

## Le sol et la répartition des êtres vivants : Les facteurs édaphiques

Le sol est le milieu de vie de plusieurs types d'êtres vivants animaux et végétaux , les sols sont variés par leurs caractéristiques , ce qui influe sur le type d'êtres vivant que peut abriter un sol .

- Quels sont les caractéristiques d'un sol
- Comment ces facteurs édaphiques conditionnent la répartition des êtres vivants ?

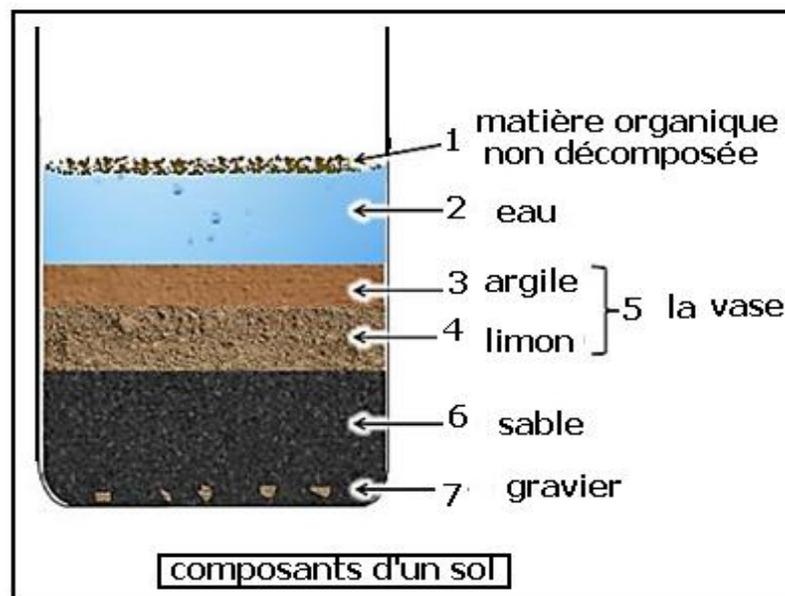
### 1- Les caractéristiques physico-chimiques d'un sol :

#### 1-1- Les composants d'un sol :

Afin de déterminer les éléments d'un sol, on peut réaliser la manipulation suivante :  
Remplir une éprouvette avec de l'eau .

Verser un échantillon du sol

Agiter et laisser décanter pendant quelques heures.

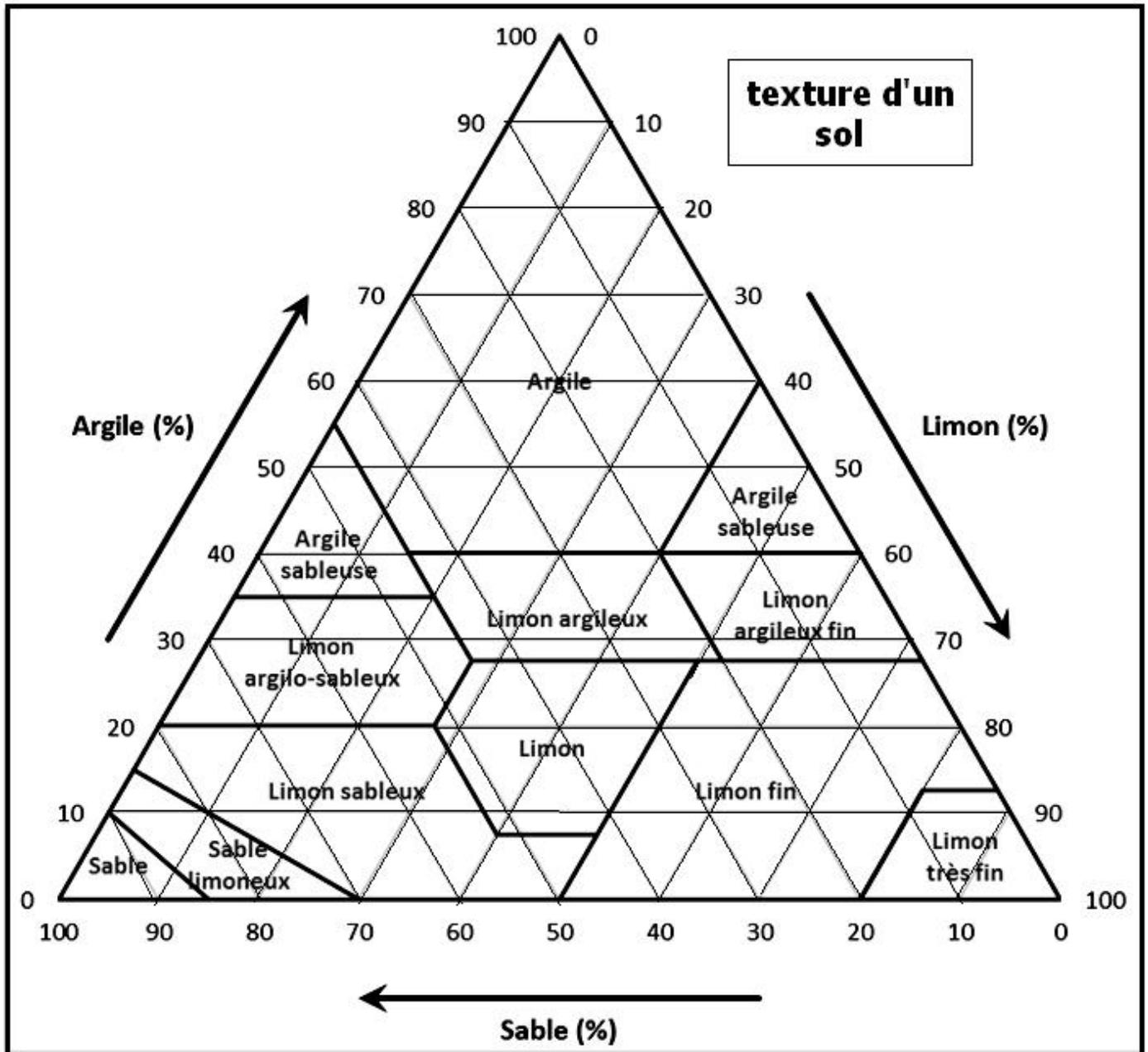


Les composants solides inorganiques du sol se distinguent par leurs tailles , on a :

éléments du sol	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Graviers	Cailloux
la taille	< 2 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$ à 20 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$ à 50 $\mu\text{m}$	50 $\mu\text{m}$ à 200 $\mu\text{m}$	200 $\mu\text{m}$ à 2 mm	2 mm à 20 mm	> 20 mm

## 1-2- La texture du sol :

Elle est déterminée par le pourcentage des éléments solides inorganiques fins du sol : l'argile , le limon et le sable .en se basant sur le triangle de la texture d'un sol .



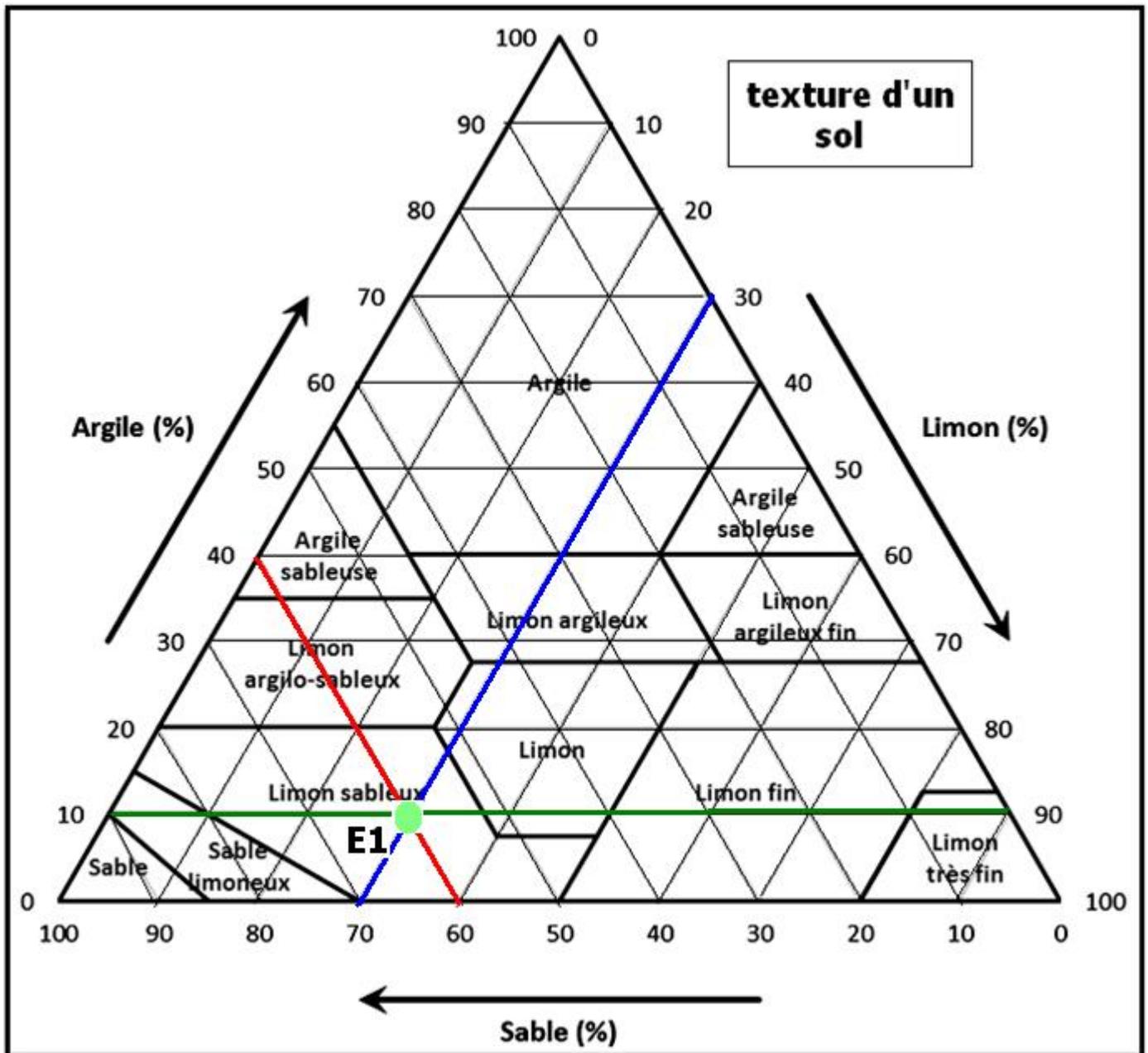
### Application :

