

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la*  
*Recherche Scientifique*

**Université Dr Moulay Tahar Saida**

**Faculté des sciences**

**Département de Biologie**



***Polycopie de cours***  
***Conservation des sols***

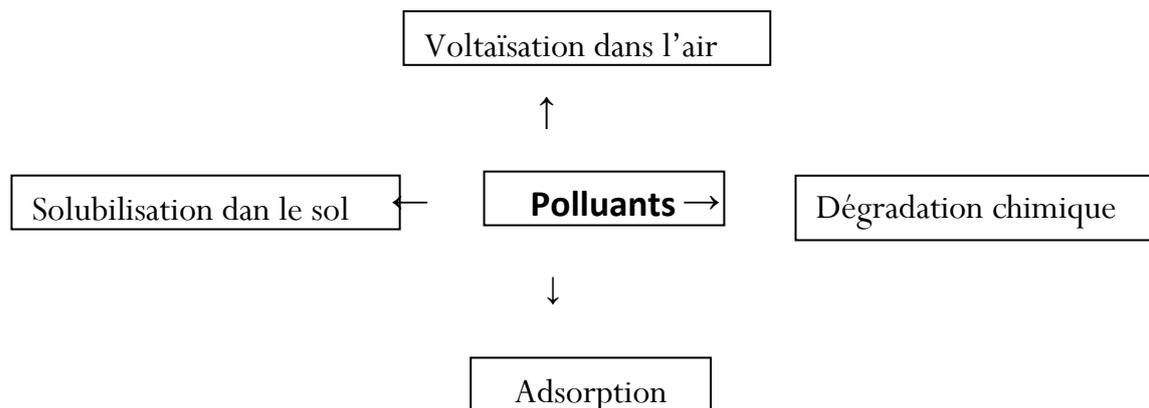


***Dr CHALANE FATIHA***

**2022-2023**

### III.1. Introduction

Beaucoup de substances parviennent dans le sol peuvent être dangereuses pour les micro-organismes (Les plantes, les animaux, et aussi les êtres humains). Une telle pollution peut agir de deux façons. D'une part les substances elle-même peuvent être directement nuisible pour les plantes, les animaux, et les êtres humains, et d'autre part ces composés peuvent être enlevés du sol par lessivage.



Si l'apport d'une substance, notamment difficilement dégradable, est plus important que sa disparition par lessivage, par dégradation, ou par consommation dans les cultures, alors cette substance s'accumule dans le sol.

Les pollutions peuvent être importantes, cette pollution du sol peut apparaître de différentes manières. Une grande partie des composés, qui ont des influences sur les sols et sur les organismes qu'ils contiennent, provient directement de l'air (par disposition sèches) ou arrivent avec les précipitations (dépositions humides).

## Chapitre 1 : Pédogenèse et dégradations des sol

### 1. La Pédogénèse

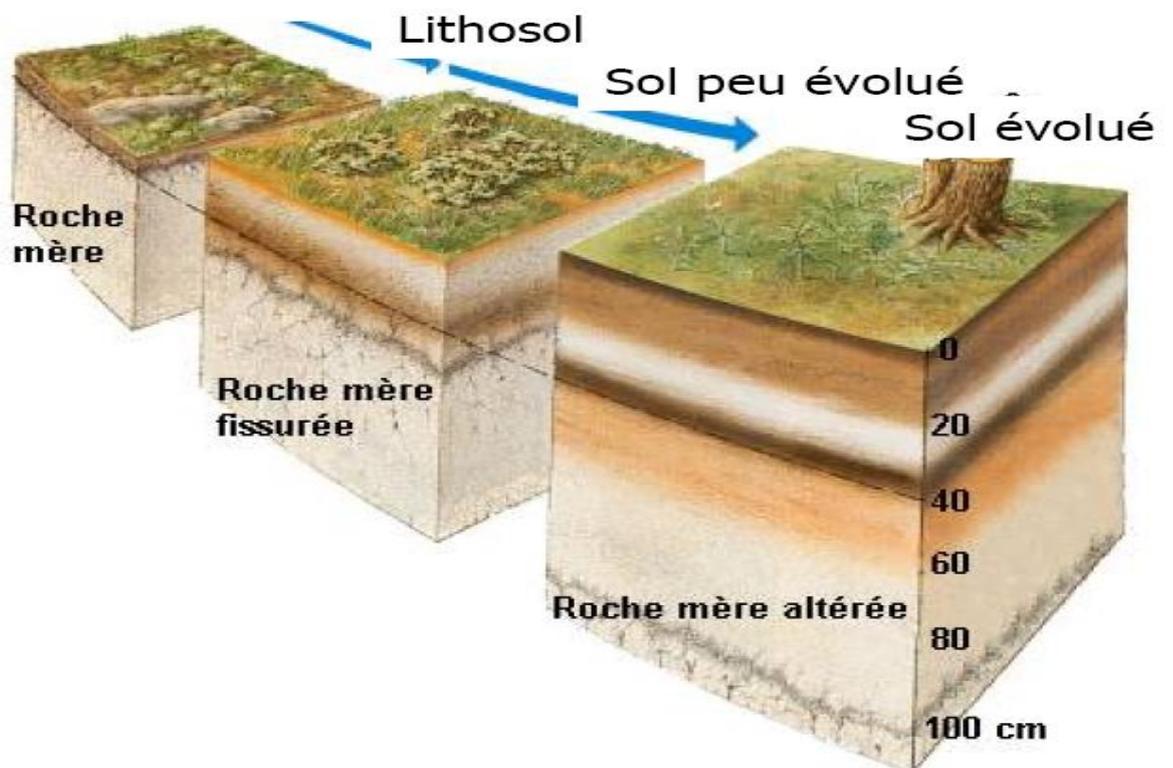
La **pédogenèse**, (du grec pedon, sol, et de geneseôs, naissance) est l'ensemble des processus (physiques, chimiques et biologiques) qui, en interaction les uns avec les autres, aboutissent à la formation, la transformation ou la différenciation des sols. Cette formation des sols fournit un service écosystémique de support important.

1) Les facteurs écologiques de formations des sols

a) Les 3 phases de formation du sol – cycle d'évolution

La formation du sol, de la roche mère en un système à l'équilibre fait intervenir 3 phases  $\pm$  successives et simultanées

1/



Formation de petites particules minérales (A, L, S) avec ou sans modifications minéralogiques

→ **Altération , Formation d'une altérite**

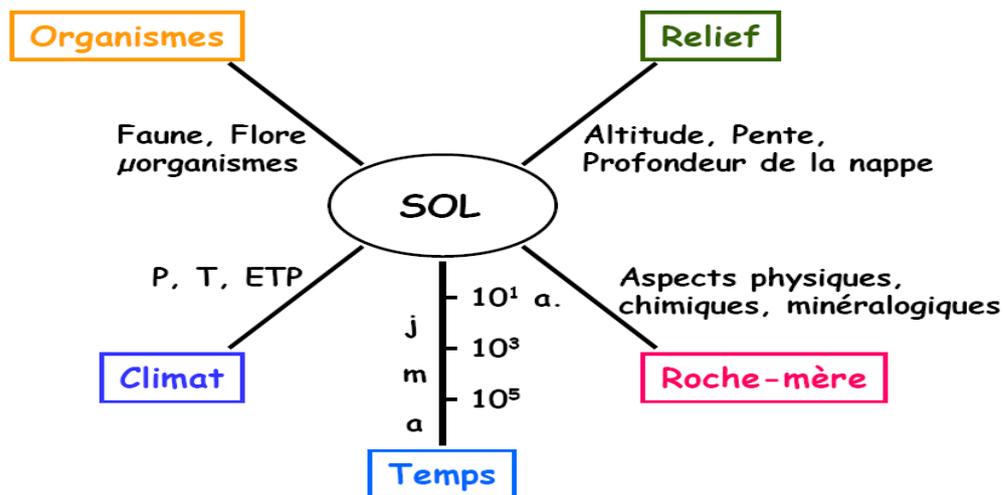
2/ Incorporation de matière organique provenant de la décomposition de la MO fraîche

→ **Formation du complexe argilo-humique**

### 3/ Transfert de matière variés

→développement du Sol et des Horizons (climax)

Le sol : Une combinaison de 5 facteurs écologiques  
et de leurs variations : une infinité de sols !



#### Le climat

Le climat joue un rôle important dans la formation et les caractéristiques des sols. Il a un impact sur la végétation. La température intervient dans la vitesse d'altération des roches, dans la vitesse de décomposition des matières organiques.

En climat humide, la pluie dissout les éléments minéraux, provoque des réactions chimiques, lessive, appauvrit en certains constituants la partie supérieure du sol et entraîne dans les couches inférieures les particules fines. On a constaté que les climats anciens (époque glaciaires, ...) ont eu une influence importante sur les caractéristiques des sols actuels.

**En climat tempéré**: altération surtout mécanique. Altération chimique faible et consiste dans le départ de cations très solubles ( $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ) des minéraux les moins stables ; une arène est créée.

**En climat tropical** : altération surtout chimique. L'eau abondante et chaude provoque une mise en solution de la plupart des minéraux, avec reprecipitation des ions Fe, Al, Si sur place (cuirasse). L'horizon riche en argile résulte de processus de néoformation à partir des minéraux de la roche mère et à partir des ions venant des horizons supérieurs. Enfin, à la base du profil, on retrouve la roche-mère avec une zone d'arénitisation très peu développée.

## **Le temps**

Les sols se forment lentement. L'échelle de temps pour la formation d'un sol, pour qu'il arrive à maturité (développement complet des horizons) se mesure en milliers d'années. Le temps de formation d'un sol dépend du climat.

Le temps mis par un sol pour arriver à maturité peut aller de dix mille ans dans les zones froides à cent ans dans les zones tropicales. Mais les sols peuvent être rapidement dégradés, et ne sont que très lentement renouvelables.

## **La végétation, les micro-organismes, le système racinaire.**

La végétation est différente selon les lieux géographiques (montagnes, vallées, ...), les climats, les roches du sous-sol ....

Les débris végétaux s'étalent sur le sol, forment des litières (couches de matières organiques fraîches) qui se décomposent au fil du temps plus ou moins rapidement selon la zone climatique et se transforment en humus sous l'action des organismes et micro-organismes vivants dans le sol: bactéries, champignons, acariens, vers de terre, limaces, escargots, scarabées, fourmis, larves, taupes, mulots, .... Les matières organiques sont riches en carbone (C), hydrogène (H) et oxygène (O). L'humus et les argiles issues des minéraux de la roche d'origine vont s'associer et former les différents agrégats de particules élémentaires qui composent la terre fine du sol.

Le sol est exploité par les racines des végétaux (système racinaire) qui puisent l'eau et les substances nutritives nécessaires à leur développement, en échange, elles redonnent, des substances riches en carbone qui nourrissent certains microbes, elles aèrent et forment des conduits qui servent au passage de l'eau et des gaz. Elles jouent un rôle important dans la vie du sol.

**Climat, matériau d'origine, végétation entraîne la formation d'un type de sol particulier  
Les propriétés des sols reflètent les caractéristiques de ces facteurs.**

## **Facteur géologie**

Pédogenèse divergente induite par la nature du matériau

Matériaux clastiques, siliceux --> faible altération, faible teneur en argile et fer libre donc pas de brunification mais podzolisation

Matériaux sédimentaires, calcaires --> altération intense, argile, fer libre et calcaire actif, carbonatation, brunification

Matériaux volcaniques --> altération des verres aluminiques produit une grande quantité d'alumine active et permet la stabilisation de la matière organique, andosolisation

Modification de la pédogenèse (accélération ou ralentissement)

Dureté (ralentit la pédogenèse), composition (pédogenèse accélérée si minéraux altérables), fracturation (accélération des transferts d'eau)

## Chapitre I I:

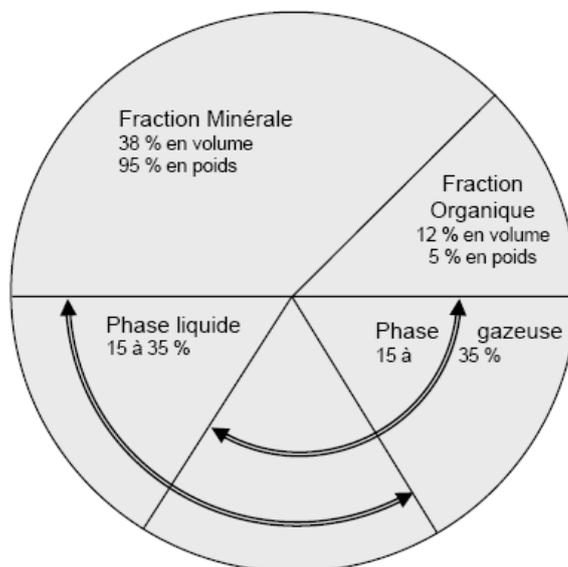
### Les constituants du sol et leur origine

#### 1. Formation et origine des sols

Le sol est une formation naturelle, un milieu organisé qui se transforme continuellement sous l'influence de processus physiques, chimiques, biologiques et humains. Il évolue dans le temps et dans l'espace.

Il se développe et croît à la fois par sa base à partir de la roche mère (matière minérale) et à la fois par sa surface constituée de matière organique (débris d'origine végétale et animale).

Le sol résulte de l'union de la matière minérale provenant de la roche mère décomposée en argiles et de la matière organique fraîche provenant des débris organiques décomposée en humus. La croissance et l'évolution des sols se fait à des vitesses variables selon les zones climatiques.



	Constituants solides		Constituants liquides	Constituants gazeux
	Minéraux	Organiques	Solution du sol	Atmosphère du sol
<b>Origine</b>	Désagrégation physique et altération biochimique des roches	Décomposition des êtres vivants	Précipitations, nappes, ruissellement	Air hors sol, matières en décomposition, respiration

## 1.1. Les constituants minéraux

Les **sols minéraux** proviennent d'une roche originelle appelée roche mère. Ils évoluent avec le temps, à mesure que la roche mère se dégrade sous l'effet de différents phénomènes, physiques, chimiques et biologiques, dus à l'action du climat, du drainage, du lessivage, de l'érosion, de la végétation et des organismes vivants. C'est ce qu'on appelle **altération**. Ainsi, des températures élevées du sol fragmentent les roches en petits morceaux, sous l'effet d'une alternance de réchauffements et de refroidissements. La roche mère se divise progressivement en particules; des surfaces plus importantes entrent en contact avec l'eau, et la composition chimique des minéraux en présence se modifie. Les éléments chimiques solubles partent avec l'eau (ils sont lessivés dans les profondeurs du sol, tandis que les produits moins solubles restent dans les couches supérieures du sol. L'altération se poursuit et, avec le temps, les sols minéraux évoluent pour devenir ce qu'ils sont aujourd'hui.

Définition de l'altération:

**Ensemble des modifications chimiques et physiques qui affectent les sédiments et les roches exposés à l'atmosphère, à l'hydrosphère et à la biosphère**

Elle est contrôlée par:

- ✚ la solubilité des minéraux
- ✚ la structure de la roche
- ✚ le climat (température et précipitations)
- ✚ la présence de sol et de végétation
- ✚ la durée d'exposition

- L'altération **physique** et l'altération **chimique**.

