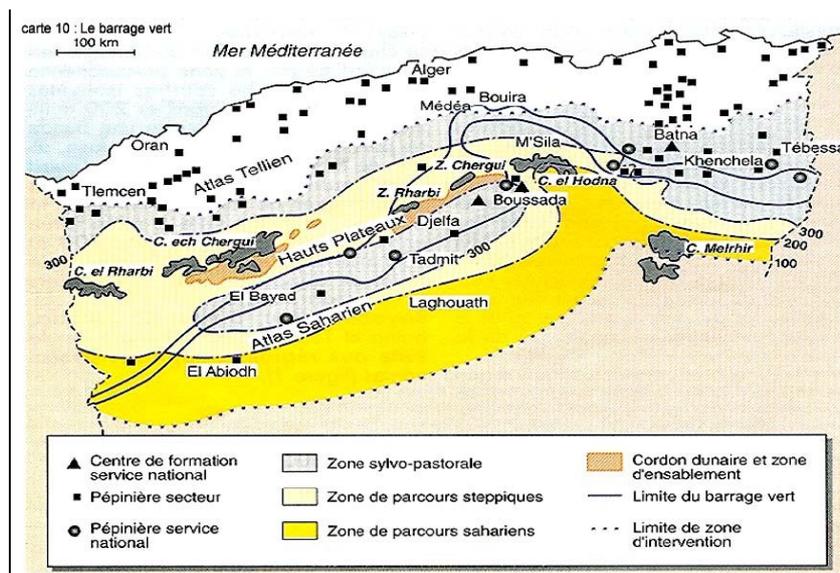


Figure 21. Zonation des parcours en Algérie et limites du barrage vert [25].

7.3. Les terres agricoles

Pour pouvoir réaliser efficacement l'étude de terrain et élaborer un plan de conservation des terres agricoles adapté aux conditions locales, l'examen préliminaire ci-dessous s'impose l'élaboration du plan tiendra compte l'ensemble des recommandations suivantes [26] :

- Offre d'informations aux habitants de la zone pour que réussisse l'application des mesures de conservation des terres agricoles, il est important, d'une part, que les habitants de la zone prennent conscience des phénomènes qui se produisent sur leurs terres de culture et dans leurs villages et, d'autre part, qu'ils comprennent l'importance du plan de conservation des terres agricoles et de l'application des mesures qu'il comprend ;
- Il importe de respecter les pratiques traditionnelles et sociales de la zone, telles qu'identifiées lors de l'étude de terrain. Il est également important que les activités reliées à la composition, à la procédure d'établissement et à la description des activités de cette organisation s'effectuent sur la base d'un processus de discussions avec les habitants ;
- Offre de formation technique si les habitants de la zone ne connaissent pas les techniques impliquées par les mesures de conservation des terres agricoles ;
- Plan de promotion de la participation des habitants l'exécution des activités de conservation est fondée sur la participation non rémunérée des habitants de la région. Il importe donc que l'on motive ces derniers afin qu'ils offrent de manière spontanée leur participation aux activités ;
- Calcul des coûts et planification de l'approvisionnement en fonction d'un plan concret d'exécution [26].

Références bibliographiques

1. Lacoste A, Salanon R, 2005. *Eléments de biogéographie et d'écologie-Une compréhension de la biosphère par l'analyse des composantes majeures des écosystèmes*, Nathan edn. Paris.
2. FAO, 2015. *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. FAO and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome.
3. Smith P, Cotrufo MF, Rumpel C, Paustian K, Kuikman PJ, 2015. Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. *Soil*, 1:665-685.
4. Barbier E, Hochard J, 2016. Does land degradation increase poverty in developing countries? *PLoS ONE*, 11:12-15.
5. Davies J, 2017. The business case for soil. *Nature*, 543(7645):309-311.
6. World Bank, 2012. *Carbon Sequestration in Agricultural Soils*. © Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/11868> License: CC BY 3.0.
7. Cornu S, Montagne D, 2016. Un facteur de la pédogenèse pas comme les autres. Séances hebdomadaires de l'Académie d'Agriculture de France, Jun 2016, Paris, France. (hal-01820571).
8. Aubert G, 1965. La classification pédologique utilisée en France. *Classification des Sols*, 25-56.
9. Capot-Rey R, 1955. Les sols d'Algérie d'après Mr J.H. Durand In: *Annales de Géographie*. JSTOR: 56-58.
10. Benslimane M, Hamimed A, Zerey WE, Khaldi A, Mederbal K, 2009. Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 8(3).
11. Halitim A, 1988. *Sols des régions arides d'Algérie*. OPU, Alger, 384p.
12. Mallek-Maalej E, Boulasnem F, Salem MB, 1998. Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cahiers Agricultures*, 7(2):153-156 (151).
13. Ruellan A, 1993. *Dégradation et gestion des sols*. Montpellier: Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes.
14. Abdessemed K, 1984. Les problèmes de la dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). 1ère partie: la dégradation, ses origines et ses conséquences. *Forêt Méditerranéenne*, 6(1):19-26.
15. Le Houérou HN: *Fire and vegetation in the Mediterranean basin*: FAO Rome, Italy; 1973.
16. Roose E, 1996. Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain des risques de ruissellement et d'érosion, en particulier sur les versants cultivés des montagnes. *Bull Réseau Erosion*, 16:87-97.

17. Roose E, 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES), vol. 70, Bull. Pedol.FAO.70-420P edn: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
18. Roose E, 1991. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols G.C.E.S. : Stratégie nouvelle de lutte antiérosive Outil de la gestion de terroir, ORSTOM, CNEARC Ed. Montpellier.
19. Antipolis S, 2003. Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens, Etude bibliographique In. Les Cahiers du Plan Bleu 2, PNUE; 70.
20. ISCO, 1988. La cinquième Conférence de l'ISCO (Organisation internationale de la conservation des sols) à Bangkok.
21. Oulbachir K, Zoubeidi M, Kouadria M, Bouchenafa N, 2014. Pratiques de conservation des agrosystèmes en vue du développement durable. Mater Environment Science journal, 5(2).
22. Ouelmouhoub B, 2005. Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie) Série « Master of Science » n°78- 2005 129p.
23. S.J.R.V. 2001. (Société Japonaise des Ressources Vertes). Guide pratique de la conservation des terres agricoles : Redonner au sol sa productivité dans une perspective durable. Documentation technique de la JGRC Générer l'abondance dans le Sahel par la lutte contre la désertification, 5:76.
24. Peltier R, Sabir M, Lilin C, Oddi A, Schneider F, Amia F, Mengome-Ango A, 2012. Perception de la banquette antiérosive fruitière par les utilisateurs dans le Moyen Atlas (Maroc). In Roose, É., Duchaufour, H., & De Noni, G. (Eds.), Lutte antiérosive : Réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles, IRD Éditions edn.
25. Roose É, Sabir M, Arabi M, Morsli B, Mazour M, 1991. Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. *Physio-Géo Géographie physique et environnement* 2012(Volume 6):43-69.
26. Hijkoop J, Van Der Poel P, Kaya B, 1991. Une lutte de longue haleine: aménagements anti-érosifs et gestion de terroir.