- Prendre un échantillon du sol à étudier , faire sécher et tamiser à 2 mm pour éliminer les grands composants et récupérer les composants fins .
- Détruire les composants organiques par addition de l'eau oxygénée
- Lavage et séchage des composants inorganiques fins de l'échantillon du sol
- Tamisage à 200  $\mu\text{m}$  et 50  $\mu\text{m}$  pour isoler le sable , le limon et l'argile

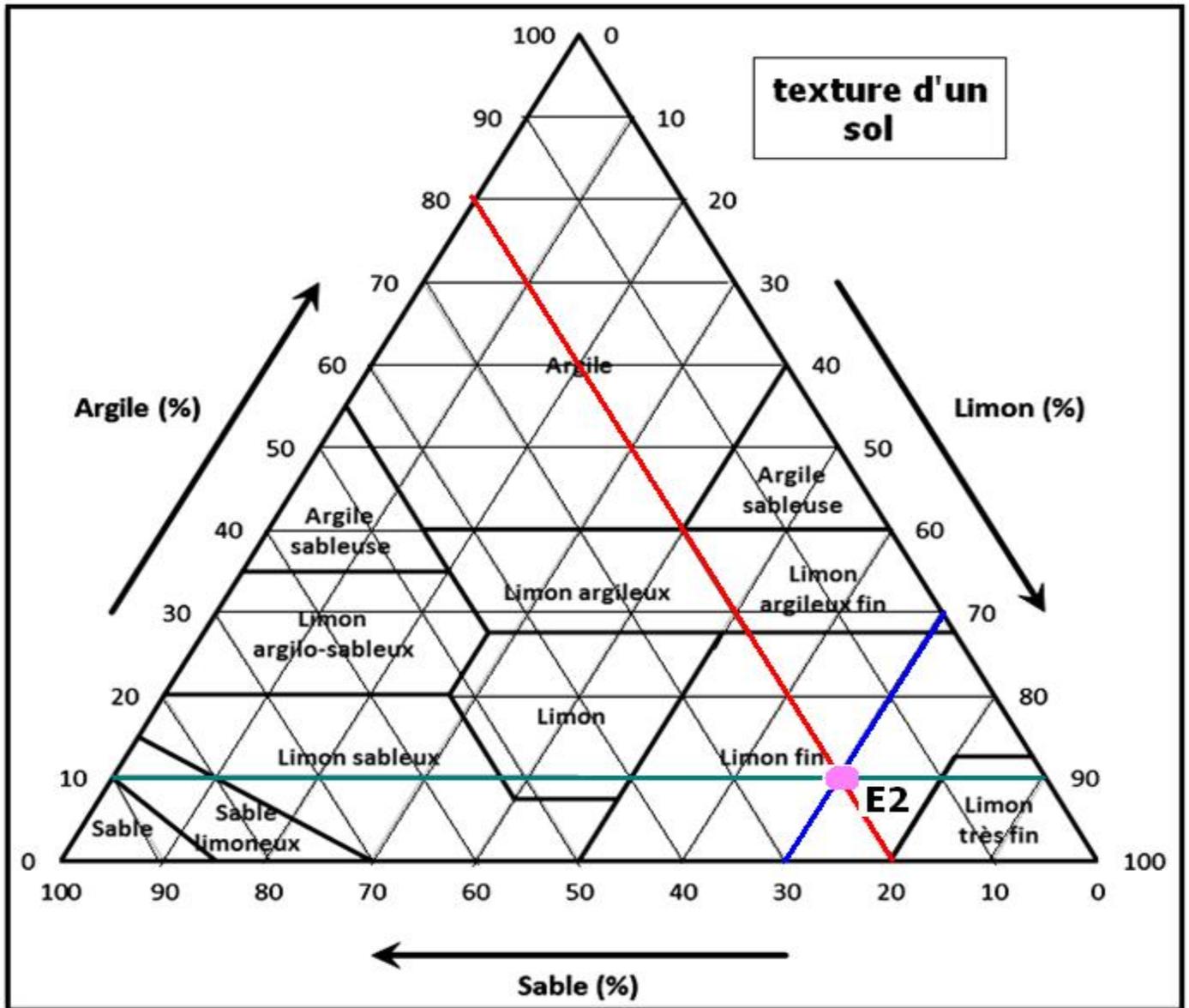
- Peser chaque composant et calculer son pourcentage :

	Echantillon 1		Echantillon 2	
	Poids en g	pourcentage	Poids en g	pourcentage
sable	30	60 %	10	20 %
limon	15	30 %	35	70 %
argile	5	10 %	5	10 %

- Déterminer la texture de chaque échantillon à l'aide du triangle des textures :



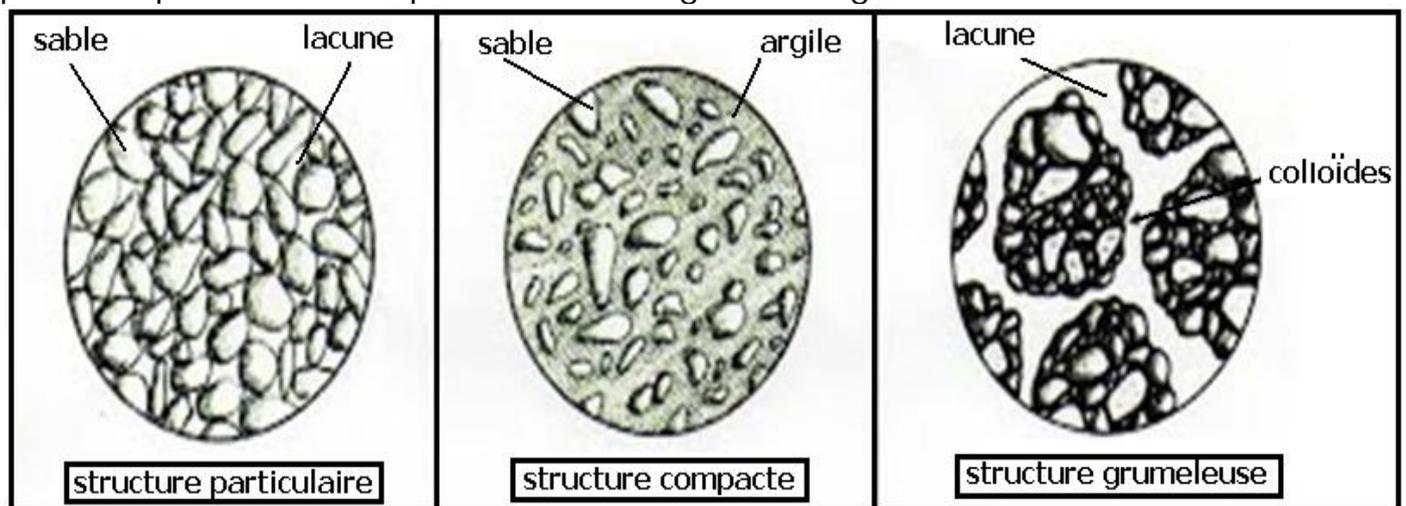
La texture sol du premier échantillon E1 est un limon sableux .



La texture du sol de l'échantillon 2 est un limon fin .

### 1-3- La structure du sol :

La structure est liée à la façon dont les particules de sable, de limon et d'argile sont disposées les unes par rapport aux autres. L'observation de différents types de sol, par la loupe binoculaire, permet de distinguer trois grandes structures :

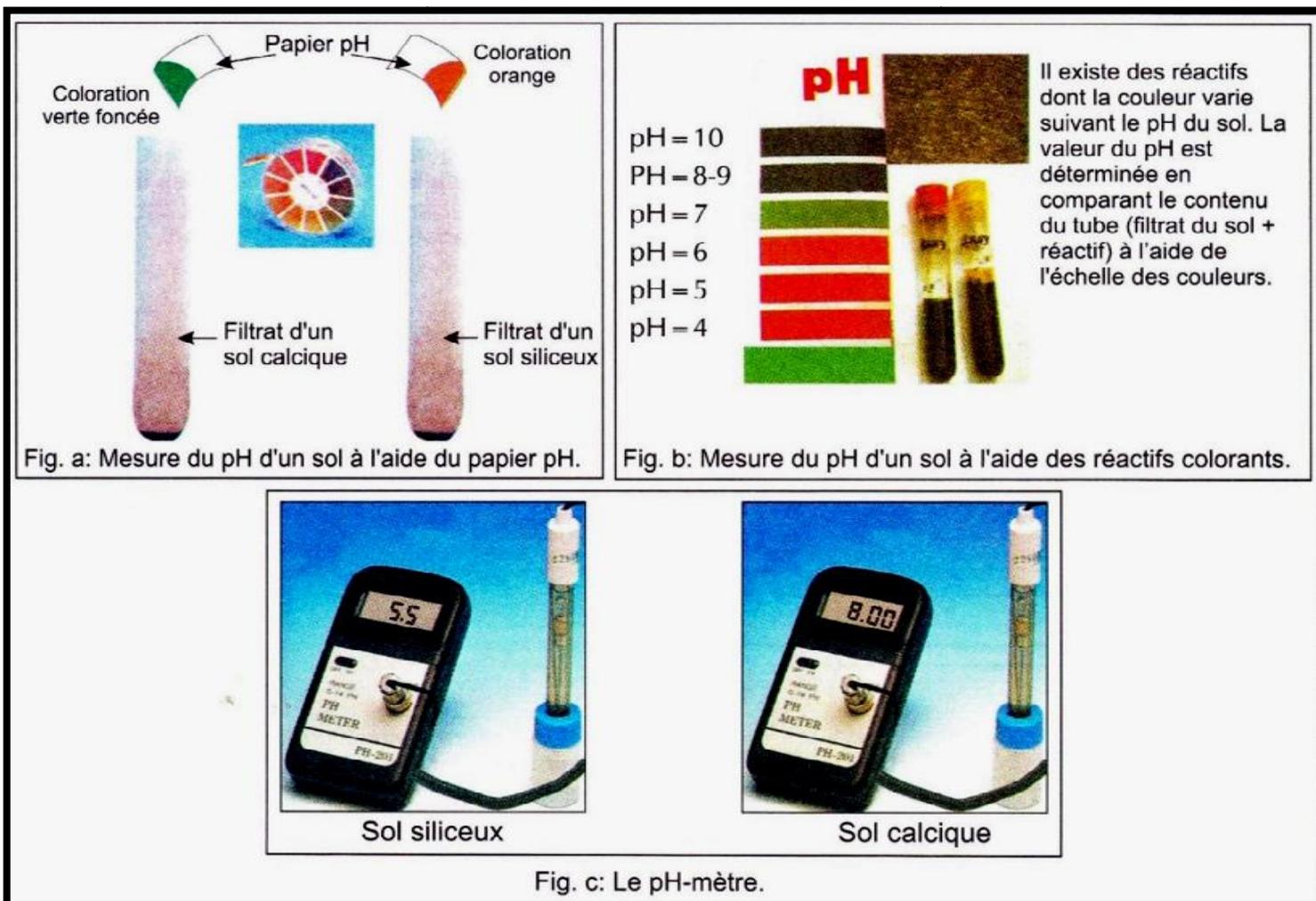


- La structure particulaire : il n'y a pas d'argile, les éléments fins ne sont donc pas liés entre eux. abondance d'espace ou lacunes entre les grains de sable . c'est une mauvaise structure qui ne permet pas au sol une bonne rétention de l'eau pour le bon développement des plantes .
- La structure compacte : les éléments fins sont liés par l'argile , absence de lacunes .  
Mauvaise structure qui ne permet pas une bonne aération du sol ,et retient de l'eau qui asphyxie les racines .
- La structure grumeleuse: les petits agrégats d'argiles et d'acide humique forment des colloïdes qui maintiennent les éléments fins. Le sol reste aéré grâce aux espaces lacunaires.  
Bonne structure qui une meilleure aération et rétention de l'eau .