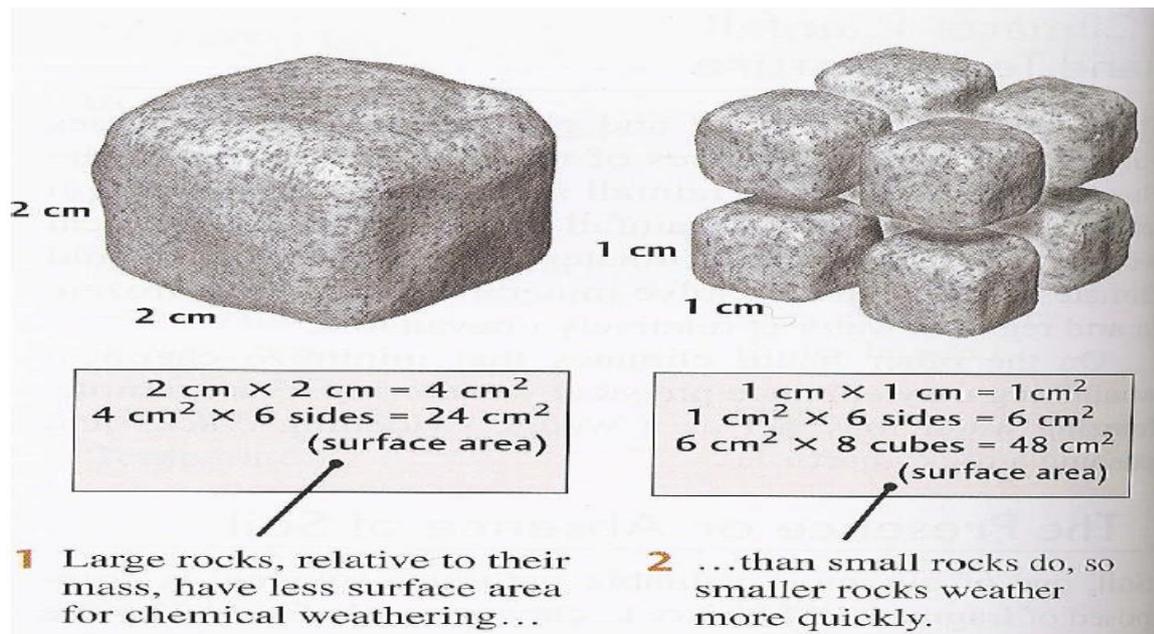


Ne change pas la  
composition chimique



Modifie la  
composition chimique

### a) Altération mécanique



## L'altération mécanique modifie les rapports surface/volume



- Fragmentation tectoniques → diaclases
- Alternances gel-dégel (en climat suffisamment humide) = cryoclastie ou gélifraction.
- Variations répétées de température (40-50°C d'amplitude journalière dans le Sahara) = alternance dilatation/rétractation thermique

- Décompression : survient lorsque des roches ayant subi un enfouissement sont libérées de la pression lithostatique --> formation de joints de décompression pratiquement parallèles à la surface

## **b) Altération biogéochimique**

### **\* Solubilisation – dissolution**

Réaction la plus simple, faisant intervenir de l'eau, ou un acide. Certains minéraux (halite, calcite) sont dissous totalement et leurs ions sont évacués en solution.

- solubilisation du quartz :  $\text{SiO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_4\text{SiO}_4$  (acide silicique) (solubilité faible)

### **\* Hydratation et déshydratation**

minéral+eau=nouveau minéral hydraté; la déshydratation étant le processus inverse.

- déshydratation du gypse pour produire de l'anhydrite:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ ;

### **\* Hydrolyse**

Cation d'un minéral remplacé par le H<sup>+</sup> d'une solution acide

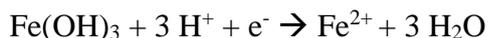
- Hydrolyse de l'olivine --> dissolution complète :  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mg}^{2+} + \text{H}_4\text{SiO}_4$

### **\* Oxydation-réduction**

Oxydation (transfert d'électron du réducteur vers l'oxydant)



Réduction



## **c) Les facteurs de l'altération**

**Le climat** = facteur le plus important

- une température élevée favorise la cinétique des réactions chimiques.
- Précipitations : beaucoup de réactions se passent en milieu aqueux.
- Solubilité des roches : les roches sédimentaires sont composés d'espèces minérales solubles ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  ou dolomite,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  ou gypse, ...) ; les roches basaltiques et métamorphiques sont composées d'espèces minérales insolubles (hydrolyse, hydratation, oxydoréduction).
- Structure de la roche: abondance, taille et forme de la fracturation des roches (sédimentaire ≠ métamorphique)
- Présence de sol et de végétation : altération biochimique

→ Durée d'exposition

#### d) Les produits de l'altération

1/ structure d'un de la roche dont la forme est conservée = minéral primaire

2/ La partie jaune clair figure un plasma argileux dérivé du minéral = minéral secondaire

3/ La ligne brun rouge montre du fer libéré lors de l'altération de ce minéral = minéral secondaire

4/ Quartz = minéral primaire

5/ plasma argile-fer en place = complexe d'altération

#### - Particules granulométriques et minéraux primaires

On peut classer les constituants minéraux par diamètres en :

#### Eléments grossiers 0,2-20 cm

Blocs >20 cm

Pierres 5-20 cm

Cailloux 2-5 cm

Graviers 0,2-2 cm

#### Terre fine <0,2 cm

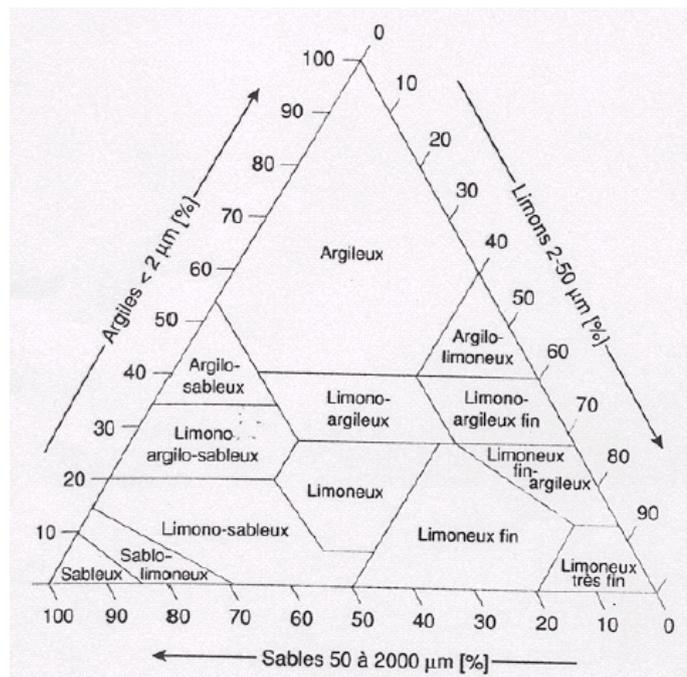
Sables grossiers 200-2000  $\mu\text{m}$

Sables fins 50-200  $\mu\text{m}$

Limons grossiers 20-50  $\mu\text{m}$

Limons fins 2-20  $\mu\text{m}$

Argiles granulométrique <2 $\mu\text{m}$



Les particules dont le diamètre supérieur à deux micromètres (les graviers et cailloux, les sables, les limons) constituent le squelette du sol (élément sableux). Cette fraction est sans intérêt immédiat pour les plantes, mais est primordiale pour la porosité. Elle finira par se transformer en fraction fine par altération. Les particules dont le diamètre inférieur à 2  $\mu\text{m}$  (argile et oxyde de fer et d'alumine) sont biologiquement et chimiquement actives. Elle est constituant les colloïdes minéraux du sol. La texture du sol : La texture est définie par les proportions relatives (%) de particules argileuses, limoneuses et sableuses qui constituent la terre fine du sol. Elle peut être appréciée au toucher sur terrain ou déterminée au laboratoire (analyse granulométrique) où l'échantillon de sol subit divers traitements : - Tamisage afin

d'éliminer le squelette (fractions > 2 mm), - Destruction de la matière organique, - Destruction du calcaire, - Dispersion et agitation afin de démonter les agrégats, - Sédimentation différentielle et séparation des différentes fractions, - Dessiccation, tamisage et pesée des différentes fractions. Les classes de texture peuvent être délimitées graphiquement dans un triangle dont chaque côté soutient une échelle graduée (argile, limon ou sable).

Qualité minéralogique

Sables (quartz, feldspath, micas, plagioclases, calcite) et très peu de minéraux secondaires

Limons provenant de la désagrégation physique contiennent des quartz, des silicates altérables (micas, feldspaths...), de grandes argiles et minéraux carbonatés

Argiles granulométriques formées d'argiles minéralogiques, oxydes métalliques et gels colloïdaux (minéraux secondaires)

### *Il y a deux sortes de sols minéraux*

Certains sols minéraux se forment à partir d'un matériau d'origine qui se décompose sur place en petites particules par suite de l'altération. On les appelle **sols résiduels**.

D'autres sols minéraux se forment à partir de petites particules provenant de sols minéraux situés ailleurs, qui ont été transportées sur une certaine distance et qui se sont déposées. On les appelle **sols sédimentaires**.

### *Sols formés à partir d'un matériau originel local: sols résiduels*

Les sols résiduels se trouvent généralement dans les collines; ils s'étendent jusqu'au bas des versants, le long des bords des vallées. Il est rare que l'on trouve des sols résiduels sur de grandes étendues planes. Ils se situent le plus souvent dans des zones allant de la pente douce aux escarpements abrupts. La présence de roches entières ou de débris rocheux partiellement décomposés dans le sous-sol indique que le sol résiduel s'est formé sur place.

### *Sols provenant d'un matériau originel transporté: sols sédimentaires*

- Les particules de sol composant les sols sédimentaires peuvent avoir été transportées soit par le vent, soit par l'eau.
- Si les particules ont été **transportées par le vent**, le sol provient d'un **loess**, qui est généralement le meilleur sol agricole superficiel enlevé à d'autres régions par le vent. On le trouve fréquemment dans les reliefs ondulés ou vallonnés. Le loess est souvent très fertile et contient une quantité importante de matière organique jusqu'à de grandes profondeurs.
- Si les particules ont été **transportées par l'eau**, le sol provient d'**alluvions**, et le sol sédimentaire qui en résulte est un **sol alluvial**. Le sol peut être emporté par de l'eau en mouvement, comme la pluie, les rivières ou les marées. Le phénomène de sédimentation peut se produire dans une eau stagnante: lac, marécage ou mer. L'eau

peut être douce ou salée (continentale, côtière, d'estuaire ou de delta). Le transport peut avoir eu lieu autrefois, ou être encore en cours.

## 1.2 La fraction organique

Les végétaux sont composés de molécules organiques. Les débris de végétaux et d'animaux déposés sur le sol tout au long de l'année forment la première couche du sol, appelée litière ou matière organique fraîche.

La matière organique fraîche est formée de débris d'origines végétale et animale de nature différente selon le lieu. Ce sont : les feuilles mortes, les écorces, les bois morts, les cadavres d'animaux qui recouvrent le sol des sous-bois et forment la litière forestière ; ce sont : la paille, les herbes, les résidus de cultures, dans les champs, les prairies et les milieux cultivés qui restent sur le sol après la récolte et les moissons.

La matière organique fraîche est constituée: de matières composées de carbone (C) et d'éléments minéraux. Peu ou pas transformée, la matière organique fraîche constitue la matière première de l'humus.

**La décomposition des matières organiques va libérer des ions  $H^+$  et interférer sur le PH (acidité) du sol.**

### **Décomposition de la matière organique fraîche - Humus**

Déposée sur le sol la matière organique fraîche va être progressivement décomposée. Le mécanisme de décomposition va transformer la matière organique en gaz carbonique ( $CO_2$ ) et libérer les éléments minéraux qu'elle renferme.

Le sol renferme une grande quantité d'organismes vivants (bactéries, champignons, acariens, vers de terre, limaces, escargots, scarabées, fourmis, larves, taupes, mulots, ...). Ce sont ces organismes qui vont décomposer la matière organique fraîche, libérer ses composés qui vont subir un processus de minéralisation ou d'humification.

#### **Minéralisation**

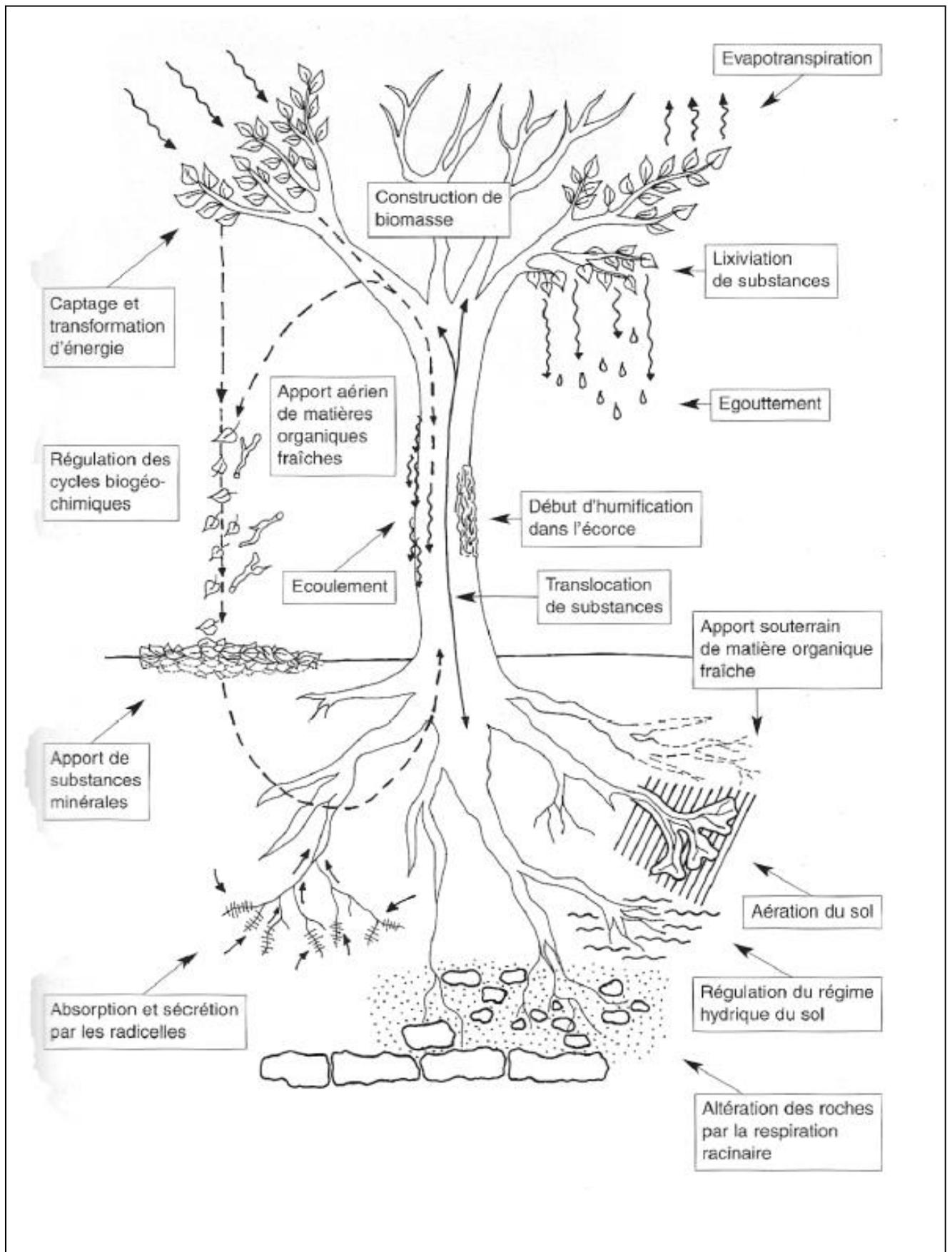
Une partie des composés subit un processus de minéralisation en libérant des composés minéraux solubles : sulfates ( $SO_4^{2-}$ ), phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) ammonium ( $NH_4^+$ ), nitrates ( $NO_3^-$ ) ou gazeux: gaz carbonique ( $CO_2$ ),

#### **Humification.**

Une autre partie donne des molécules nouvelles complexes, de nature colloïdales\* qui vont constituer l'humus: c'est le processus d'humification.

L'humus est composé de plusieurs composés humiques, les principaux sont les acides fulviques, les acides humiques et l'humine.

Par la suite les composés humiques qui forment l'humus, vont se minéraliser lentement à leur tour. C'est la minéralisation secondaire : ils se transforment en minéraux solubles ou gazeux : ( $CO_2$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,



Les principaux types d'humus : selon le milieu et le type de végétation, nous distinguons :

- Le mor : En milieu peu actif, la décomposition des litières est lente, l'horizon organique est épais, brun noir, fibreux et acide.

- Le moder : En milieu biologiquement plus actif mais sans bioturbation, l'horizon organique est moins épais et constitue un moder.

- Le mull : En milieu biologiquement très actif, la décomposition est très rapide, l'horizon organique disparaît et apparaît un horizon A (horizon de surface) grumeleux, composé d'agrégats argilo-humiques à fer et aluminium.

### 1.3 Les complexes colloïdaux

Les colloïdes sont des macromolécules organiques ou minérales qui, placées dans l'eau, ne forment pas une solution, mais forment une suspension colloïdale.

La formation de cette pseudo solution s'explique par le fait que la taille de ces macromolécules est plus grande que celle des " vides " offerts dans le maillage des molécules d'eau, vides qui accueillent les petites molécules dont on dit qu'elles sont dissoutes dès lors qu'elles sont " cachées " dans ce maillage.

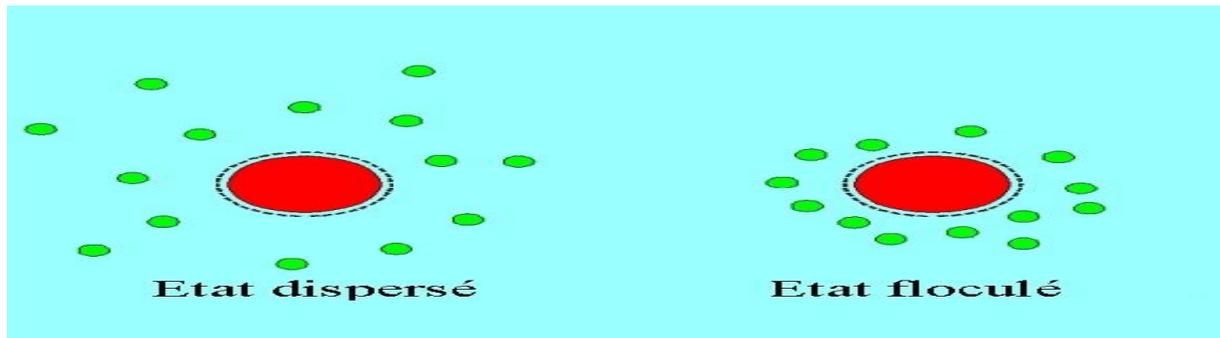
Dans le milieu aqueux, les micelles colloïdales sont animées de mouvements de types browniens. Ces mouvements sont dus, au moins en partie, au fait que les colloïdes adsorbent des charges électriques négatives ou positives qui entraînent des mouvements de répulsion entre les micelles.

Dans la nature, les colloïdes peuvent être, soit électronégatifs (argiles, humus, complexe fer - silice), soit électropositifs (oxydes de fer, oxydes d'alumine, amidon).

La présence d'une couche d'adsorption de charges électriques de même signe à la surface d'une substance colloïdale explique que des charges électriques de signe contraire soient attirées, plus ou moins fortement, par les micelles. Par exemple, autour des colloïdes électronégatifs comme les argiles ou les humus, se forme un nuage de charge positives constitué essentiellement par des ions hydrogène ( $H^+$  ou  $H_3O^+$ ) et des cations métalliques ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Fe^{+++}$  ou  $Fe^{++}$ ,  $Al^{+++}$ ) ou de l'ammoniac ( $NH_4^+$ ).

Lorsque le nuage de charges positives autour d'une micelle électronégative est très lâche, souvent parce que les charges positives sont en petite quantité, les micelles, de même signe, se repoussent mutuellement, ne peuvent se déposer et occupent tout le volume du liquide. On dit que les colloïdes sont dans l'état dispersé.

Si le nuage de charges positives est dense autour des colloïdes, soit parce qu'on en a rajouté, soit parce que la richesse en cations du sol permet cette densité du nuage dans la solution du sol, les micelles ne peuvent plus se repousser. La neutralisation des charges négatives par les charges positives permet de surcroît aux colloïdes de s'agglomérer et de former un floc. On dit que les colloïdes sont dans l'état floculé.



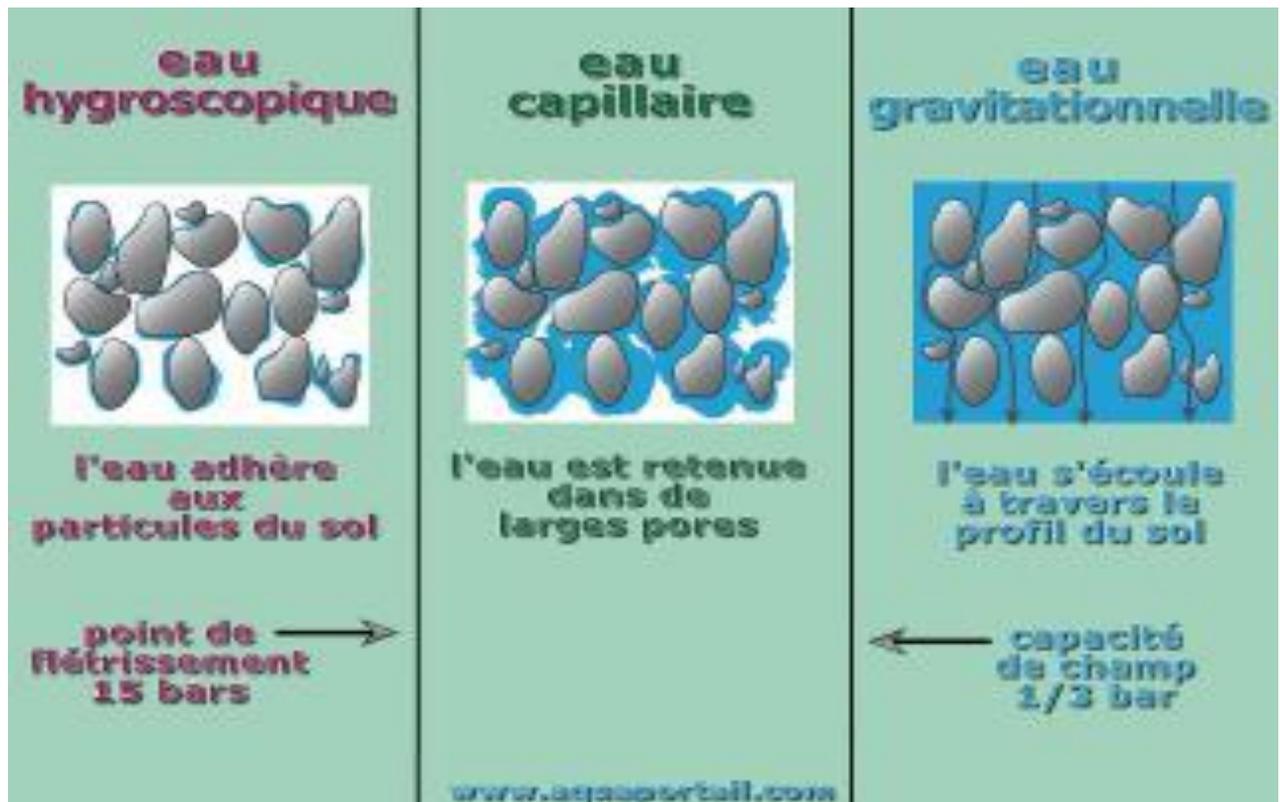
- 1) état dispersé : le nuage de cation (en vert) est lâche de la micelle.
- 2) état floclulé : le nuage de cation est resserré de la micelle

### **Conservation de l'eau dans le sol**

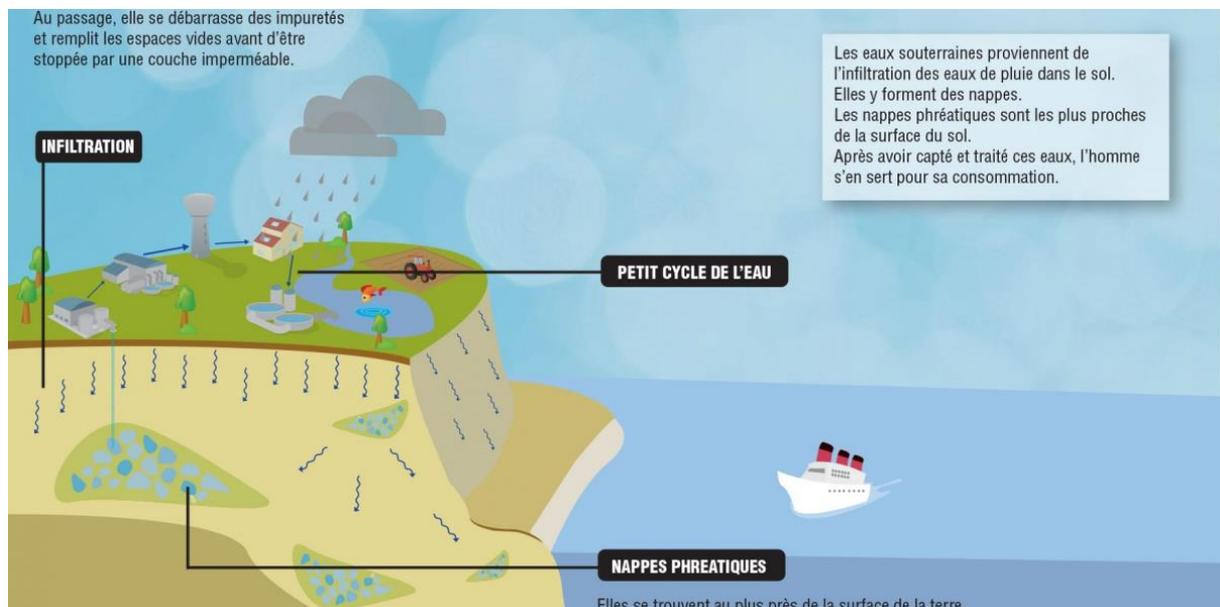
Sous nos climats, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée et brouillard. Toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol: une part est évaporée directement pendant et après la pluie; les gouttes peuvent être interceptées en partie par le feuillage. L'eau qui atteint le sol ruisselle, s'infiltré et réhumecte le sol. Les racines absorbent cette eau que la tige et les feuilles évaporent par transpiration. Une fraction réduite finalement gagne la profondeur et atteint la nappe. Un profil habituel de la quantité d'eau contenu dans une coupe du sol et du sous-profil habituel de la quantité d'eau contenu dans une coupe du sol et du sous-sol montre une augmentation de la teneur en eau avec la profondeur.

### **Eaux du sol**

Les types d'eau du sol sont divisées en plusieurs types de base, qui sont l'eau chimique (eau de cristallisation et eau de constitution), hygroscopique, membranaire, capillaire et gravitationnelle. Les eaux du sol sont constamment absorbées ou excrétées. Elles détiennent diverses fonctions physiologiques et biochimiques. Selon les besoins en eau, les plantes et leurs parties diffèrent.



Dans une classification des eaux du sol, l'eau hygroscopique, l'eau capillaire et l'eau gravitationnelle, sont les plus importantes en termes d'eau disponible pour les plantes.



### Le rôle de l'eau dans le sol

L'eau qui se trouve dans le sol provient naturellement des pluies, elle joue un rôle très important soit pour le sol lui-même soit pour les plantes qu'il porte.

– L'eau est un facteur fondamental de la genèse des sols et de leur évolution

L'eau est un élément constitutif de la plante où la matière végétale contient 60 à 95 % d'eau.

L'eau apporte à la plante les éléments minéraux essentiels pour sa nourriture.

L'eau constitue donc par l'intermédiaire de la solution du sol, la base essentielle de l'alimentation des plantes puisque sans eau il n'y a pas de végétation possible. En revanche l'eau en excès est nuisible car elle asphyxie les plantes. Il en faut donc ni trop peu ni trop

## **Conserver le sol frais**

### **1 - Pailler le sol**

Le paillage est indispensable pour maintenir une fraîcheur satisfaisante et permettre aux plantations de rester en bonne santé malgré la chaleur et/ou l'absence de pluie. Le paillis conserve l'humidité dans le sol puisqu'il limite le processus d'évaporation. Pour qu'il soit efficace, il est nécessaire d'épandre au pied des plantes un paillis ou mulch d'une épaisseur d'au moins 5 ou 6 cm.

Grâce au paillage, non seulement les végétaux gardent les pieds au frais, mais en plus le développement des adventices est ralenti et si l'on choisit le bon paillage on peut aussi fertiliser le sol.

Il existe différents types de paillis à savoir :

#### **Le paillis végétal**

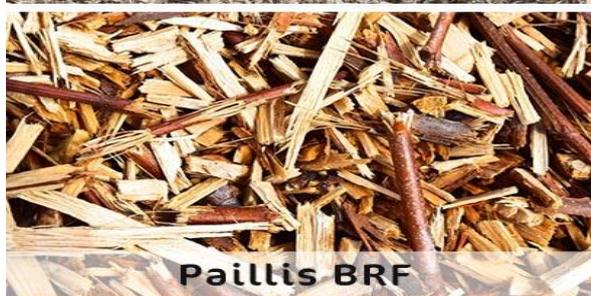
se décomposant, il apporte au sol de la matière organique et constitue un véritable abri pour les micro-organismes et les insectes alliés des jardins. Il peut s'agir de Bois Raméal Fragmenté (BFR), d'écorces de pins, de cosses de cacao, d'écorces de feuillus ou encore de compost ou humus obtenu avec des déchets verts (déchets de tonte, feuilles mortes...), de paillettes de chanvre ou de lin... Le paillis végétal est parfait pour le jardin potager et convient aussi à nombre de plantes du jardin d'agrément ainsi qu'aux arbres fruitiers.



**Paillis de chanvre**



**Paillis de coco**



**Paillis BRF**



**Paillis d'écorce de pin**

### **Le paillis minéral**

décoratif, il a le vent en poupe. Il peut s'agir de galets, de pouzzolane, de roches concassées, d'ardoise, de billes d'argile, de graviers de schiste... Il convient surtout aux végétaux qui aiment les sols chauds. On peut par exemple installer un paillis minéral dans un massif de plantes méditerranéennes ou bien encore dans une rocaille.





### **Le paillis synthétique**

pour maintenir l'humidité du sol au cours de l'été, on peut poser au pied des plantes du carton, une toile de jute, une toile en fibre de coco... Avant d'effectuer les plantations, on peut aussi installer un feutre géotextile.





## 2 - Biner régulièrement

« Un bon binage vaut deux arrosages », comme le disent tous les jardiniers qui connaissent bien les astuces permettant d'économiser l'eau tout en conservant le sol frais. Biner est indispensable pour décompacter la terre et donc permettre aux eaux pluviales ou d'arrosage de mieux pénétrer dans le sol. Mais cela limite aussi l'évaporation de l'humidité. Notons également que l'on profite du binage pour éliminer les herbes folles.



## 3 - Arroser en soirée

Il n'y a rien de plus logique puisqu'en arrosant le soir, les plantes profitent de la fraîcheur tout au long de la nuit et l'eau s'évapore moins rapidement que si lorsque l'on arrose en pleine journée. Le conseil tient pour tout type d'arrosage : au tuyau, à l'arrosoir, au goutte-à-goutte comme au système d'arrosage automatique qui permet de programmer l'heure d'irrigation et la durée. Attention toutefois à l'arrosage au jet qui mouille le feuillage des végétaux car cela favorise grandement les maladies cryptogamiques. Mieux vaut utiliser un goutte-à-goutte par exemple qui n'arrose que le pied des plantes.



#### 4 - Des billes d'argile pour les plantes en pot

Les plantes cultivées en bac, en jardinière, suspension, pot et potée souffrent plus encore de la sécheresse et de la chaleur estivale que celles installées en pleine terre car leur substrat se dessèche très rapidement et les contenants deviennent chauds. Il faut donc les arroser très fréquemment, ce qui n'est pas possible lorsque l'on part en vacances si l'on ne peut confier l'entretien des plantes à une bonne âme.

Dans le but de pallier les problèmes dus au manque d'eau, il faut toujours penser à déposer une couche de billes d'argile au fond des pots avant de faire ses plantations car cela retient l'humidité. En parallèle, rien n'empêche de couvrir la surface du substrat avec un paillis. Mais dans tous les cas, on recommande de placer ses jardinières à mi-ombrage ou à l'ombre plutôt qu'en plein soleil, surtout le temps des vacances.



## **2. Dégradation des sols, processus et facteurs**

### **Définition**

La dégradation des sols est un processus qui décrit les phénomènes dus à l'homme et/ou à l'agressivité climatique qui abaisse la capacité actuelle et/ou future à supporter la vie humaine. C'est en quelque sorte une situation où l'équilibre entre l'agressivité climatique et le potentiel de résistance du sol a été rompue par l'action de l'homme.

La dégradation des sols a des effets visibles sur l'environnement physique et des conséquences socio-économiques négatives.