### 1-4- Le pH d'un sol :

Le ph d'un sol détermine le degrés d'acidité du sol , et correspond à la concentration en cation  $H^+$  dans la solution du sol .

La valeur du pH de la solution du sol peut être déterminée par différentes techniques : papier pH , indicateurs colorés ou pH mètre .



Les sols siliceux tel que le sable sont acides à  $\text{pH} = 5.5$  , les sols calciques sont basiques à  $\text{pH} = 8$  .

### 1-5- L'eau dans le sol :

L'eau est un élément important du sol, mais sa présence et sa quantité dépend de plusieurs paramètres du sol tels que :

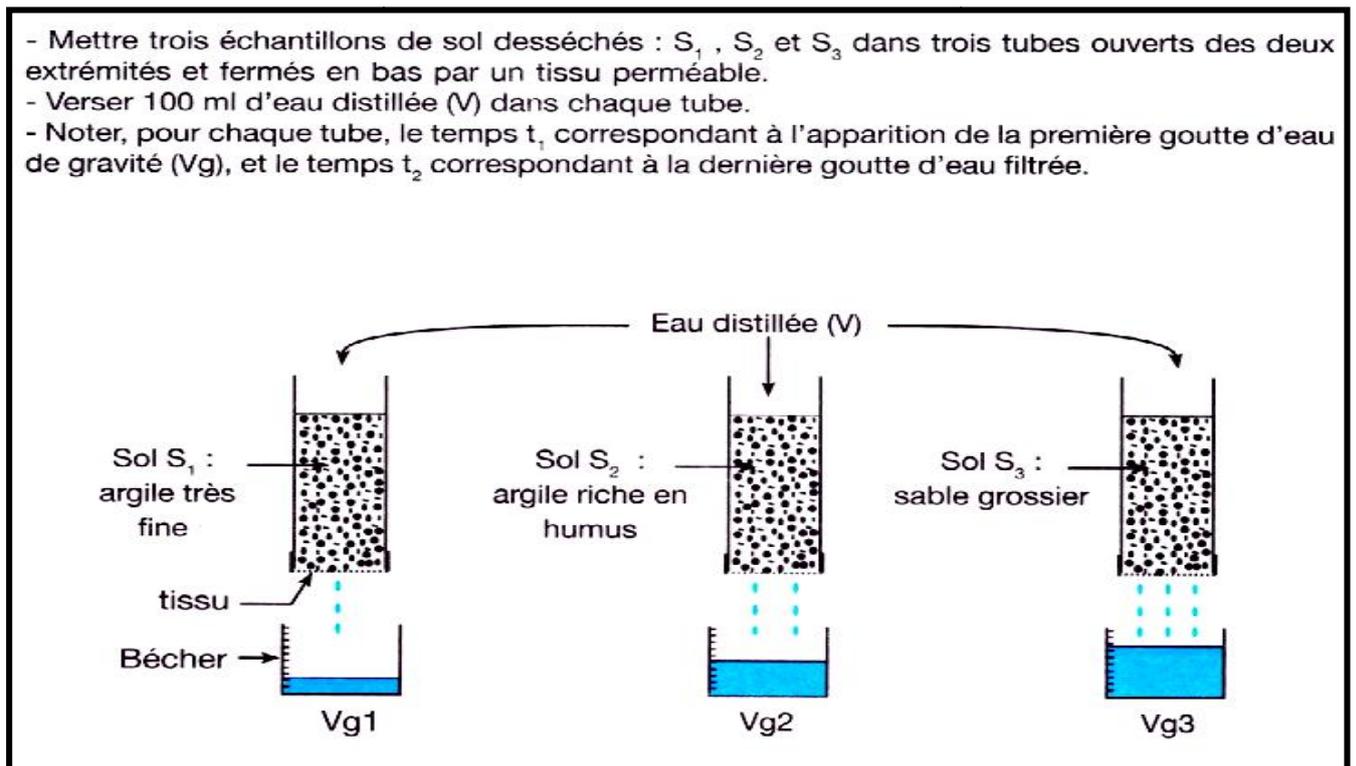
- la perméabilité du sol.
- la porosité du sol.
- La capacité de rétention de l'eau du sol.

#### a- la perméabilité d'un sol :

La perméabilité d'un sol correspond au volume d'eau qui traverse l'échantillon d'un sol desséché par unité de temps .

Pour la mesurer on procède à la manipulation suivante :

#### - Manipulation :



#### - Résultats :

	Sol $S_1$	Sol $S_2$	Sol $S_3$
Volume d'eau de gravité (Vg) en ml	70	80	88
Temps d'écoulement d'eau en min ( $t_2 - t_1$ )	15	7	6

- 1- Calculer la perméabilité de chaque échantillon de sol ?
- 2- Interpréter les résultats obtenus ? que peut-on conclure ?

- **Exploitation :**

1- Calcule de la perméabilité ( P ) :

$$P = \frac{Vg}{t_2 - t_1}$$

- Sol S1 :

$$P = \frac{70}{15} = 4.66 \text{ ml/mn}$$

- Sol S2 :

$$P = \frac{80}{7} = 11.42 \text{ ml/mn}$$

- Sol S3 :

$$P = \frac{88}{6} = 14.66 \text{ ml/mn}$$

2- P de S1 est inférieur à P de S3 , les éléments fins ne laissent pas l'eau s'écouler facilement , alors les éléments grossiers la laissent s'écouler librement .

Plus la taille des composants du sol est grande plus la perméabilité est importante .

Bien que S1 et S2 sont formés d'argile ,P de S2 est plus importante que P de S1 , la présence d'humus améliore la perméabilité d'un sol grâce au colloïdes qui transforme la structure compacte de l'argile en structure grumeleuse .

**b- La porosité d'un sol :**

La porosité d'un sol correspond à l'ensemble des pores du sol occupés par les éléments liquides et gazeux .

- **Mesure de la porosité :**

Le montage suivant permet de mesurer la porosité des sols S1 , S2 et S3 précédents selon les étapes suivantes :

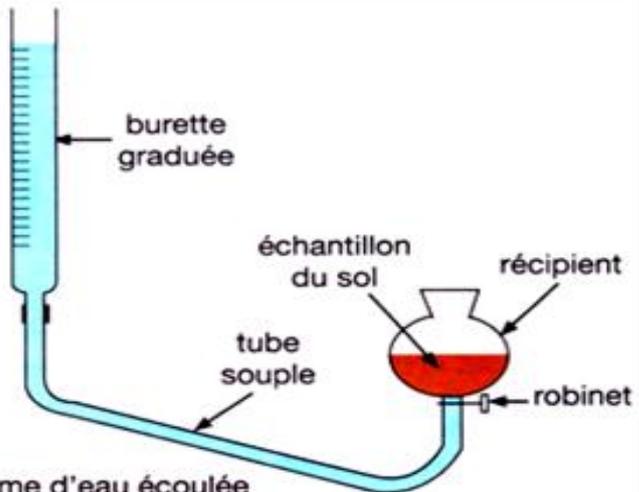
- Mettre un échantillon du sol dans le récipient du montage.
- Verser un volume d'eau dans la burette graduée.
- Ouvrir le robinet, l'eau monte dans l'échantillon du sol
- Fermer le robinet quand l'eau arrive à la surface de l'échantillon du sol.
- Noter le volume d'eau écoulée au niveau de la burette graduée.

Pour calculer le pourcentage de la porosité du sol, on utilise la formule :

$$\text{Porosité(\%)} = \frac{V_{\text{pores}}}{V_{\text{total du sol}}} \times 100$$

$V_{\text{pores}}$  : volume d'eau écoulée

$V_{\text{total du sol}}$  : volume total de l'échantillon du sol



- Résultats :

	Échantillon S <sub>1</sub>	Échantillon S <sub>2</sub>	Échantillon S <sub>3</sub>
Volume total de l'échantillon du sol en cm <sup>3</sup>	500	500	500
Volume d'eau écoulée en ml	80	120	300

- 1- Calculer la porosité des 3 sols ?
- 2- Interpréter ces résultats et conclure ?