### **3. Processus et facteurs de dégradation des sols**

A l'état naturel, quand l'homme n'intervient pas, le sol est normalement couvert de végétation. Les feuilles et les branches le protègent contre l'impact de la pluie et l'effet desséchant du soleil et du vent. Les feuilles mortes et les brindilles cassées forment une litière superficielle qui le protège ultérieurement, favorisent et abritent une importante population de macro et de micro-organismes. Les racines, en surface et en profondeur, ouvrent le sol mais aussi assurent sa cohésion. La terre qui a été recouverte d'une végétation naturelle pendant longtemps présente, en général, une couche épaisse et bien délimitée de sol de couverture riche (horizon A). De couleur foncée en raison de sa forte teneur en matière organique, elle contient une grande quantité d'éléments nutritifs des végétaux, possède une structure stable et bien développée qui lui permet d'absorber et d'emmagasiner une grande quantité de pluie. Si le couvert végétal disparaît, que ce soit pour la culture ou à la suite de surpâturage, d'incendies ou d'aléas climatiques, des changements vont subvenir dans le sol. La vitesse de ce changement dépend de la température, de la topographie, des précipitations, du sol lui-même et du mode d'aménagement. En général sous climats chauds, surtout quand les résidus agricoles sont enlevés et que le fumier animal ne retourne pas à la terre, la teneur en matière organique tombe au-dessous de 0,5 % la structure des sols et leur fertilité se détériorent, l'eau des pluies colmate la surface des sols l'infiltration diminue, le ruissellement et l'érosion démarrent, puis s'accélèrent.

En fait, la dégradation des sols est généralement un phénomène complexe, dans lequel peuvent intervenir plusieurs éléments qui contribuent à la perte du potentiel agricole : l'érosion et l'enlèvement du sol par l'eau ou le vent, la perte de fertilité résultant de modifications chimiques, physiques et biologiques. On peut donc noter différents types et différents facteurs et processus impliqués dans la dégradation des sols.

### **Les principaux types de dégradation des sols**

Le type de dégradation d'un sol se réfère au processus qui cause la dégradation (déplacement du matériau sol par l'eau et le vent, détérioration in situ par des processus physiques, chimiques et biologiques) ; on peut en distinguer deux catégories.

## **1. La dégradation par déplacement du matériau sol qui comporte :**

### **\* L'érosion par l'eau provoquant**

#### **. Sur terrain :**

- a) Perte de la partie supérieure du sol. Perte uniforme par ruissellement superficiel ou érosion en nappe. Cette forme d'érosion se rencontre souvent dans les sols à textures sableuses en surface.
- b) Déformation de terrain : déplacement irrégulier des matériaux du sol caractérisé par de grosses rigoles, des ravins.

#### **. Hors terrain**

- a) Sédimentation en aval
- b) Inondation avec comblement des lits de rivières, érosion des berges, dépôt de limon.

### **\* L'érosion par le vent entraînant**

#### **. Sur terrain**

- a) Perte de la partie supérieure du sol : déplacement uniforme par déflation. (Barro, 1995).
- b) Déformation du terrain ; un déplacement inégal caractérisé par des grandes dépressions, des buttes ou des dunes.

#### **. Hors terrain**

- A) Dépôts éoliens tels que recouvrement des structures : routes, constructions et/ou vent de sable sur la végétation.



**Figure** :Force érosive de l'eau attribuable à la concentration de l'écoulement des eaux de ruissellement

## **2.La dégradation par détérioration interne du sol comprenant**

### **\* La détérioration chimique:**

- a) Perte des éléments nutritifs : conduisant souvent à une réduction sérieuse de la production (acidification accélérée des sols ferrugineux sous culture).
- b) Pollution et acidification à partir d'industries biologiques. Apports excessifs d'éléments chimiques.
- c) Salinisation due à une roche mère, ou à l'accumulation par drainage latéral, ou causée par les activités humaines telles que l'irrigation.
- d) Cessation de la fertilisation par les inondations.

### **\* La détérioration physique:**

- a) Batance et croûte à la surface du sol.
- b) Compaction causée par une machine lourde sur un sol à structure de faible stabilité, ou sur des sols où d'humus est insuffisant.
- c) Engorgement par l'eau : l'hydromorphie du sol due à l'homme, inondation et submersion (à l'exclusion des rizières).
- e) Aridification : changement dû à l'homme du régime d'humidité du sol vers un régime aride, changement causé par exemple par l'abaissement du niveau de la nappe phréatique locale suite au défrichement au niveau des bas-fonds.

### **\* La détérioration biologique :**

- a) Déséquilibre de l'activité (micro) biologique de la partie supérieure du sol par : déforestation, feu de brousse, surpâturage, excès d'apport d'engrais chimique etc.

Il apparaît donc que l'homme et le climat sont les facteurs causals de la dégradation des sols, la nature même de ceux-ci conditionnant cependant le degré et la vitesse de dégradation.

Le degré de dégradation d'un sol se réfère à l'état présent de la dégradation (léger, modéré, sévère), la vitesse moyenne de dégradation concerne la rapidité apparente du processus de dégradation estimée sur 5 à 10 ans (lente, moyenne, rapide)

## Chapitre2 : Perturbations qui peuvent affectés un sol

### 1. Perturbations vs stress

Dans le domaine de la pédologie et de l'écologie, la **régression et la dégradation** sont des processus d'évolution associés à une perte d'équilibre d'un sol antérieurement stable. Ce type d'érosion des sols commence généralement avec la destruction du couvert végétal,

Peut être ainsi considéré comme perturbation tout événement bref et brutal ayant une magnitude minimale de mortalité (relativement à la dimension de l'écosystème!! = biomasse disponible)

On distingue souvent la régression et la dégradation des sols, qui peuvent se combiner.

**La régression** d'un sol est essentiellement due à l'érosion. Elle correspond à un **phénomène de rajeunissement d'un sol** (retour vers l'état opposé au stade climacique).

**La dégradation** d'un sol résulte souvent d'une combinaison de facteurs, incluant éventuellement la régression, qui conduisent le sol vers une évolution différente de l'évolution naturelle liée au climat et à la végétation locale. Elle est généralement directement liée à l'action de l'homme via par exemple :

- le remplacement de la végétation primitive diversifiée (dite climacique) par une végétation secondaire (monoculture dans le pire des cas), qui modifie l'humus et la formation du sol ;
  - une diminution des taux de matière organique induite par une surexploitation du sol (non retour, ou retour insuffisant de la matière exportée), son lessivage ;
  - la destruction de l'humus et des complexes argilo-humiques insolubles par le labour qui enfouit et détruit les couches supérieures vivantes du sol, ou par un travail excessif (trop intensif ou trop fréquent) du sol ;
  - l'acidification, la salinisation et éventuellement la désertification qui peuvent être induits ou exacerbés par les changements climatiques, mais aussi par l'irrigation et le drainage ;
  - l'érosion (hydrique et/ou éolienne) ;
  - pollution par des métaux lourds ou des substances biocides (pesticides ou autres polluants) qui tueraient les organismes essentiels pour entretenir la cohésion et capillarité du sol (champignons, vers de terre, etc.) ;
  - la compaction (tassement du sol) et leur asphyxie.
- Mesure** : Le tassement peut être évalué par des mesures physiques (dont densité et résistivité électrique du sol), mais il faudrait idéalement pouvoir comparer chaque paramètre à un sol identique non tassé ou non dégradé, ce qui n'est pas toujours possible.

### Types de perturbations

Perturbation diffuse = changement très localisé (patches) mais distribué sur des larges surfaces

Perturbation ponctuelle = changement agrégé en patch plus large (mortalité individuelle)

A petite échelle, les perturbations diffuses sont composées de perturbations ponctuelles.

A macro-échelle, les perturbations ponctuelles peuvent devenir des perturbations diffuses

Perturbation de classe I : perturbation de magnitude relativement faible, spatialement restreinte (patch) et favorisant la régénération (chablis)

Perturbation de classe II : perturbation de forte magnitude, affectant des surfaces importantes et déclenchant les successions secondaires

Perturbations endogènes : internes au système mais reposent fréquemment sur un déclencheur externe (chablis d'un arbre mort)

Perturbations exogènes : externes au système mais fréquemment sensibles aux conditions internes (chablis engendré par un ouragan)

Perturbations directes : mortalité, libération de ressources

Perturbations indirectes : ne tue pas les individus mais altère les ressources pouvant engendrer indirectement une perte de biomasse

Perturbations biotiques : organismes endémique ou épidémique

Perturbations abiotiques : par le climat

Les processus qui affectent les fonctions écosystémiques sans une influence abrupte et directe sur la structure de l'écosystème sont des stress.

## **2. Érosion hydrique**

L'érosion hydrique consiste en un enlèvement des particules du sol, qui sont transportées plus loin en aval. Il s'agit d'une forme de dégradation des sols, qui varie dans le temps et dans l'espace. Cet ensemble de processus provient de l'interaction de facteurs actifs, en particulier l'agressivité climatique passive, notamment la texture du sol, la couverture végétale, la valeur de pente. À la complexité du phénomène physique vient s'ajouter la conduite des activités humaines .

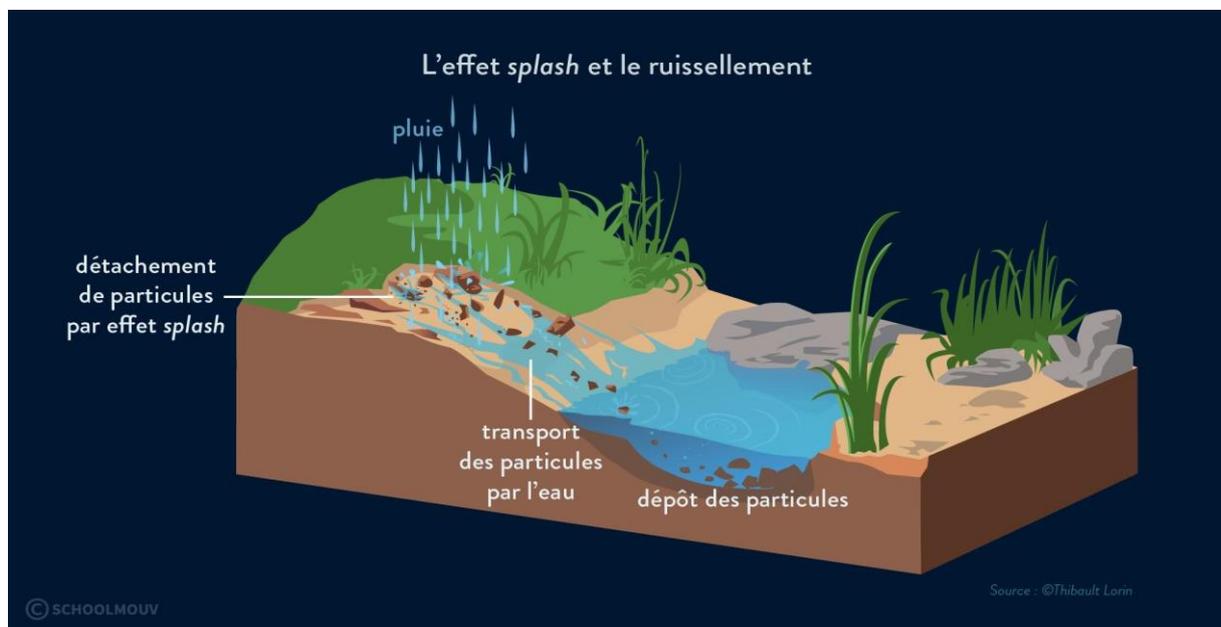
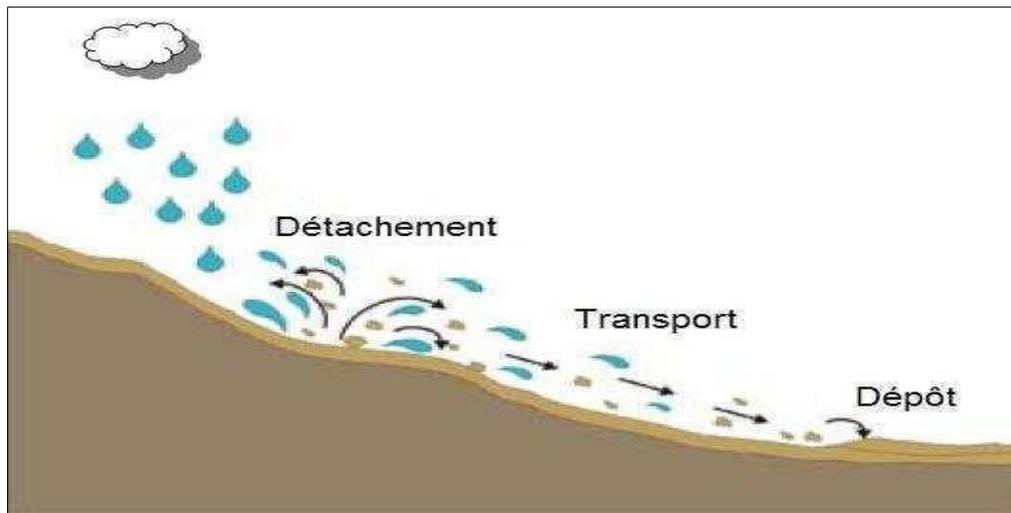
### **Origine et mécanisme**

On distingue généralement 3 phase distinctes :

Destruction du matériel rocheux

Transport

Accumulation des débris



L'érosion hydrique provoquée par des chutes de pluie très intenses a lieu sur des terrains en pente non protégés contre les phénomènes climatiques. On distingue deux processus d'érosion hydrique:

1. La destruction ou désintégration d'agrégats assez importants qui reforment de plus petites particules, souvent accompagnée de la décomposition des particules suivant leur taille.
2. Les petites particules peuvent être arrachées ou déplacées par l'eau qui coule ou ruisselle sur la surface.

L'impact des gouttes ou de l'eau qui ruisselle lorsque la vitesse d'écoulement dépasse un certain minimum, détache les particules de sol de la surface. La taille et l'impact des gouttes sont des facteurs importants dans ce processus de destruction et d'arrachement

(éclaboussement). L'énergie cinétique des gouttes qui tombent est généralement utilisée comme paramètre pour déterminer le pouvoir érosif des pluies. Cette énergie cinétique peut être très élevée dans les régions humides ou semi-arides. En Afrique, par exemple, elle peut être deux à six fois plus importante que dans les zones tempérées. Les particules de sol très fines qui sont détachées de la surface par l'impact des gouttes peuvent obstruer les pores de la couche supérieure du sol et réduire considérablement le taux d'infiltration (battance). Cette obstruction augmente les risques d'érosion et de ruissellement en surface. Les sols limoneux sont particulièrement touchés par ce phénomène.

Même des pentes légères (1-2%) ou des dépressions peuvent provoquer des ruissellements en surface dont le débit est très rapide et causer des dégâts par érosion. En général, on distingue trois types d'érosion hydrique:

1. **L'érosion par lame:** une couche du sol est déplacée uniformément de la superficie totale. Ce type d'érosion n'est pas visible immédiatement mais cause néanmoins des dégâts considérables.

2. **L'érosion en rigoles:** l'écoulement d'eau commence très vite à se concentrer dans les petites dépressions (par exemple, traces de pneus) et entraîne les particules de sol au fond des rigoles, parfois même au fond de la couche labourée. Les rigoles peuvent normalement être récupérées par le nivellement mais les dégâts sont considérables. Si l'érosion en rigoles se répète trop souvent, la couche supérieure d'un champ peut être déplacée en quelques années ou saisons.

3. **L'érosion par ravinement:** ce type d'érosion est une forme extrême d'érosion en rigoles. Des concentrations d'eau importantes prennent des chemins préférentiels d'écoulement impraticables pour les équipements agricoles, entraînant la formation de ravines irrécupérables par le labour. Au pire, les ravines peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur, rendant la terre inutilisable.

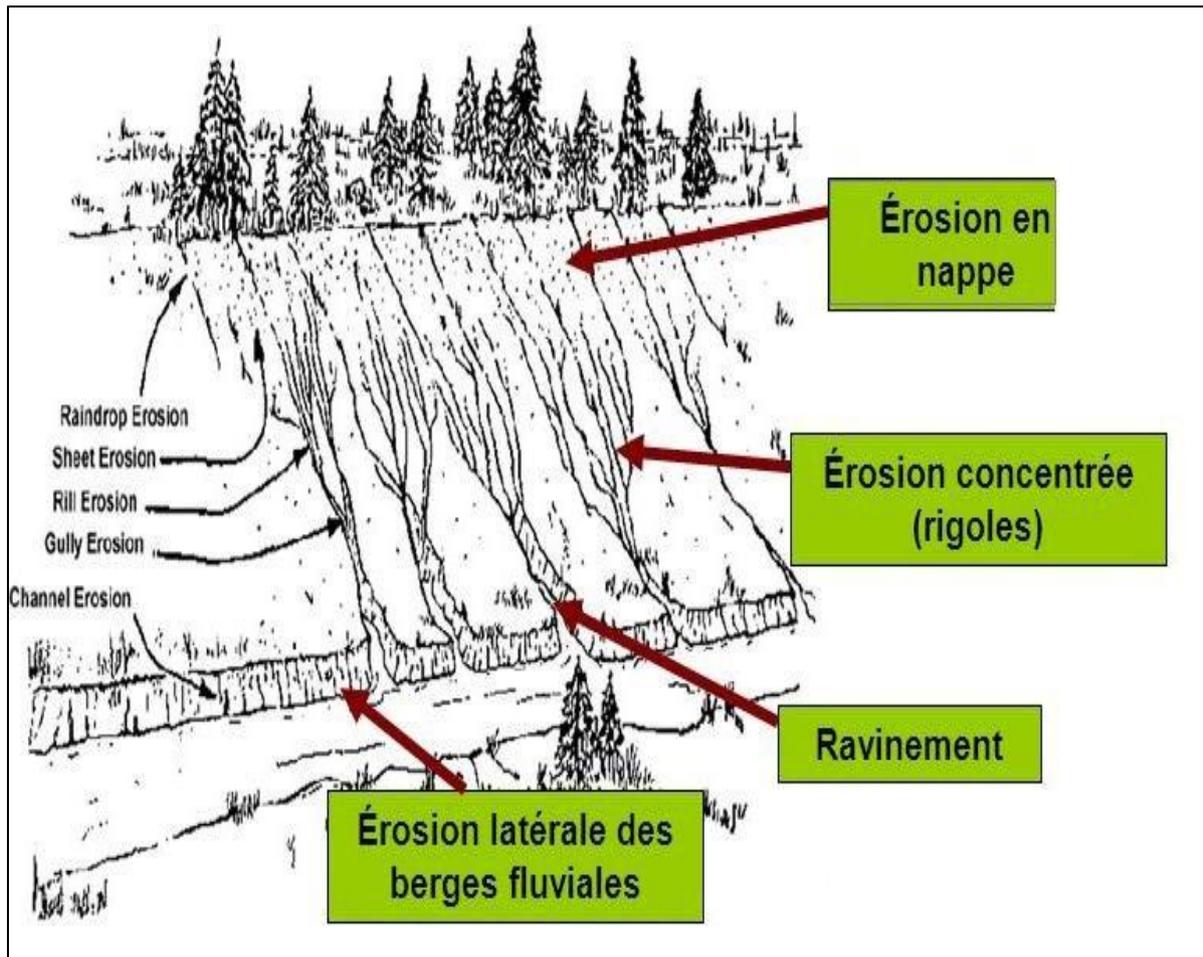


FIGURE :formes d'érosion hydrique

### 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



Figure : Érosion en nappe



Photographie : Christophe Maître (INRA)

### Érosion en rigole

si la vitesse du ruissellement est forte, l'augmentation de débit et l'apparition de tourbillons provoque un affouillement qui crée une rupture dans la pente, à partir de laquelle se développe une rigole . On assiste à l'érosion en rigoles quand les eaux de ruissellement se concentrent et forment des filets ou rigoles



Figure : Érosion en rigoles



Figure : Érosion par ravinement



Figure : Érosion des berge

**Les dégâts provoqués par l'érosion:**

- Diminution de la fertilité du sol à cause du déplacement de la couche superficielle qui contient les éléments nutritifs, la matière organique, et des microorganismes du sol.
- Déplacement des graines, jeunes pousses ou plantes ou recouvrement des jeunes plants causant des plaques dénudées et une réduction des rendements.

- Des coûts de production plus élevés s'il est nécessaire de ressemer (comme souvent dans les régions à haut risque d'érosion). Des coûts supplémentaires doivent être ajoutés pour le labour, les engrais (substances favorisant l'émergence), les graines et l'opération de semencement.

- Des dépôts de sédiments dans les vallées, les cours d'eau et les réservoirs.

- Les mesures à prendre pour réduire ou éviter l'érosion hydrique consistent à:
- Réduire l'impact des gouttes sur la surface du sol
- Empêcher la décomposition et la destruction des agrégats
- Augmenter le taux d'infiltration de l'eau dans le sol
- Réduire la vitesse d'écoulement de l'eau ruisselant sur la surface.

### Localisation des zones majeures d'érosion hydrique

L'Amérique du Sud, l'Asie du Sud-Est et l'Afrique occidentale sont les régions les plus touchées :

L'Amérique du Sud (en particulier le Brésil, la Colombie et le Pérou), l'Asie du Sud-Est (Cambodge, Indonésie, Malaisie, Philippines et Bangladesh), les Caraïbes, l'Afrique centrale et l'Afrique occidentale présentent des indices moyens d'érosivité annuelle supérieurs à 5 000 mégajoules millimètre par hectare, par heure et par an.

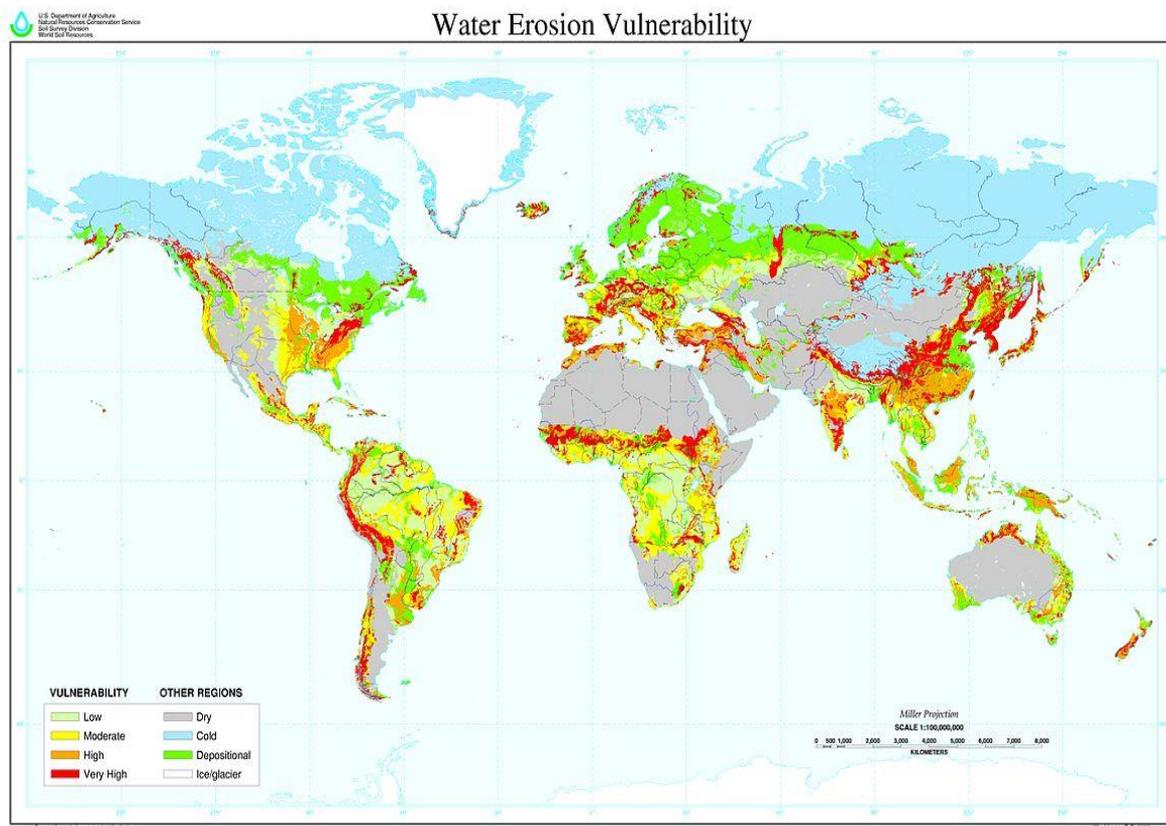


Figure :Les Zones les plus touchées par l'érosion Hydrique

### **Les facteurs de l'érosion hydrique**

- L'occupation des sols : absence de protection par un couvert végétal lors des orages .
- Les précipitations : de fortes intensités .
- La sensibilité à la battance, si les sols n'ont pas été retravaillés ;
- La pente si les sols ne sont pas battus

### **Effet de l'érosion hydrique :**

- Le sol Perd son potentiel agricole
- Le capital premier de l'agriculture disparaît ! La terre est arrachée et transportée ailleurs, entraînant les éléments nutritifs (les fertilisants, la matière organique...)
- Provoque des coulées de boue.
- Perturbe les milieux aquatiques et porte atteinte à la qualité des eaux de surface.
- Augmente le risque de débordement des rivières.
- Sédiments s'accumuler au bas des pentes et contribuer à la détérioration des routes



La dégradation des routes



Provoque des coulées de boue



Les mouvements des terrains



Effondrement du bâtiment



La dégradation de qualité d'eau

### 3. Érosion éolienne

Dans le cas de l'érosion éolienne, le vent est une force qui agit sur la surface du sol. L'effet du vent sur la surface dépend des caractéristiques et de l'état du sol dans la couche superficielle. Généralement, l'érosion éolienne se passe dans des conditions de vents qui soufflent sur une surface de sol sèche composée de structure sableuse ou sablo-limoneuse. Les zones tropicales semi-arides y sont particulièrement sensibles. Pendant la saison sèche, l'effet de surpâturage induit la disparition d'une grande proportion de la couverture végétale, laissant des surfaces

importantes non protégées et dont la structure se détériore. Comme c'est le cas pour l'érosion hydrique, la couche la plus riche en éléments nutritifs est érodée, ce qui provoque une diminution de la fertilité du sol. Au Sahel, durant l'établissement des cultures, des vents violents accompagnant les orages et précédant la pluie provoquent des flux de sable importants sur sol sec. Au cours de ce phénomène, les jeunes plantes sont attaquées ou recouvertes par les particules de sable, ce qui entraîne des pertes importantes pour les cultures.

L'équation utilisée dans le cadre de l'érosion éolienne est la suivante:

$$E = f(I, K, C, L, V)$$

avec **E** perte potentielle du sol en fonction des plus importants facteurs qui contribuent à l'érosion:

**I:** érodabilité du sol  
**K:** rugosité de la surface du sol par billons  
**C:** facteur climatique  
**L:** distance couverte par le vent sur le champ dénudé  
**V:** couverture végétale équivalente

Durant le processus d'érosion éolienne, trois modes de transport des particules peuvent être identifiés : le déplacement par :

- Roulement à la surface du sol (particules de 1 à 2 mm de diamètre), saltation (de 0,1 à 1 mm) ou en suspension dans l'atmosphère (inférieures à 0,1 mm).

La plupart du matériel érodé est transporté entre 0 et 0,3 m au-dessus de la surface du sol par saltation. Les dégâts provoqués par l'érosion surviennent principalement lors de la saltation à cause de l'abrasion et du recouvrement des jeunes plantes. La saltation peut être mesurée en utilisant les capteurs BSNE développés à Big Spring, Texas. Ces capteurs récoltent les particules de sable déplacées par les tempêtes et intègrent le flux de particules dans le temps. Comme la vitesse du vent diminue de façon logarithmique en fonction de la hauteur, zéro m/s près de la surface du sol, le flux de particules diminue également fortement, de manière non linéaire, en fonction de la hauteur au-dessus du sol. Une batterie de capteurs BSNE disposée verticalement permet d'intégrer le flux et donc la masse totale de particules déplacée. Les mesures de protection contre l'érosion éolienne font appel à des dispositifs qui réduisent la vitesse du vent à la surface du sol.

Parmi ces mesures, on peut citer le billonnage, qui augmente la rugosité de la surface du sol, K, l'utilisation des résidus de culture (paramètre V), la culture alternée et l'implantation de brise vents (paramètre L), ou encore le labour, qui améliore la structure de certains sols en formant des agrégats (I). L'érodabilité du sol est également réduite en cas d'encroûtement.

Toutefois, parmi les facteurs susceptibles d'influencer l'érosion éolienne, les facteurs K et V sont probablement les plus faciles à manipuler par les agriculteurs de la région. Par exemple, le billonnage des sols (le facteur K) sensibles à l'érosion peut réduire les pertes de sol de 85% (Fryrear, 1984). Le billonnage sera d'autant plus efficace si les billons sont orientés perpendiculairement à la direction du vent érosif dominant. Les billons et les mottes se décomposent après un certain temps, particulièrement sur sols sableux pauvres en argile et en limon. Si on a peu ou pas du tout de résidus, comme c'est souvent le cas au Sahel, un billonnage répété devient la dernière mesure de protection possible au cours de périodes de vents violents, sous conditions sèches. Ce type de travail du sol est connu comme "le travail du sol d'urgence" (Fryrear et Skidmore, 1985).

Le facteur V est influencé par la présence de résidus de culture sur le sol. Les quantités de résidus nécessaires pour assurer un certain degré de protection contre l'érosion dépendent du type de culture. De plus, les résidus sur pied sont plus efficaces que les résidus étendus sur la surface du sol. En recouvrant 20% de la surface du sol avec des résidus de culture (l'équivalent de 600 kg/ha de tiges de maïs), les pertes de sol peuvent être réduites de 57% (Fryrear, 1985).

### **Chapitre 3 : Restauration et Conservation des sols**

Restauration sensu stricto : ré-application des usages traditionnels

Restauration sensu lato : suppression des causes de dégradation

Restauration (SER)/réhabilitation (Aronson): correction des multiples changements imposés par la perturbation

Réhabilitation (SER): écosystème restauré alternatif, c'est-à-dire dont la productivité, les processus et les services ont été réparés mais pas l'intégrité de l'écosystème de référence

Récupération (SER, 2004) / réallocation (Aronson): actions dont l'objectif n'est pas d'atteindre l'état d'un écosystème de référence mais par exemple de supprimer une pollution ou de ralentir l'érosion, donc de prévenir les risques et de garantir la sécurité publique (SER, 2004)

Ecosystème de référence (modèle de planification d'un projet de restauration et d'évaluation de ce projet)

#### **2. Prédiction des pertes de terre par érosion en nappe et en griffe**

L'équation universelle de perte de terre (U.S.L.E.) est à l'heure actuelle le modèle mathématique le plus couramment employé pour prédire les pertes dues à l'érosion de surface. Depuis de nombreuses années, l'équation mise au point en 1957 par Wuschmeier et ses collaborateurs a été utilisée sur les terres agricoles, sur les terrains à bâtir depuis 1971 et aussi, depuis 1972, sur les terrains forestiers, et pastoraux.

Mais, à supposer même qu'on dispose d'une documentation suffisante, une certaine prudence est recommandée, car, sur les pentes de plus de 200 ou de longueur supérieure à 150 mètres, les expériences ont été limitées.

#### A. Description de l'équation et évaluation des facteurs

##### a. Equation de base

L'équation fondamentale est simple et s'écrit:

$$A = R K L S C P \dots\dots\dots 1/ \text{ où}$$

A: représente une perte de terre calculée par unité de surface, que l'on obtient en multipliant les facteurs du second terme.

R: est l'indice de pluie, ou nombre d'unités d'indice d'érosion (EI) pendant la période considérée. L'indice d'érosion caractérise l'agressivité d'une pluie particulière, mesurée par sa force érosive, ou énergie cinétique,

K: l'indice sol, ou facteur d'érodabilité: c'est le taux d'érosion, par unité EI, d'un sol spécifique sur une jachère continuellement travaillée, à 9% de pente et longue de 22,1 m (72,6 pieds),

L: l'indice longueur de pente: c'est le rapport des pertes en terre d'un champ, de longueur donnée, à celles d'un champ de 22,1 m, de même inclinaison et conditions de sol,

S: l'indice inclinaison de la pente: c'est le rapport des pertes en terre d'un champ, d'une inclinaison donnée, à celles d'un champ à pente de 9%, de mêmes longueurs et conditions de sol,

C: l'indice culture: c'est le rapport des pertes en terre d'un champ, caractérisé par son mode de culture et son exploitation, à celles de la jachère continuellement travaillée sur laquelle le facteur K a été évalué,

P: l'indice conservation de l'eau et du sol (indice C.E.S. en français): c'est le rapport des pertes de terre d'un champ sur lequel on applique des pratiques de conservation (culture en courbe de niveau, en bandes alternées, en banquettes, etc.) à celles d'un champ cultivé selon la ligne de plus grande pente et en sillons droits.