- Exploitation :

- 1- Calcule de la porosité des sols (Pr) :

$$\text{Sol S1 : Pr} = \frac{80}{500} \times 100 = 16 \%$$

$$\text{Sol S2 : Pr} = \frac{120}{500} \times 100 = 24 \%$$

$$\text{Sol S3 : Pr} = \frac{300}{500} \times 100 = 60 \%$$

- 2- La porosité d'un sol grossier est supérieure à celle d'un sol fin  
L'humus augmente la porosité d'un sol fin .

c- La capacité de rétention de l'eau d'un sol :

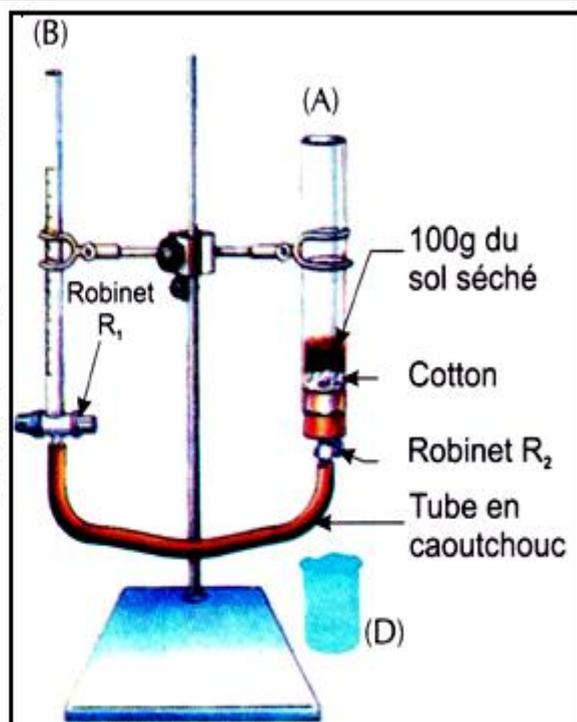
C'est le volume d'eau retenu ( Vr ) par un échantillon de sol séché , après dégagement de l'eau par gravité ( Vg ) de l'échantillon saturé d'eau ( v ) .

- Mesure de Vr :

Pour mesurer la capacité de rétention de l'eau par le sol, on réalise l'expérience suivante :

- On sèche des échantillons du sol pendant 24h à l'étuve à 105°C, ensuite on suit les étapes suivantes pour chaque échantillon du sol :
- On met 100g de l'échantillon du sol sec dans le tube (A) ;
- On remplit la burette graduée (B) avec de l'eau après avoir fermé le robinet (R<sub>1</sub>) ;
- En ouvrant le robinet (R<sub>1</sub>), l'eau monte progressivement dans le sol, et quand le niveau de l'eau atteint la surface on ferme (R<sub>1</sub>) on note le volume d'eau (V) coulant de (B) vers (A).
- On retire le tube en caoutchouc (C) du robinet (R<sub>2</sub>), puis on l'ouvre ce qui permet à l'eau de couler dans le bécher gradué (D) sous l'effet de la gravité. Et quand l'écoulement s'arrête, on note le volume d'eau de gravité (Vg) dans le bécher (D) puis on calcule la capacité de rétention de l'eau comme suit :

$$V_r = V - V_g$$



- Résultats :

	S1 sol argileux	S2 sol sableux
V ( ml )	15	30
Vg ( ml )	3	25

- 1- Calculer Vr pour chaque type de sol ?
- 2- Interpréter ces résultats ? que peut-on conclure ?

- Exploitation :

- 1- Calcule de Vr :

Sol S1 :  $V_r = V - V_g = 15 - 3 = 12 \text{ ml}/100 \text{ g}$

Sol S2 :  $V_r = V - V_g = 30 - 25 = 5 \text{ ml}/100 \text{ g}$

- 2- Vr de l'argile est plus importante que Vr du sable , plus la taille des composants du sol est grande plus sa capacité de rétention de l'eau est faible .

d- Les formes de l'eau dans le sol :

Dans le sol l'eau est sous 3 formes :

L'eau gravitaire : c'est une eau qui circule librement dans la macroporosité du sol à diamètre supérieur à 2 mm , et se déplace essentiellement vers le bas sous l'effet de la gravité.

L'eau capillaire : c'est l'eau retenue par les micropores du sol entre 2 mm et 0.8  $\mu$  . cette eau absorbable par les racines des plantes .

L'eau hygroscopique : retenue sous forme de films très minces autour des particules terreuses, cette eau n'est pas absorbable par les racines des plantes. Quand le sol ne retient que cette eau les plantes flétrissent , et on peut calculer le point de flétrissement permanent d'une plante :

$$\text{point de flétrissement permanent d'une plante} = \frac{\text{quantité d'eau dans le sol au début du flétrissement permanent de la plante}}{\text{le poids du sol au début du flétrissement permanent de la plante}} \times 100$$

- Application :

Pour déterminer la quantité de chaque type d'eau dans un sol , on a réalisé les expériences suivantes :

Expérience 1 : on verse de l'eau sur un échantillon séché du sol jusqu'à saturation , la pesée de l'échantillon gorgé d'eau a donné le poids P1 = 195.5 g

Expérience 2 : on laisse l'échantillon s'égoutter pendant quelques heures , son nouveau poids P2 = 149 g

Expérience 3 : on place une plantule dans cet échantillon , la plantule se développe normalement pendant quelque , quand elle commence à flétrir , on pèse l'échantillon de sol , P3 = 131.5 g

Expérience 4 : l'échantillon de sol est placé dans un four à 100°C pendant quelques heures , après sa dessiccation sont poids P4 = 100 g .

- 1- Calculer le volume de chaque type d'eau que peut contenir cet échantillon de sol ?
- 2- Calculer le point de flétrissement permanent de la plantule utilisée ?

- **Solution :**

- 1- Eau de gravité = P1 – P2 = 195.5 – 149 = 46.5 ml  
 Eau de capillarité = P2 – P3 = 149 – 131.5 = 17.5 ml  
 Eau hygroscopique = P3 – P4 = 131.5 – 100 = 31.5 ml

2- Le point de flétrissement permanent de la plantule =  $\frac{31.5}{131.5} \times 100 = 24 \%$

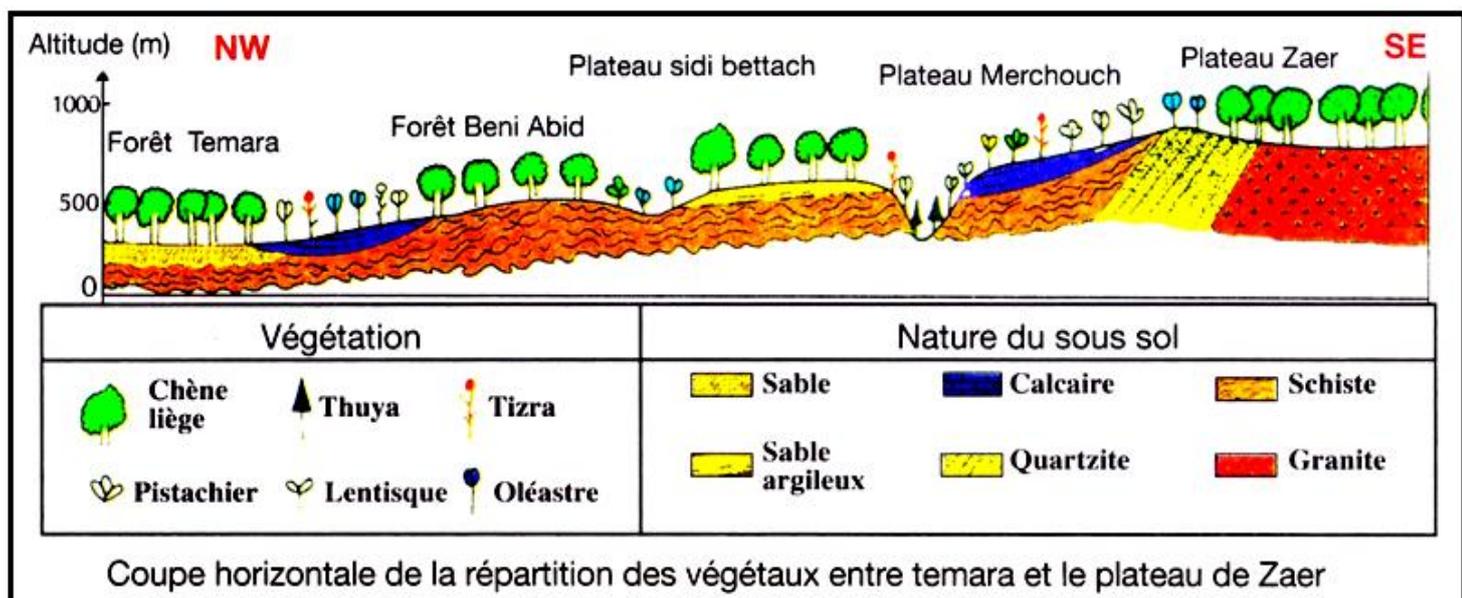
## 2- Influence des caractéristiques du sol sur la répartition des êtres vivants :

### 2-1- la répartition des végétaux :

#### a- Exemple 1 : le chêne liège :

#### - Observation 1 :

Le chêne liège forment des forêts dans différentes région du nord du Maroc , observons la nature du sol de ces forêts :



Le chêne liège s'installe sur les sols siliceux acides : sable , quartzite , schiste et granite , et disparaît sur les sols calcaires basiques .  
 Pourquoi cette répartition ?

**- Expérience 1 :**

Afin de déterminer l'effet de la nature du sol sur la croissance du chêne liège , on analyse les résultats des expériences suivantes :

Expériences		Résultats
1- Planter un jeune chêne liège dans le sol de la forêt de Temara		Bonne croissance de la plantule 
2- Planter un jeune chêne liège dans le sol de la forêt de Temara + Calcaire		La plantule a cessé de croître et flétrit 
3- Planter un jeune chêne liège dans le sol Calcaire de la forêt de Marchouch		Flétrissement de la plantule 

Expériences de la culture du chêne liège dans des sols différents

La plantule ne croît normalement qu'en absence du calcaire , le chêne liège fuit le calcaire , il est qualifié de plante calcifuge et aime les sol acides siliceux , il est qualifié de plante acidophile .

Pourquoi les plantes calcifuges fuient le calcaire ?

**- Expérience 2 :**

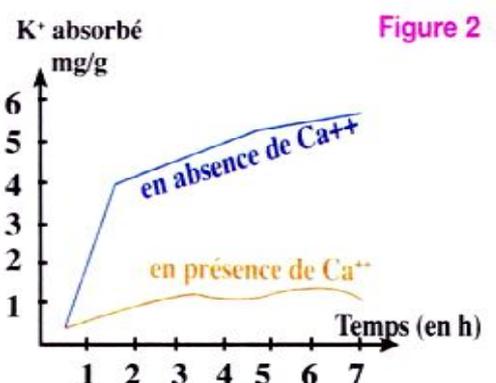
Dans le but de connaître l'influence de l'acidité (pH) du sol sur la croissance et la répartition du végétal, on réalise les expériences suivantes :

**- Expérience 1 :** On cultive deux espèces légumineuses (Lupinus luteus et Vicia faba) dans les conditions de pH du sol différentes comme l'indique le tableau suivant :

Espèces végétales	Conditions du milieu de culture	
	Sol sableux ( pH=5,2)	Sol calcaire ( pH=8,1)
Lupinus luteus	Croissance normale	Croissance anormale
Vicia faba	Croissance anormale	Croissance normale

**- Expérience 2 :** On mesure la quantité de calcium ( $Ca^{++}$ ) absorbée par chaque plante en fonction du pH du milieu de culture ( figure 1) .