##### b. Index pluie R

L'index pluie (R) est l'indice d'érosion (6) de Wischmeier: EI30, c'est-à-dire l'énergie cinétique totale d'une pluie, multipliée (9) fois par son intensité maximum en 30 minutes (I30) et divisée par 100.

Pour calculer l'énergie cinétique totale d'une pluie, celle-ci est découpée en tranches d'intensité égale (approximativement). Dans chaque tranche, l'énergie cinétique unitaire est caractérisée par la formule:

$$E = 210,2 + 89 \log I \text{ (Joules/m}^2 \text{ par centimètre de pluie) } /2/$$

E = l'énergie cinétique en Joules/m<sup>2</sup> par centimètre de pluie,

I = l'intensité moyenne de la pluie dans la tranche de temps considérée (en centimètre par heure).

Cette énergie cinétique est fournie par des tables. Celle établie dans le système métrique figure 1 ENERGIE CINETIQUE D'UNE PLUIE NON OROGRAPHIQUE (Attention: la formule /2/ et la table 1 s'appliquent seulement à des pluies directes et non orographiques).

Pour obtenir l'énergie cinétique totale d'une averse, l'énergie cinétique unitaire de chaque tranche est multipliée par les centimètres de précipitation pendant cette période. Puis, on additionne ces produits.

La valeur (R) s'obtient en multipliant l'énergie cinétique totale par deux fois 1/ l'intensité maximum moyenne pendant 30 minutes (I<sub>30</sub>) et en divisant par 100. L'intensité maximum moyenne en 30 minutes se lit sur les enregistrements du pluviographe.

Pour pouvoir évaluer l'indice pluie (R) sur une période plus longue, il faut additionner les indices-RI de chaque averse (ou orage). De même, pour les zones ayant la même répartition d'indices d'érosion sur l'année, on peut établir des courbes de distribution des indices d'érosion. Ces courbes sont très utiles pour pouvoir pleinement apprécier l'effet de protection fourni par les cultures tout au long de l'année.

c. Facteur d'érodabilité du sol: K

On peut évaluer ce facteur K sur des parcelles expérimentales, en résolvant l'équation:

$K = A/RISCP$  ..... /4/, en conditions non normales, ou

$K = A/R$  ..... /5/, en conditions normales 1/.

Plus récemment, une abaque a été calculée (9) qui permet d'évaluer K d'après cinq paramètres simples: (i) le pourcentage de limon + sable très fin, (ii) le pourcentage de sable, (iii) le pourcentage de matière organique, (iv) la structure du sol, (v) sa perméabilité. Pour les évaluations de l'érodabilité du sol, le "pourcentage de limon + sable très fin" est défini comme ayant des particules de 0,002 à 0,10 mm et le "pourcentage sable" des particules de 0,10 à 2,0 mm.

Quant à la structure, son-système de codification est le suivant:

1 = granulaire très fin et grumeleux très fin (< 1 mm)

2 = granulaire fin et grumeleux fin (1 à 2 mm)

3 = granulaire moyen, grumeleux moyen (2 à 5 mm) et granulaire grossier (5 à 10 mm)

4 = lamellaire, prismatique, colonnaire, polyédrique et granulaire très grossier.

Les valeurs suivantes : pourcentage de limon + sable très fin, pourcentage de sable, pourcentage de matière organique, structure, sont les valeurs moyennes pour les couches

supérieures jusqu'à 15 - 20 centimètres. La valeur de la perméabilité se réfère au profil tout entier. Sa codification est la suivante :

1 = rapide à très rapide

2 = modérément rapide

3 = modérée

4 = modérément lente

5 = lente

6 = très lente

#### d. Indice culture C

Ce facteur caractérise l'effet total de la végétation, des résidus conservés sur le sol, de la surface du sol et du système de culture sur les pertes de terre. Dans la plupart des cas, la valeur de cet indice n'est pas constante toute l'année. Bien que l'indice (C) soit traité dans l'équation comme une variable indépendante, sa valeur "vraie" dépend probablement de tous les autres facteurs. En conséquence, la valeur de (C) doit, dans beaucoup de cas, être déterminée expérimentalement.

Pour les cultures: Les valeurs de (C) devront être établies à chacun des stades suivants, pour toutes les cultures du cycle d'assolement:

période F: jachère brute (des labours d'entre hivernage aux semis);

période 1: semis (de la préparation du sol jusqu'à 1 mois après plantation);

période 2: établissement de la végétation (de 1 à 2 mois après les semis de printemps ou d'été; pour les céréales semées en automne, cette période comprend aussi les mois d'hiver);

période 3: croissance et maturité: depuis la fin de la période 2 jusqu'à la récolte;

période 4: résidus ou chaume.

Remarque: La valeur trouvée pour une période F de la rotation ne peut être extrapolée à aucune autre période de jachère à l'intérieur du cycle: cette valeur est, en effet, influencée par la chronologie culturale du sol, par la nature et la quantité de résidus réenfouis dans le sol, etc.

Pour pouvoir évaluer convenablement le cycle d'une culture, le rapport des pertes en terre (c'est-à-dire, le rapport des pertes en terre du champ, tel qu'il est cultivé et exploité, à celles d'un sol nu) doit être ajusté conformément à la distribution de l'indice d'érosion dans chaque période: car les conditions d'un champ sont indifférentes lorsqu'il ne pleut pas et au contraire fort importantes lorsqu'il pleut beaucoup. C'est pourquoi, le rapport des pertes en terre de chaque période est multiplié par le pourcentage d'indice EI30 applicable à cette période. Ce pourcentage est donné par la courbe de distribution des indices d'érosion. Dans les régions du globe où il n'existe pas de guides qui permettent de déterminer les valeurs de (C) pour les

cultures de plein champ, il sera probablement plus facile de faire correspondre le rapport des pertes en terre avec la quantité de matière organique sèche par unité de surface, ou avec le pourcentage de couverture végétale du sol.

Pour les pâturages permanents, les parcours à bétail, les friches et les terrains boisés, des tables ont été publiées, qui donnent les valeurs moyennes annuelles de (C).

Remarque : ces valeurs devront être adaptées aux conditions locales et testées sur place.

#### e. Indice conservation de l'eau et du sol P

L'effet des mesures de lutte contre l'érosion est assimilable, à une variable indépendante et n'a donc pas à être inclus dans l'indice de culture (C). Les rapports de pertes en terre d'un champ sur lequel on applique des pratiques conservatrices varient selon l'inclinaison de la pente.

#### 2. Planification de la conservation

Pour planifier la conservation, il faut pouvoir établir la tolérance (T) de perte de sol (c'est-à-dire la perte de sol maximum tolérable).

La tolérance (T) de perte de sol, parfois appelée perte permmissible, représente le taux maximum d'érosion du sol compatible avec le maintien économique et indéfini d'un haut niveau de productivité.

On utilise des valeurs (T) de tolérance comprise entre 2,3 et 11,2. Ces nombres représentent les tonnes de pertes de terre permmissibles par hectare et par an, là où l'on cultive des plantes vivrières, fourragères et à fibre. Les valeurs (T) ne sont pas applicables aux terrains à bâtir, ni à aucune autre utilisation non agricole de l'équation d'érosion.

Normalement, on attribue une seule valeur (T) à chaque série de sols. Une seconde valeur peut être donnée à (T), pour certains types de sols où l'érosion a réduit considérablement l'épaisseur utile de la zone racinaire et par conséquent, a diminué le potentiel de production de végétaux sur une période de temps étendue. Par exemple, les phases érodées des séries de sols peu profonds à modérément profonds, par-dessus un horizon qui limite l'extension des racines, reçoivent habituellement une valeur (T) intérieure d'une classe à la phase non érodée du même sol. Les pédologues et autres spécialistes utilisent les critères suivants pour attribuer les valeurs (T) de tolérance de perte aux séries des sols:

1) La croissance de la plante exige que soit maintenue dans le sol une profondeur suffisante d'enracinement. Pour les sols qui sont peu profonds, par-dessus une roche dure ou tout autre horizon limitant, il importe de retenir le sol qui reste: par conséquent, on ne saurait tolérer beaucoup de perte. La tolérance de perte doit être moindre sur les sols peu profonds au-dessus d'horizons imperméables, que pour ceux de bonne profondeur ou qui disposent de matériaux sous-jacents favorables et renouvelables par les pratiques culturales.

2) Les sols dont la diminution de rendement est importante, lorsque leur manteau a été enlevé par l'érosion, sont dotés de valeurs de tolérance de perte moindres que ceux où l'effet de l'érosion est peu sensible.

Dans l'équation universelle de perte de terre, on a choisi une valeur maximum de 11,2 tonnes de perte par hectare et par an, Ceci, pour les raisons suivantes:

- 1) Les pertes de sol dépassant 11,2 tonnes/ha/an ont une incidence sur l'entretien le coût et l'efficacité des ouvrages d'aménagement de l'écoulement, tels que les fossés à ciel ouvert, les bassins et autres structures qu'affecte la sédimentation.
- 2) Une érosion excessive en nappe s'accompagne en beaucoup d'endroits de la formation de ravines, source de difficultés supplémentaires pour les façons culturales et qui ajoutent à la sédimentation dans les fossés, cours d'eau et exutoires,
- 3) La perte d'éléments fertilisants. L'azote et le phosphore contenus dans une tonne de sol a une valeur moyenne d'environ 2 à 3 dollars. Des pertes de nutriments végétaux de plus de 25/ha/an sont considérées comme excessives .
- 4) on connaît de nombreuses pratiques culturales qui peuvent être utilisées avec succès pour maintenir les pertes de sol au-dessous de 12,5 tonnes par hectare et par an.

### **3.les procédés de contrôle du ruissellement**

Modelé du terrain et techniques biologiques ne permettent pas de résoudre tous les problèmes de Conservation des eaux et des Sols. Dès que la pluviométrie devient insuffisante pour permettre la mise en place d'une couverture végétale, dès que la pente devient importante, il est indispensable d'envisager de nouvelles techniques nécessitant des terrassements. Ces techniques permettent un contrôle du ruissellement.

On distingue habituellement 3 catégories de terrassement en CES :

\* les systèmes de concentration du ruissellement.

Ils s'emploient lorsque la pluviométrie est médiocre. La pluviométrie seuil est grossièrement de 400 à 500 mm. Sous ces climats, les cultures pluviales ne peuvent être assurées chaque année. Des ouvrages horizontaux sont construits selon les courbes de niveau pour recueillir le ruissellement issu d'un glacis sus-jacent. Seule la fraction de la surface recueillant le ruissellement est cultivée. Le bilan hydrique de la fraction cultivée est améliorée par l'infiltration du ruissellement issu du glacis amont.

#### **\* Les systèmes d'absorption ou d'infiltration**

Ils s'emploient lorsque la pluviométrie permet une culture sèche avec des rendements suffisants (pluviométrie inférieure à 750 ou 800 mm). Il s'agit d'ouvrages horizontaux (construits selon les courbes de niveau) conçus pour provoquer l'infiltration totale des précipitations reçues par la partie d'un versant comprise entre 2 courbes de niveau. Ils ne conviennent que sur des sols perméables, à pentes faibles. La totalité de la surface comprise entre 2 ouvrages est cultivée et peut bénéficier de techniques de CES complémentaires (Cultures en courbes de niveau, bandes enherbées ...). La partie immédiatement à l'amont de l'ouvrage bénéficie de l'apport complémentaire lié à l'infiltration du ruissellement.

## **\* Les systèmes de diversion**

Ils conviennent lorsque les précipitations sont abondantes. Ce sont des ensembles d'ouvrages à très faible pente longitudinale (inférieure à 0.3 %). Chaque ouvrage a pour rôle de briser la force vive du ruissellement déversant, d'infiltrer une partie de l'eau ainsi retenue momentanément et d'évacuer le reste vers un exutoire convenablement aménagé. L'évacuation de l'excès d'eau en saison des pluies évite les problèmes de lessivage exagéré des sols.

### **1. Les terrasses (bench terraces)**

Il s'agit de plates formes de terre disposées en marche d'escalier. Les terres de remblai sont soutenues à l'aval, soit par un mur, soit par une pente gazonnée.

Elles permettent la culture sur de fortes pentes mais nécessitent d'importants travaux difficilement mécanisables. Leur utilisation est de moins en moins fréquente. Elles sont remplacées aujourd'hui par la technique des terrasses progressives ou rideaux.

### **2. Les rideaux ou terrasses progressives**

Les rideaux résultent d'un modelé des champs, obtenu moins par terrassement que par une évolution progressive due au labour ou au départ naturel des terres vers l'aval. Ils se forment chaque fois que 2 champs, l'un amont, l'autre aval, sont séparés par une limite perpendiculaire à la pente (ligne de non labour, bande d'arrêt enherbée, muret ...). A force de labourer en versant vers le bas ou suite au glissement des terres, le bord amont de cette limite se relève alors que le bord aval se creuse. Le profil général du terrain offre alors une succession de champs moins pentus, séparés par une série de décrochements ou rideaux.

Les rideaux, au départ simple limite, reçoivent les pierres ramassées sur le champ. Des broussailles puis des arbustes et des arbres s'y installent, à moins que l'on y plante des arbres fruitiers, ou des bandes herbeuses (Andropogon, herbe à éléphants ...).

### **3. Les banquettes**

Ce sont des ouvrages servant à couper les parcelles selon les courbes de niveau par des obstacles horizontaux (fossés, talus). Elles brisent l'énergie du ruissellement, augmentent l'infiltration et évacuent les eaux vers des exutoires

### **4. Autres aménagements courants**

#### **a) Les diguettes**

Il s'agit d'une technique développée dans les secteurs à pente faible (quelques pourcents). Soumis à l'érosion en nappe. La densité de diguettes varie de 300 m à 500 m/ha au Burkina.

**Elles sont constituées, suivant les projets :**

\* de bourrelets de terre compactée de 40 - 50 cm de haut, imperméables.

Cette méthode présente des risques techniques (affaissement de la digue, d'où érosions préférentielles) et des risques culturels (asphyxie des cultures à l'amont de la diguette). Ils sont d'entretien difficile et nécessitent des moyens importants, en matériel ou en main d'oeuvre (compactage).

\* d'alignement de moellons de 2à - 30 cm, perméables.

Dans les zones où les pierres sont abondantes, cette technique peut être développée par les paysans sans intervention extérieure. Dans le cas contraire, il est nécessaire de prévoir la mise à disposition des paysans de camions pour le transport des pierres

Il est essentiel d'adopter des techniques peu coûteuses et reproductibles par les paysans : on notera en particulier la possibilité de remplacer avantageusement l'étude topographique du site par la technique du niveau à eau

#### b) Les techniques de concentration du ruissellement

Ces procédés utilisent les principes suivants :

\* une fraction de la parcelle n'est pas cultivée. Elle constitue un petit bassin versant permettant le développement d'un ruissellement.

\* le reste de la parcelle est consacrée aux cultures. Le ruissellement s'y concentre et s'y infiltre.

Ces techniques sont particulièrement adaptées aux sols limoneux, de mauvaise stabilité structurale et à forte capacité de rétention en eau.

La formation d'une croûte de battance sur le glacis permet un important ruissellement. La forte capacité de rétention en eau du sol permet de recueillir l'eau ruisselée et de la stocker par la suite, sans pertes par drainage en profondeur. Il s'agit essentiellement des sols de loess péri désertiques et dans une moindre mesure, des sols bruns ou des sols ferrugineux.

Le ratio surface du glacis/surface cultivée dépend de la pluviométrie locale. Un bilan hydrique au niveau de la fraction cultivée permet le dimensionnement du dispositif.

Les demi-lunes, les banquettes recourbées : un glacis permet de concentrer le ruissellement vers un bassin de quelques m<sup>2</sup> (demi-lunes, zaï) à quelques centaines de m<sup>2</sup> (banquettes recourbées). Leur utilisation est variée (reboisement, culture fruitière, alimentation en eau du bétail ...), et permet des cultures jusqu'à des pluviométries inférieures à 100 mm. Ces dispositifs sont répartis en quinconce selon la ligne de plus grande pente.