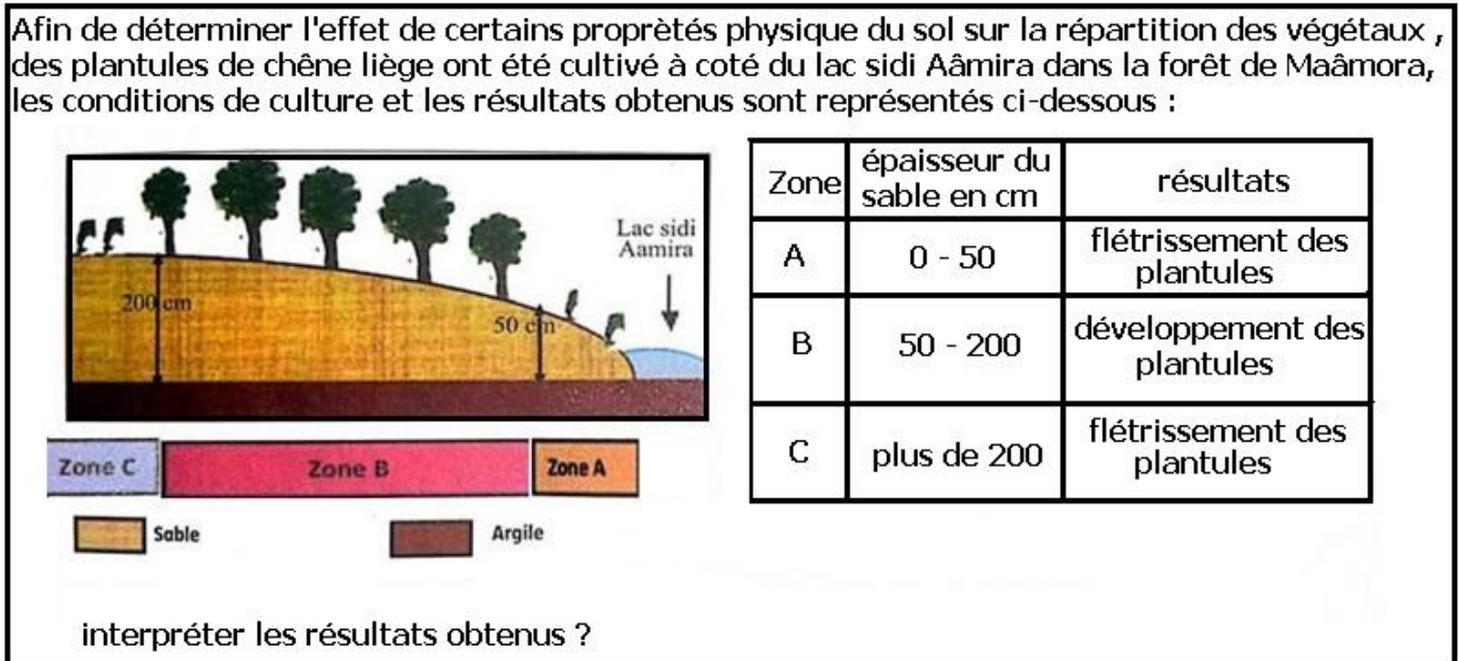
**- Expérience 3 :** On mesure la vitesse d'absorption des ions  $K^+$  par les racines de la plante Lupinus luteus en fonction de la concentration des ions  $Ca^{++}$  dans le sol (figure 2).



Lupinus luteus est une plante acidophile calcifuge ,parce que le sol basique calcaire lui permet d'absorber beaucoup d'ions  $Ca^{2+}$  , et très peu de  $K^+$  nécessaire à sa croissance .

Vicia faba est une plante calcicole qui fuit les sol acides et préfère les sols calcaires basiques qui lui permettent une absorption normale stable des ions .

- Observation 2 :



Le chêne liège peut se développer sur les horizons sableux a faible rétention en eau dont la profondeur comprise entre 50 et 200 cm et qui sont au-dessus du sol argileux caractérisé par leur capacité de rétention en eau élevée. qui permet une humidification continue de l'horizon sableux .

Mais il ne peut se développer directement sur du sol argileux à cause de l'asphyxie de ses racines , ou sur du sol sableux de grande profondeur à cause du manque d'eau .

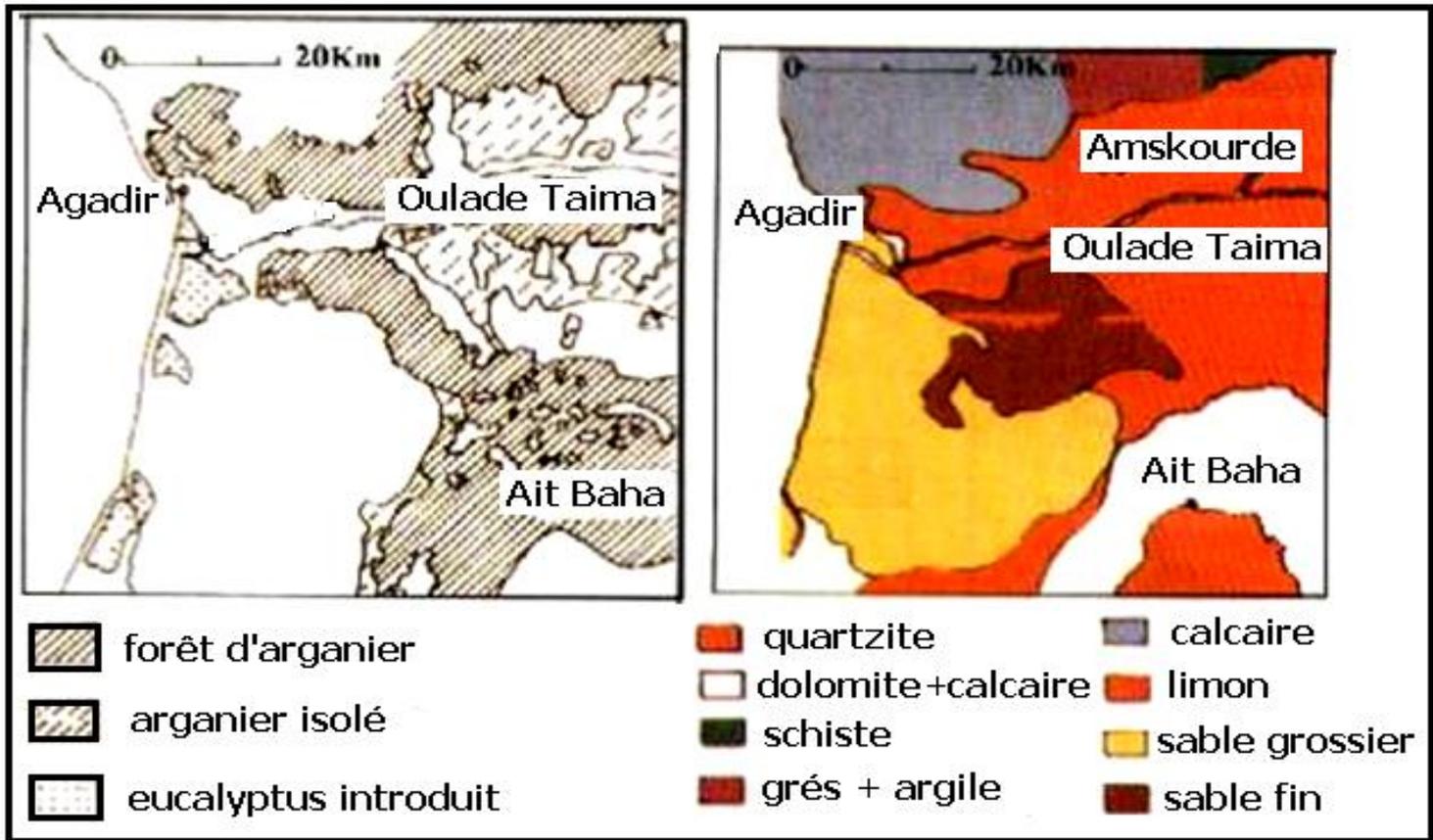
- Conclusion :

Les caractères physico-chimiques du sol sont les responsables de la répartition des végétaux .

b- Exemple 2 : l'arganier

- Observation :

Le document suivant représente la répartition de l'arganier dans le bassin de Sousse et la nature du sol de ses différentes forêts :



l'arganier s'installe sur différents types de sol calcaire , sableux etc

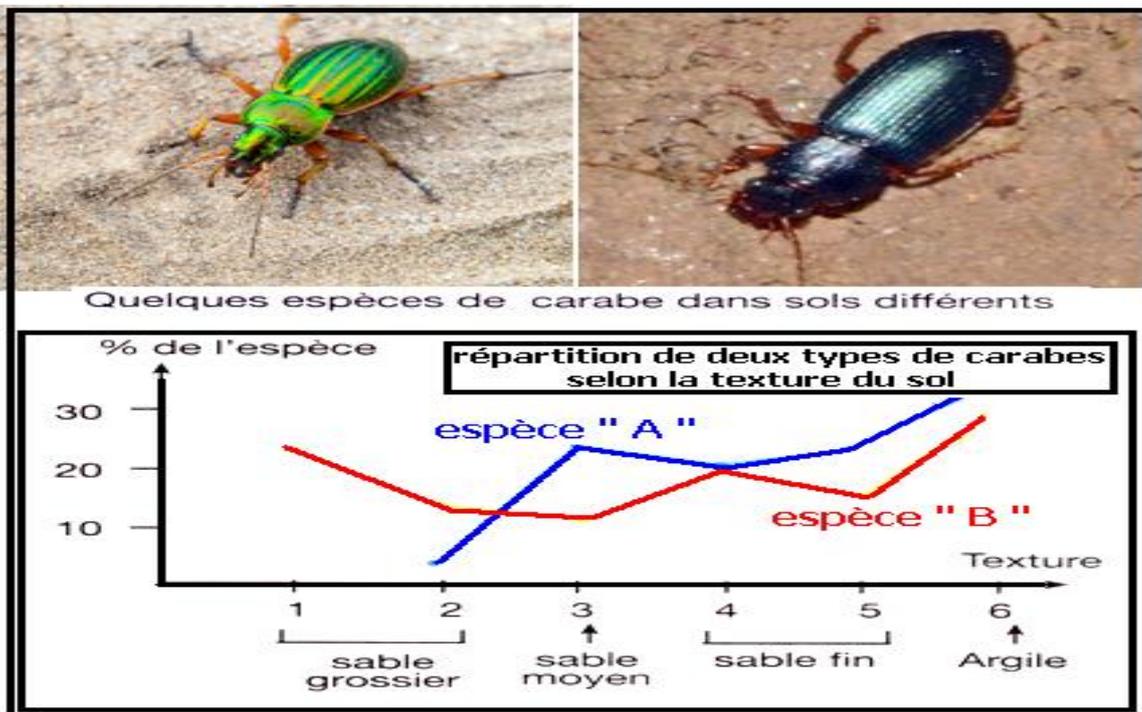
- **Conclusion :**

Les plantes qui occupent n'importe quel type de sol sont qualifiées de plantes indifférentes .d'autres facteurs écologiques conditionnent leurs répartitions .