Envisagez la culture en courbes de niveau



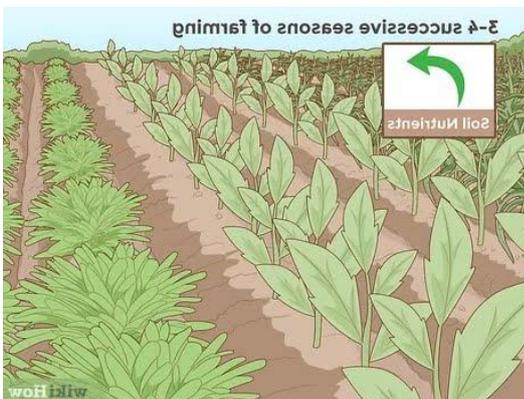
Plasticulture



Rotation culturale



Plantez une végétation permanente



### 3 Enrichissez le sol



### Utiliser des barrières pour contrôler l'érosion

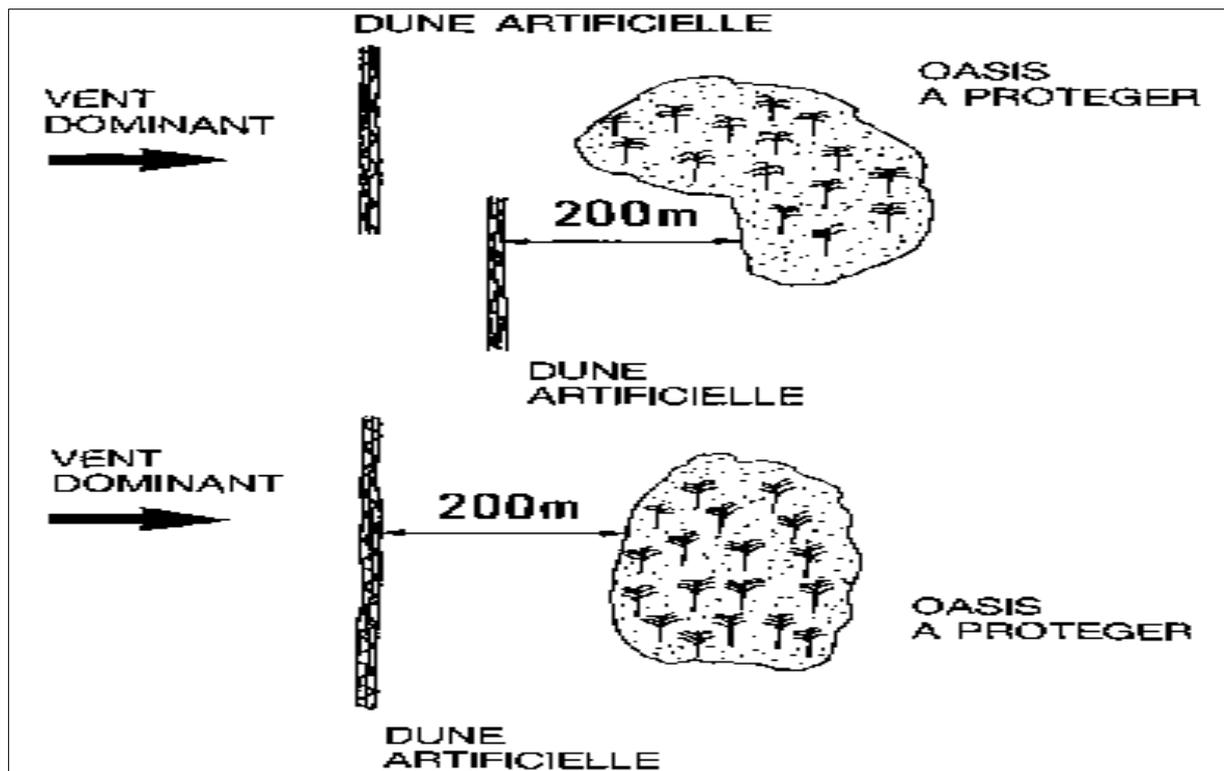


### 4 Utilisez du paillis et du compost

#### **Fixation des dunes**

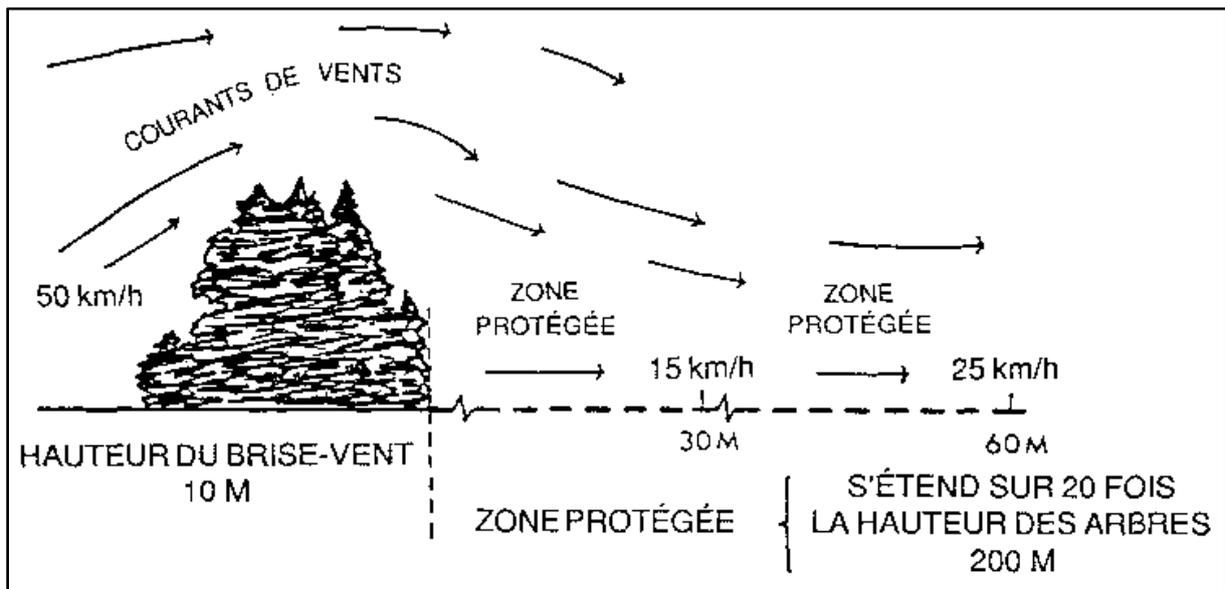
La dune boisée joue un rôle majeur dans la fixation des sables . Elle permet

le stockage des arrivages de sable au plus près de la source sur la dune non boisée et permet à celle-ci de jouer pleinement son rôle de piège à sable.



### Aménagement de brise-vent

Une haie brise-vent est un obstacle, composé d'arbres de grande taille et de quelques arbustes, que l'on place en travers du vent pour réduire sa vitesse et Pour éviter l'érosion éolienne

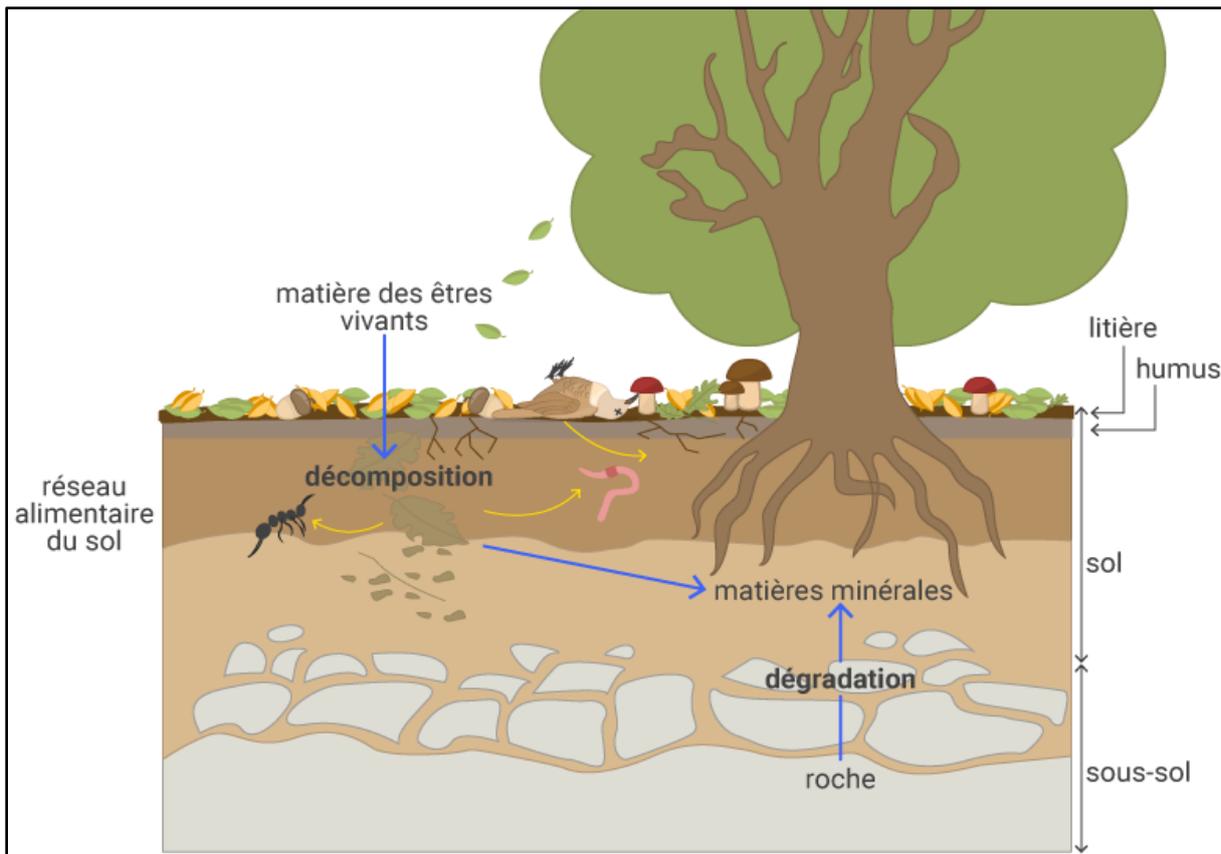


### **Le reboisement**

Le reboisement est une opération qui consiste à créer des zones boisées ou des forêts qui ont été supprimées par coupe rase ou détruites par différentes causes dans le passé (surexploitation, feu de forêt, surpâturage, guerre...).

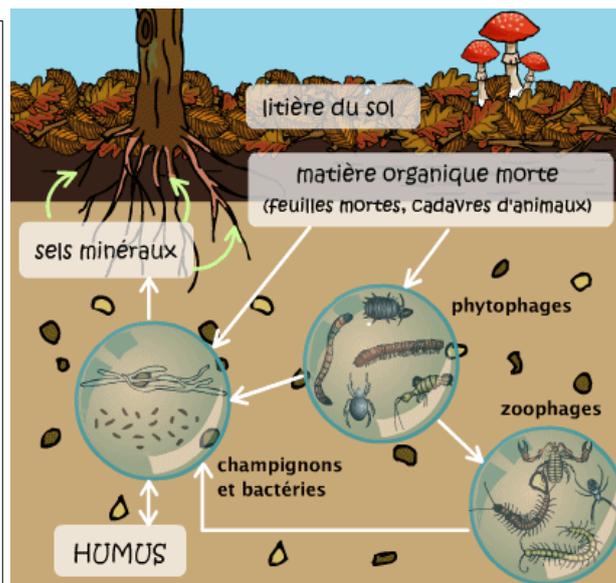
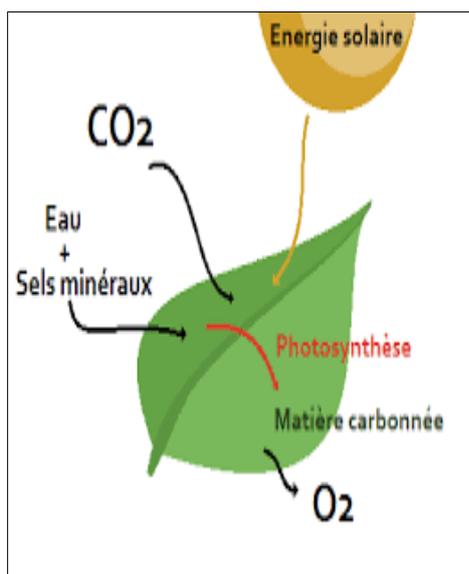
### **Amélioration de la fertilité des sols.**

La fertilité des sols peut être encore améliorée non seulement par l'introduction de cultures de couverture, qui ajoutent de la matière organique au sol, ce qui améliore sa structure ainsi que son état et sa fertilité, mais aussi, d'une part, par l'apport d'engrais verts ou de cultures de légumineuses



### Maintien de la végétation naturelle

La végétation joue un rôle majeur de production et de protection des sols et de l'humus, le cycle du carbone et de production d'oxygène.



## Les Sols pollués

Il s'agit de microorganismes, de matières organiques mortes (fumier), d'hydrocarbures (pétrole et dérivés) et les produits organiques persistants comme les solvants, les pesticides, les insecticides et les engrais. En faible quantité, ces éléments s'incorporent facilement dans l'environnement. Toutefois, l'utilisation en grande quantité de ces contaminants, comme dans l'agriculture de masse, amène une saturation du sol et le reste des contaminants est lessivé par l'eau de pluie et entraîné vers les cours d'eau. Les résidus de ces contaminants sont généralement toxiques pour la faune et la flore du sol. De plus, l'eutrophisation des plans d'eau s'accélère par la présence de ces contaminants organiques.

## 2/Contaminants inorganiques:



Ce sont principalement des métaux lourds (plomb, mercure, zinc, cadmium, nickel, arsenic). Ils proviennent des sites d'enfouissement, des déchets domestiques et industriels, des sites d'extraction de minerais et de pétrole ainsi que de la pollution atmosphérique. Lorsqu'ils se retrouvent en grande quantité dans l'environnement, ils deviennent nocifs et peuvent modifier la fertilité des sols. Ils peuvent également contaminer les cours d'eau et des réserves souterraines.

## contaminants radioactifs:



Ce sont les déchets nucléaires qui proviennent des centrales nucléaires ou des accidents nucléaires (Tchernobyl, Fukushima). Une grande partie de ces éléments est rapidement absorbée par les végétaux. Si des êtres vivants ingèrent ces plantes, les contaminants se répandront dans la chaîne alimentaire, entraînant malformations, mutations génétiques et cancers. Le reste des contaminants se répand dans les horizons du sol et peut y demeurer pour une très longue période de temps.

**-Les pollutions accidentelles :** Déversement ponctuel et momentané de substances polluantes.

-Les pollutions chroniques : survenant sur de longues durées (fuites sur des conduites enterrés, lixiviats issus de dépôts de déchets).

-Les pollutions diffuses : se développant sur de grandes surfaces de sols (proviennent généralement d'épandages de produits (engrais ou pesticides), retombées atmosphériques). "sites uniformément contaminés " (NF ISO 11074-1,1997).

-Les pollutions localisées : se distinguent par la présence ponctuelle dans les sols de substances dangereuses ( déversements, fuites ou dépôt de déchets). "sites localement contaminés" (NF ISO 11074 -1, 1997).



### **Les causes et les risques de la contamination des sols**

Ce qui cause la contamination des sols

La pollution du sol peut être le résultat de facteurs artificiels et naturels.

#### **1/Contamination causée par l'homme (anthropique):**

Certains des principaux éléments classés comme contribuant à la contamination du sol par l'homme comprennent:

- Les déversements accidentels de produits chimiques, tels que pendant le transport,
- Les activités minières,
- Les activités agricoles, telles que la diffusion de pesticides sur les cultures,
- Le stockage des déchets dans les décharges.

#### **2/Contamination naturelle:**

Des changements dans l'environnement naturel du sol peuvent entraîner de la pollution. Les processus naturels qui influencent la libération de produits chimiques toxiques dans le sol comprennent:

- accumulation naturelle de composés,
- fuite de produits chimiques comme le chlore dans le sous-sol de la terre,
- la production naturelle dans des conditions environnementales spécifiques.

Un exemple de contamination naturelle serait la formation de perchlorate dans le sol causé par des objets métalliques, une source de chlore et l'énergie libérée lors d'un orage.

### **les risques de la contamination des sols**

Il y a un grand nombre de dangers associés à la contamination du sol. Il peut s'agir de risques pour la santé ou pour l'environnement.

#### **1/Risques environnementaux**

L'un des principaux impacts de la contamination des sols sur l'environnement est noté en agriculture. Les récoltes qui ont poussé sur des sols contaminés seront inférieures à celles attendues sur un sol sain. Au bout d'un certain temps, le manque de plantes cultivées entraînera l'érosion du sol. Les polluants affecteront également le type de micro-organismes qui vivent à l'intérieur de la terre. Par conséquent, cela va perturber tout l'écosystème.

#### **2/Risques pour la santé**

La libération de gaz nocifs affecte l'environnement, tandis que les ondes radioactives peuvent causer des problèmes de santé. Parmi les autres problèmes susceptibles d'entraîner des risques pour la santé, mentionnons l'augmentation de la salinité, la contamination de l'eau potable, la gestion des déchets et la réduction de la végétation.

#### **Comment fonctionne le procédé de décontamination?**

La méthode la plus répandue pour nettoyer un déversement ou des fuites est d'enlever le sol contaminé. C'est l'une des meilleures méthodes pour s'assurer que le nettoyage est fait à 100%. Selon la quantité de contaminants présents, le sol peut être traité puis retourné à son lieu d'origine. Cela peut aussi être fait sur place à l'aide d'un solvant. Si les niveaux de contaminants sont trop élevés, il faudra en disposer de façon appropriée. Finalement, s'il s'agit d'une contamination à grande échelle, il peut être laissé en place puisque le fait de le manipuler pourrait engendrer plus de dommages à l'environnement. Dans ce cas, un périmètre sera délimité et sera surveillé.

### **Diagnostic environnemental**

Objectif du diagnostic : description de l'état de dégradation et du risque environnemental par rapport à des références extérieures au site

- 1) Milieux concernés (site industriel, site de stockage, écosystèmes, sol superficiel, sol profond...)
- 2) Identifier des polluants et caractérisation : concentration, volume, forme (produits purs, sels,...) ou phases (gazeux, solubilisés...)
- 3) Déterminer la source et la cause de pollution : Pollutions accidentelles, chroniques, diffuses, localisées ?
- 4) Définir la vulnérabilité du site : propriétés physico-chimiques et hydrogéologiques, risques de transferts et risques sanitaires

### **Phytoremédiation**

Utilisation combinée de plantes tolérantes aux métaux et d'additifs capables d'immobiliser fortement les métaux dans le sol

Espèces tolérantes, volumineuses, non hyper-accumulatrices, croissance rapide, pérennité, métaux retenus dans la rhizosphère ( $\mu$ org, exsudats)

### **Avantages**

- coûts de traitement modérés,
- traitement de contamination de grande superficie,
- technologie visuellement attractive,
- faible perturbation du milieu contaminé,
- bonne image auprès du public.

### **Type de végétaux**

Basé sur les recommandations normes OCDE (Territorial plants, growth test. Guidelines for the testing of chemicals, n°208. Geneva. 1984).

Poaceae et Fabaceae forme la base de la végétation utilisée dans les pratiques de phytostabilisation.

Poaceae est utile grâce à la densité de son système racinaire et Fabaceae grâce à sa capacité à fixer l'azote.

Des plantes de différentes familles répondent différemment à la pollution du sol et aux facteurs environnementaux (ex. une déficience en nutriments, ...). (Fabaceae moyennement sensibles, Poaceae moins sensibles).

à Inventaire sur site

## Restauration des sols eutrophisés

### Pâturages montagnards traditionnels

- En dessous de la limite de la forêt
- Estive
- Grande richesse floristique (40sp/m<sup>2</sup>)
- Recyclage lent des nutriments (azote)
- Apport de la sciure peut réduire la productivité de la végétation des pâturages
- Les plantes avec peu de mycorhizes (Graminées) sont plus affectées
- Méthode économique
- Peut ramener une augmentation de la richesse floristique
- Effet à long terme ?

### La réduction du travail de sol

La conservation des sols est une protection des sols contre l'érosion et contre d'autres dégradations, destinée à maintenir la fertilité et la productivité du sol .

La conservation des sols est en agriculture, élevage et sylviculture, un ensemble de pratiques appliquées pour promouvoir un usage durable des sols. Elle vise à prévenir la perte de sol due à la réduction de fertilité provoquée par une utilisation excessive ou une contamination du sol , Cette protection des sols d'origine fait partie des actions de conservation de la nature.



## **Travail de sol**

En agriculture et agronomie, le travail du sol est réalisé par une série de façons culturales réalisés à l'aide d'instruments aratoires et destinées à créer dans le sol un milieu favorable au développement des plantes cultivées. On peut définir un système de travail du sol comme un ensemble d'opérations de labour périodiques qui sont exécutées pour créer et maintenir des conditions de production de cultures optimales. Il permet aussi d'éliminer naturellement les mauvaises herbes afin qu'elles ne concurrencent pas les plantes dans leur besoin en ressources en eau et minéraux.





Figure Le labour profond: permet l'enfouissement des matières organiques et assure la destruction des mauvaises herbes



Figure charrue à disque: est plus adaptée aux conditions difficiles sols à racines, à pierres et ou à graviers

Le chisel :est un outil de travail du sol qui permet de labourer la terre, sans la retourner en mélangeant superficiellement les matières organiques

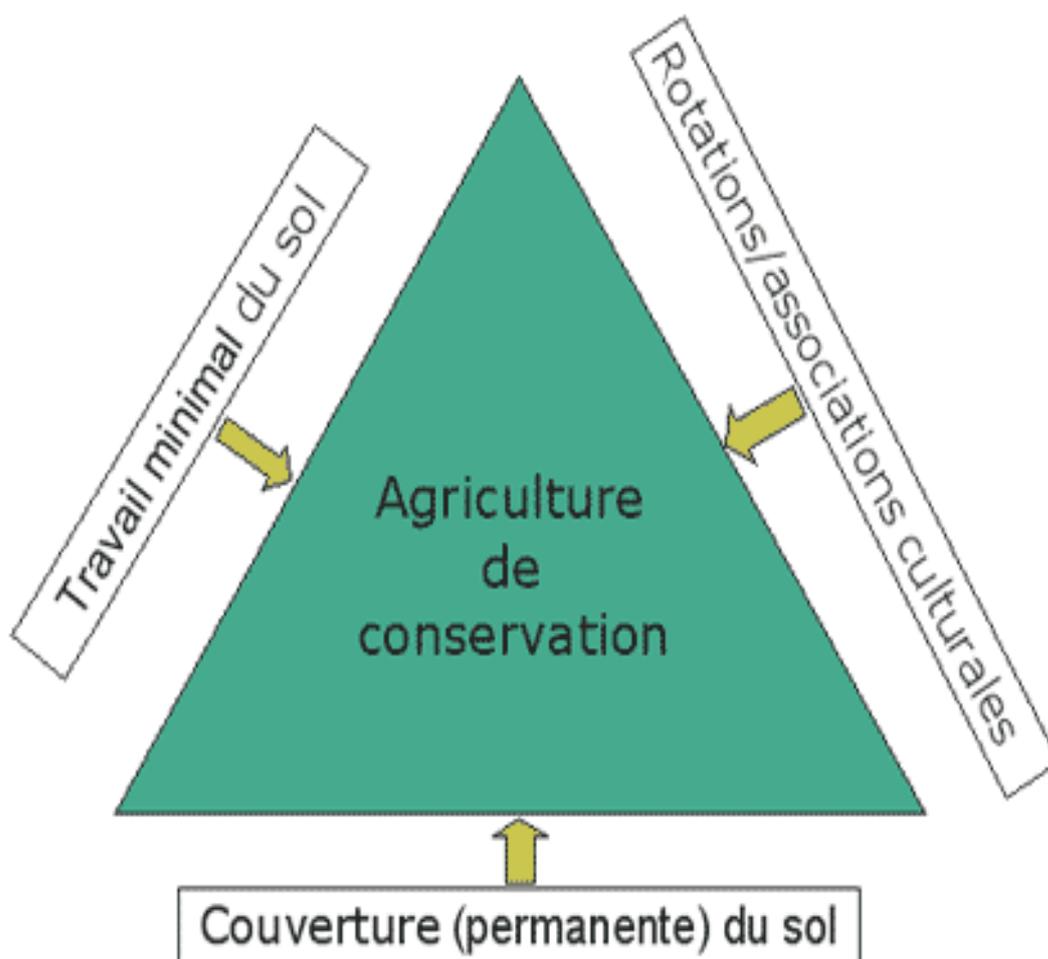


Figure :Le chisel



Figure ; Le sous-solage :est une technique agricole de travail du sol en profondeur, permettant de lui redonner de la perméabilité en améliorant le drainage naturel et la circulation capillaire horizontale de l'eau sur les sols labourés ou compactés

De nos jours, dans un contexte de changement climatique, d'incertitudes économiques et de pression sociale pour atténuer les externalités agricoles, les agriculteurs doivent adopter de nouveaux systèmes de culture pour parvenir à une production céréalière durable et rentable. L'agriculture de conservation consiste en une gamme de systèmes de culture basés sur une combinaison de trois grands principes : (1) la réduction du travail du sol, (2) la protection du sol par les résidus organiques et (3) la diversification dans la rotation des cultures.



### Réduction du travail de sol

En agriculture biologique, le travail réduit du sol améliore la fertilité du sol et augmente même parfois les rendements par rapport au labour. Sans compter que cela fait nettement diminuer les émissions de gaz à effet de serre. Mais Plus on travaille le sol, plus on perd de matières organiques. Celles-ci jouent un grand rôle dans l'activité biologique bienfaisante comme celle des bactéries, des champignons et des vers qui interviennent dans le cycle nutritif et accélèrent la décomposition des pesticides. Les matières organiques du sol jouent aussi un rôle dans les changements climatiques, puisqu'elles emmagasinent le carbone.



La réduction quasi-totale du travail du sol, par le biais du semis direct, représente pour les agriculteurs un avantage économique (diminution du temps de travail et du coût énergétique) . Cette pratique d'implantation peut également fournir des bénéfices environnementaux : minimiser et prévenir l'érosion du sol , améliorer la structure et la porosité du sol et améliorer la vie du sol, en particulier en favorisant les espèces décrites comme bénéfiques (vers de terre, carabes, etc.) . Néanmoins, le semis direct peut aussi favoriser des espèces décrites comme plus problématiques d'un point de vue de leur gestion (adventices, limaces, rongeurs, taupes) .

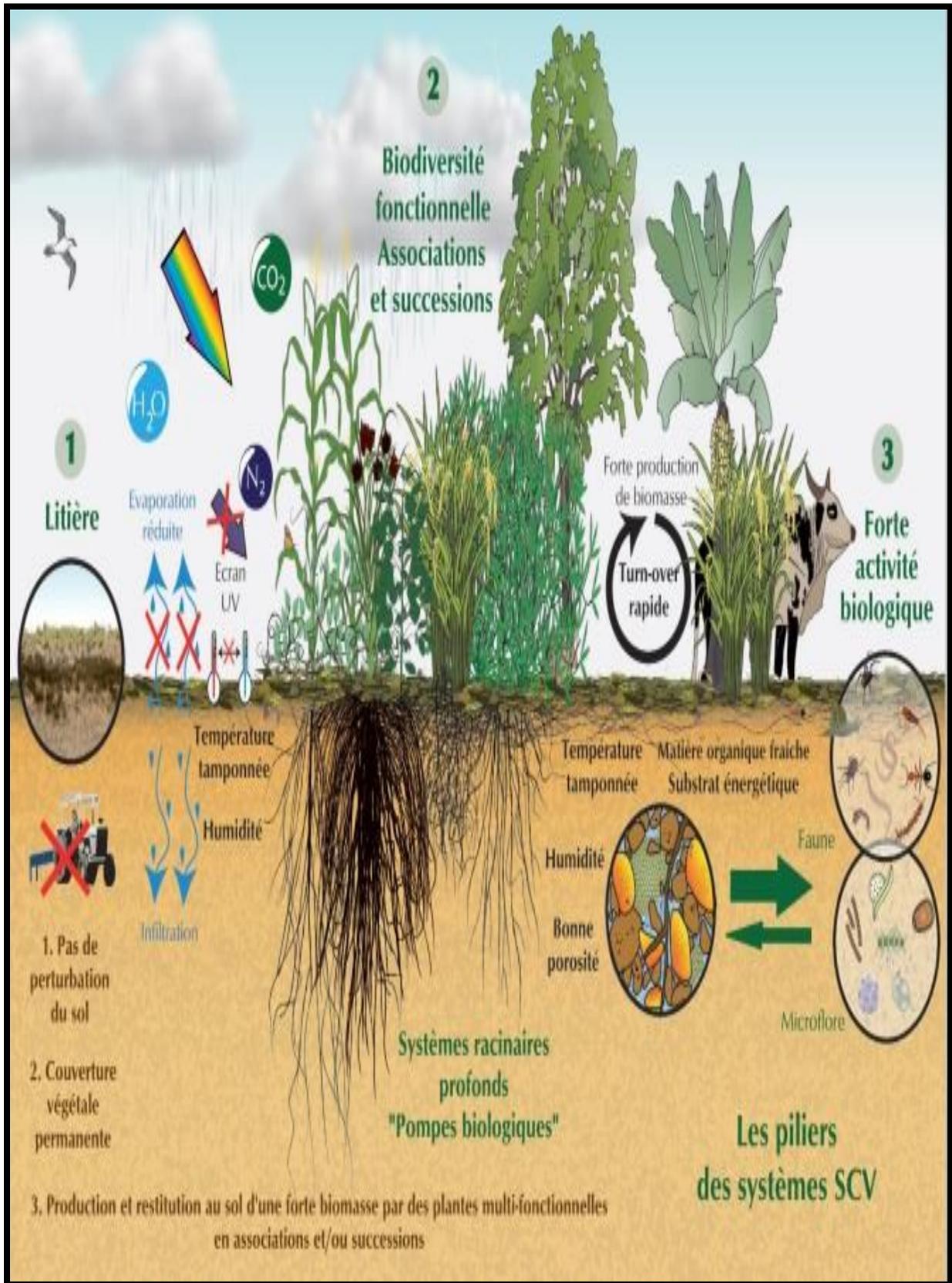
### **Les avantages de la réduction de travail du sol**

l'agriculture de conservation regroupées sous le terme d'agroécologie, notamment : qui permet de:

- Préserver leur fertilité;
- Préserver les sols de l'érosion
- Augmenter la biodiversité
- Emmagasinent le carbone

Cette agriculture repose sur quelques principes de base :

- Le travail du sol est abandonné; (reduction)
- Une couverture végétale permanente recouvre le sol;
- Une rotation des cultures stricte est adoptée.



## **Les références:**

D. GUYONNE et al. Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes : Application dans un contexte d'évaluation détaillée des risques pour les ressources en eau, BRGM, 2001.

A. MAUREL, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. Edition Lavoisier Paris.2001.

M. DJIDEL, Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla (Sahara septentrional, Algérie), thèse de doctorat en hydrogéologie, université de Badji Mokhtar d' Annaba, 2008.

T. DEBIECHE, Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, Mémoire présenté pour l'obtention de doctorat en Hydrogéologie et Environnement, U. F. R. des Sciences et Techniques de l'Université de Franche-Comté, 2002.

S. BEN CHEIKH, G. Med BILLAL, La pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla, mémoire de master en génie de l'environnement, université de K M Ouargla, 2011.

ANONYME, Qu'est-ce qu'une eau potable, Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes, 2013, P1.

PELLE, Polluants organiques courants : Caractéristiques physico-chimiques et comportement dans le milieu naturel. Rapport ANTEA A00495, 1994.

D. MYRAND et al., Guide technique, Captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, 2008.

BRGM, Conception d'un réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit d'un site de stockage de déchets, ultimes ou non. Guide méthodologique. Documents du BRGM, n° 273, 1997.

BRGM, Gestion des sites (potentiellement) pollués. Évaluation simplifiée des risques et classification des sites. Version 2. Editions BRGM, 2000.

BRGM, Gestion et traitement des sites pollués. Diagnostic approfondi et évaluation détaillée des risques. Guide technique, Editions BRGM. 2000.

P. DOMENICO, Robbins G, A new method of contaminant plume analysis. Ground Water, vol. 23, n° 4, p. 476-485, 1985.

D. GUYONNE et al. Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes : Application dans un contexte d'évaluation détaillée des risques pour les ressources en eau, BRGM, 2001.