2-2- la répartition des animaux :

a- Exemple 1 : le carabe

Le carabe est un petit insecte de 1 à 3 cm de long , plusieurs espèces de cet animal vivent dans le sol , l'étude de la répartition de deux espèces de carabe selon la texture du sol a donné le résultat suivant :



Analyser les résultats obtenus ?

L'espèce A n'habite pas le sable grossier et s'installe surtout dans le sable fin et l'argile

L'espèce B se trouve dans toute les textures du sol et avec abondance dans le sable grossier et dans l'argile .

### b- Exemple 2 : le lombric

le document suivant représente la répartition de 3 espèces de lombric en fonction du pH du sol :

analyser ce résultat ?

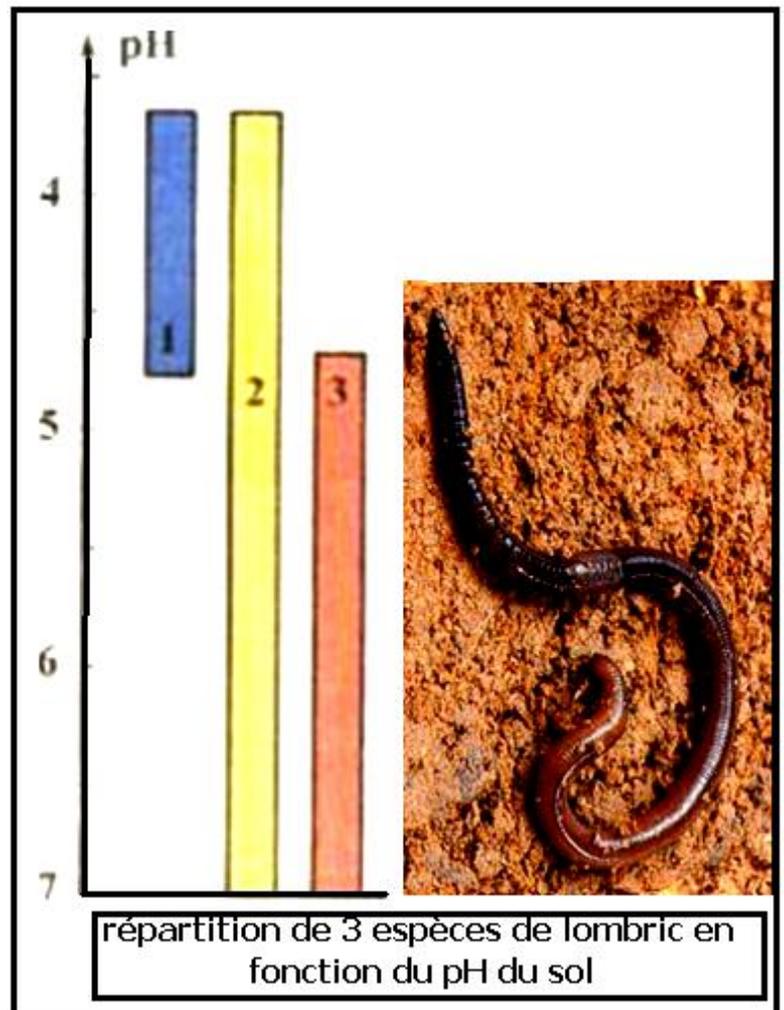
l'espèce 1 vit dans le sol à pH acide de 3.5 à presque 5 son exigence en pH est très étroite .

l'espèce 3 vit dans le sol à pH légèrement acide à neutre

l'espèce 2 vit dans les sols à pH acide 3.5 jusqu'à neutre 7 , elle n'est pas très exigeante en pH .

### c- Conclusion :

Les caractéristiques physico-chimiques du sol déterminent la répartition des animaux .

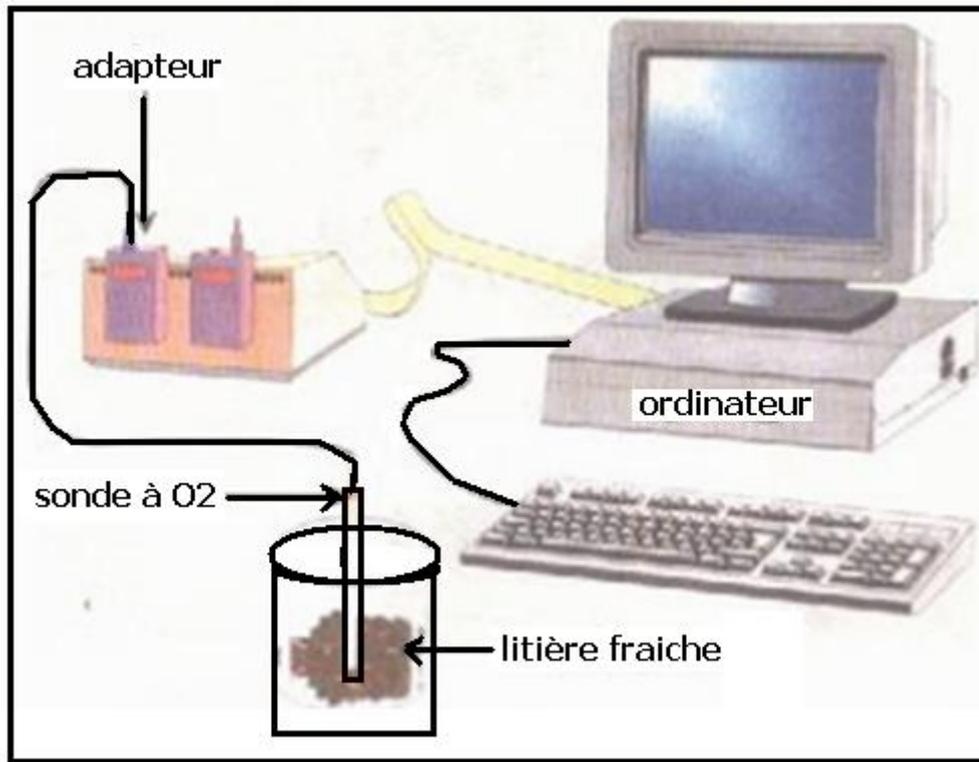


## 3- Le rôle des êtres vivants dans l'évolution d'un sol :

### 3-1- mise en évidence de la présence d'êtres vivants dans le sol :

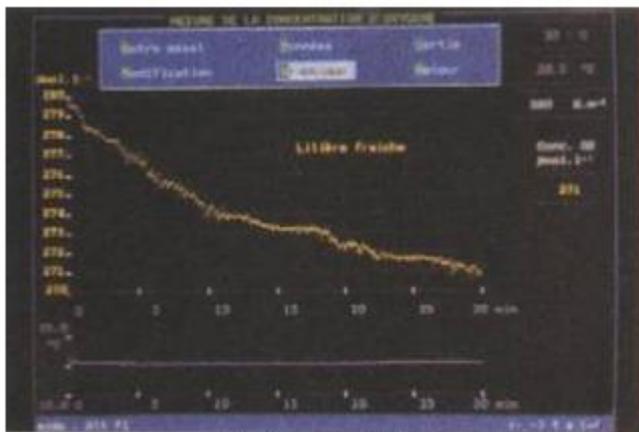
#### a- Expérience :

Grace à la technique EXAO on peut mesurer l'évolution de la quantité de  $O_2$  dans un échantillon de sol frais ( litière ) par une sonde détectrice de  $O_2$  , en utilisant le montage expérimental suivant :



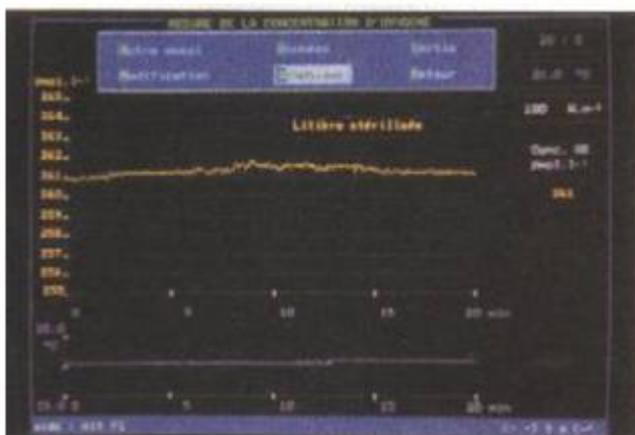
### b- Résultats :

Sur l'écran de l'ordinateur se trace la courbe de l'évolution de la quantité de  $O_2$  en fonction du temps :



avec une litière fraîche naturelle

La quantité de dioxygène diminue progressivement en fonction du temps



avec une litière fraîche stérilisée à 100°C

La quantité de dioxygène reste stable en fonction du temps

### c- Interprétation :

La diminution de la quantité de dioxygène dans le premier cas indique sa consommation par des êtres vivants pendant leur respiration

La stabilité de la quantité de dioxygène dans le deuxième cas indique un arrêt de la respiration à cause de 100° qui tue les êtres vivants

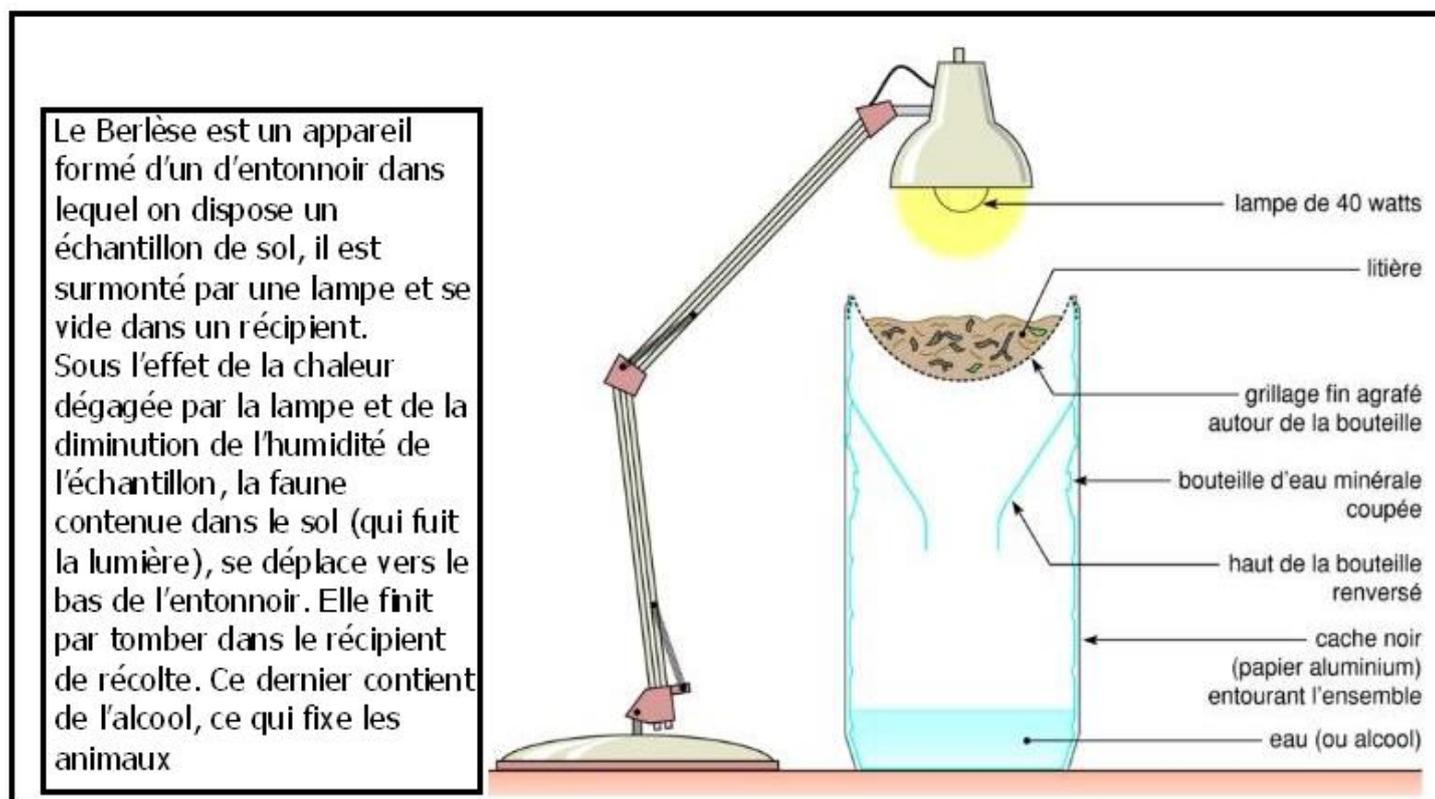
### d- Conclusion :

Dans le sol vivent des êtres vivants qui respirent .

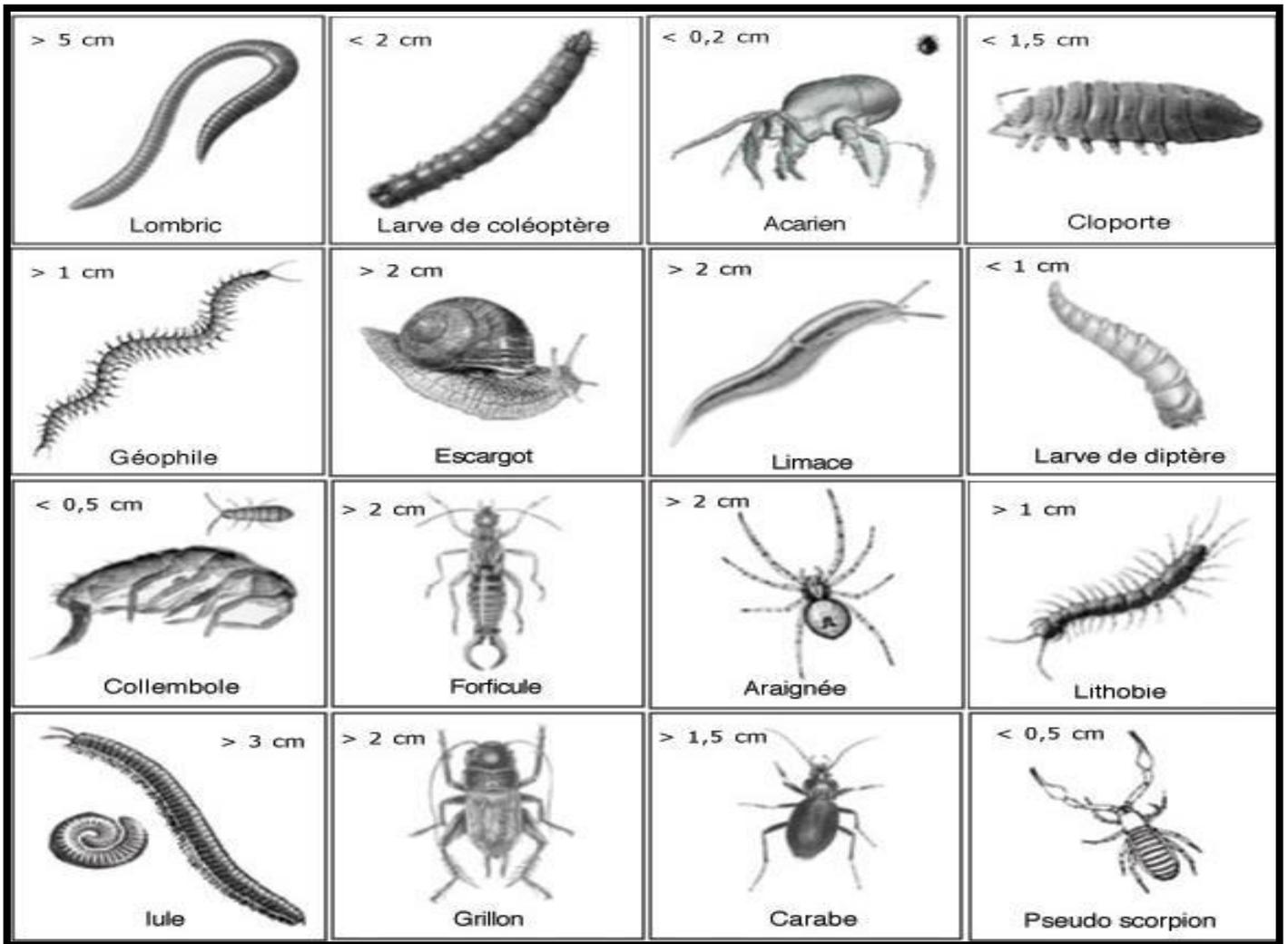
## 3-2- extraction des êtres vivants du sol :

### a- Extraction de la faune du sol :

La faune du sol c'est l'ensemble des êtres vivants animaux qui vivent dans le sol , pour les extraire on utilise le Berlèse :

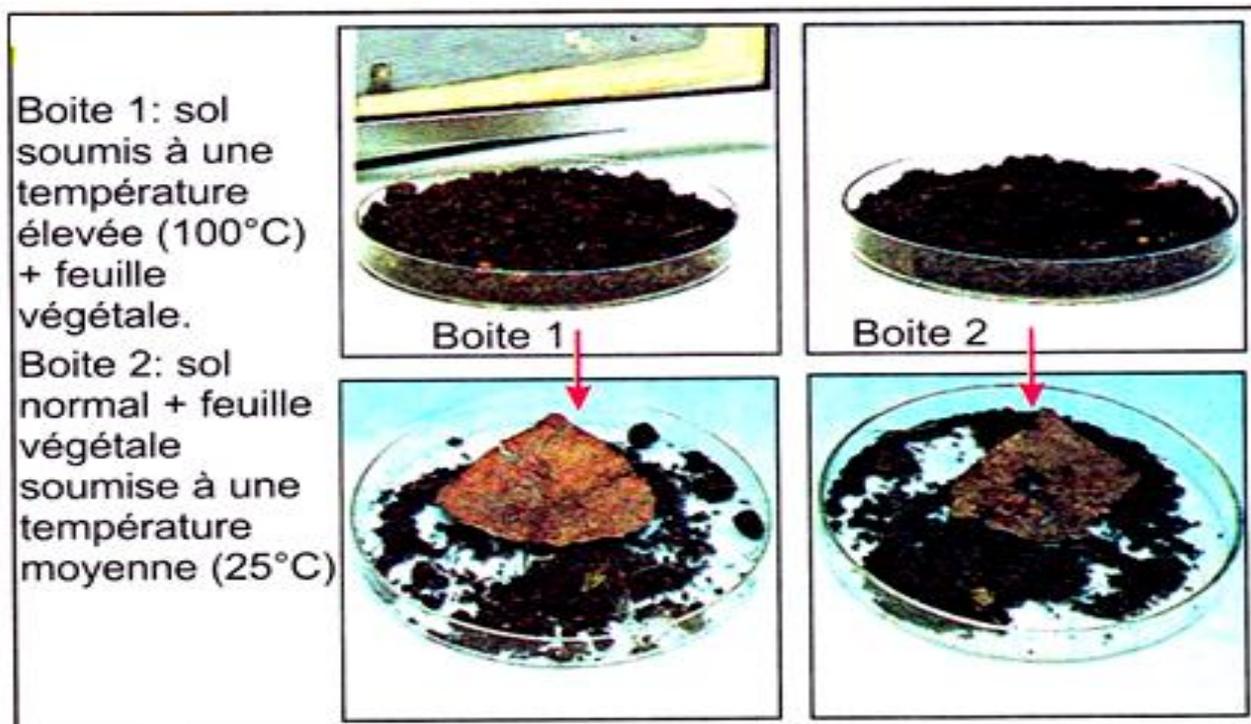


L'observation de la récolte montre une grande variété d'espèces animales :



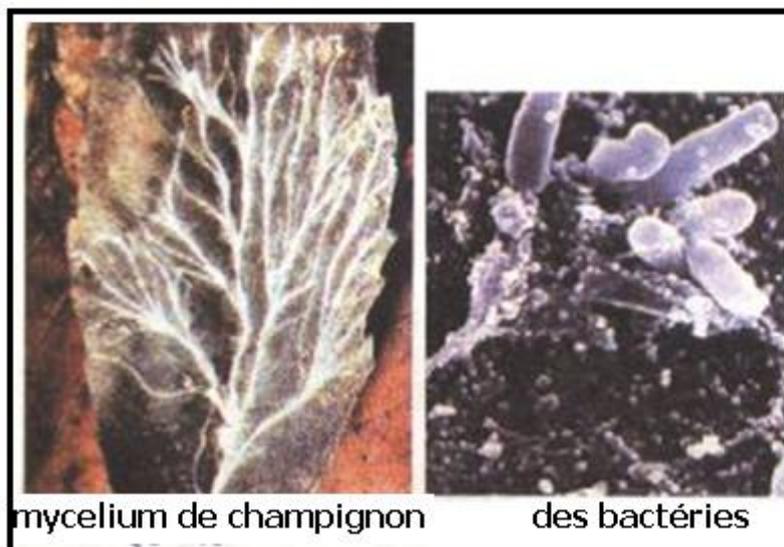
### b- La flore du sol :

C'est l'ensemble d'êtres vivants végétaux microscopiques qui vivent dans le sol .  
pour les mettre en évidence , on réalise l'expérience suivante :



Dans la boîte 1 stérile la feuille végétale est restée intacte , alors que dans la boîte 2 normale , la feuille végétale est dégradée et altérée .

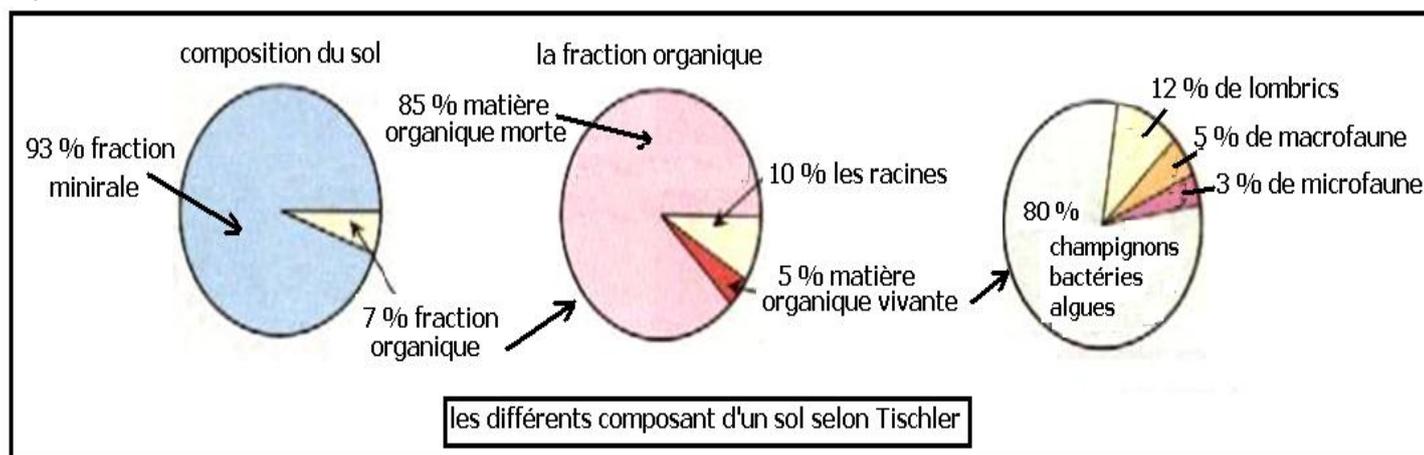
L'observation au microscope de la feuille altérée montre :



Le sol abrite une grande variété de champignons microscopiques , de bactéries et d'algues .

**c- Remarque :**

Selon Tischler , le sol est constitué de 7% de matière organique morte et vivante répartie comme suit :



La microflore est les lombrics forment la partie vivante la plus importante du sol .

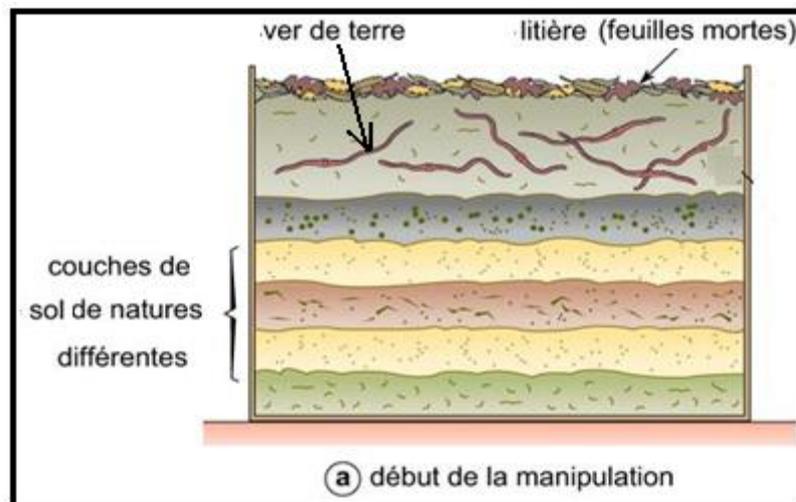
**3-3- l'action des êtres vivants sur le sol :**

**a- Action des Lombrics ou vers de terre :**

**- Expérience 1 :**

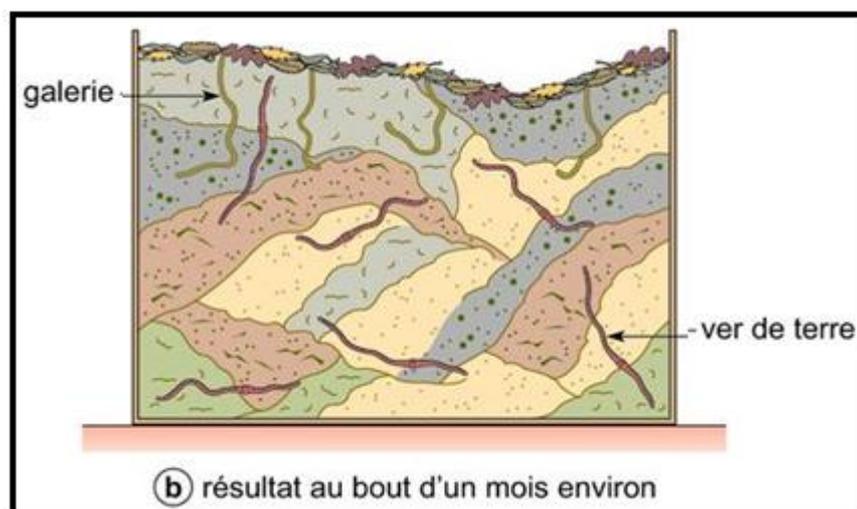
Pour observer l'action des vers de terre, on place, entre deux vitres, des couches de sol de natures différentes, avec de la litière en surface, et on y introduit des

lombrics. On recouvre l'ensemble de carton ou de papier noir pour créer l'obscurité. Une humidité constante est maintenue. (fig. a)



- résultats :

Après un certain temps , on peut observer l'action des lombrics. (fig. b) :



- conclusion 1 :

Le déplacement des lombrics dans le sol permet :

- de dissocier les grandes particules du sol
- de crée des galeries qui permettent le drainage de l'eau , l'aération du sol et facilite l'enracinement des plantes
- un brassage des différents niveaux du sol

l'ensemble de ces actions sont appelés actions mécaniques .

- expérience 2 :

en se déplaçant dans le sol , les lombrics avalent du sol et rejettent des déjections , on compare la composition chimique du sol et des déjections à la même profondeur.

- Résultat :

	La quantité en g/kg	
	dans le sol	dans les déjections
Calcium (Ca)	1,99	2,79
Phosphore(P)	0,009	0,067
Azote (N)	0,004	0,022
Potassium (K)	0,032	0,35

- Conclusion 2 :

Les lombrics enrichissent le sol en sel minéraux , c'est une action chimique .

b- La formation de l'humus :

C'est une activité qui se passe dans les niveaux supérieur du sol , en 3 étapes :

- La désintégration de la litière :

La litière est formée par l'accumulation des restes d'êtres vivants ( branches et feuilles mortes , excréments et cadavres d'animaux etc ) à la surface du sol .

Ces composants de la litière sont découpés en petits fragments par la faune du sol surtout les insectes et les lombrics , cette activité est appelée désintégration .

- L'humification :

processus de transformation de la matière organique en humus , sous l'influence des enzymes produit par la microfaune et la microflore , cette digestion produit de grandes molécules telle que les acides humiques qui se mélangent au composants inorganiques du sol formant une réserve importante de la matière organique dans le sol , et assurant l'apparition de la structure glomérulaire du sol par interaction entre les acides humiques porteurs de charges négatives les di cations comme  $\text{Ca}^{2+}$  et les molécules d'argiles porteuse de charges négatives , ce qui constitue les complexes argilo-humiques responsable de la structure glomérulaire .

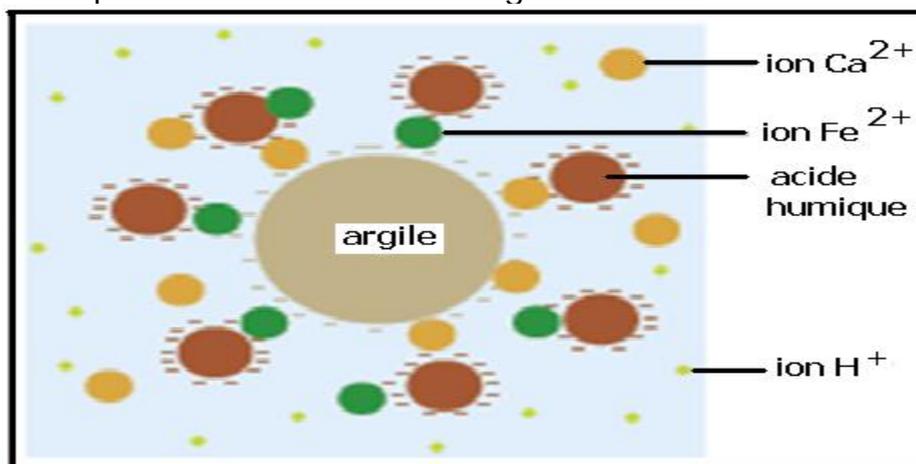


schéma du complexe argilo-humique

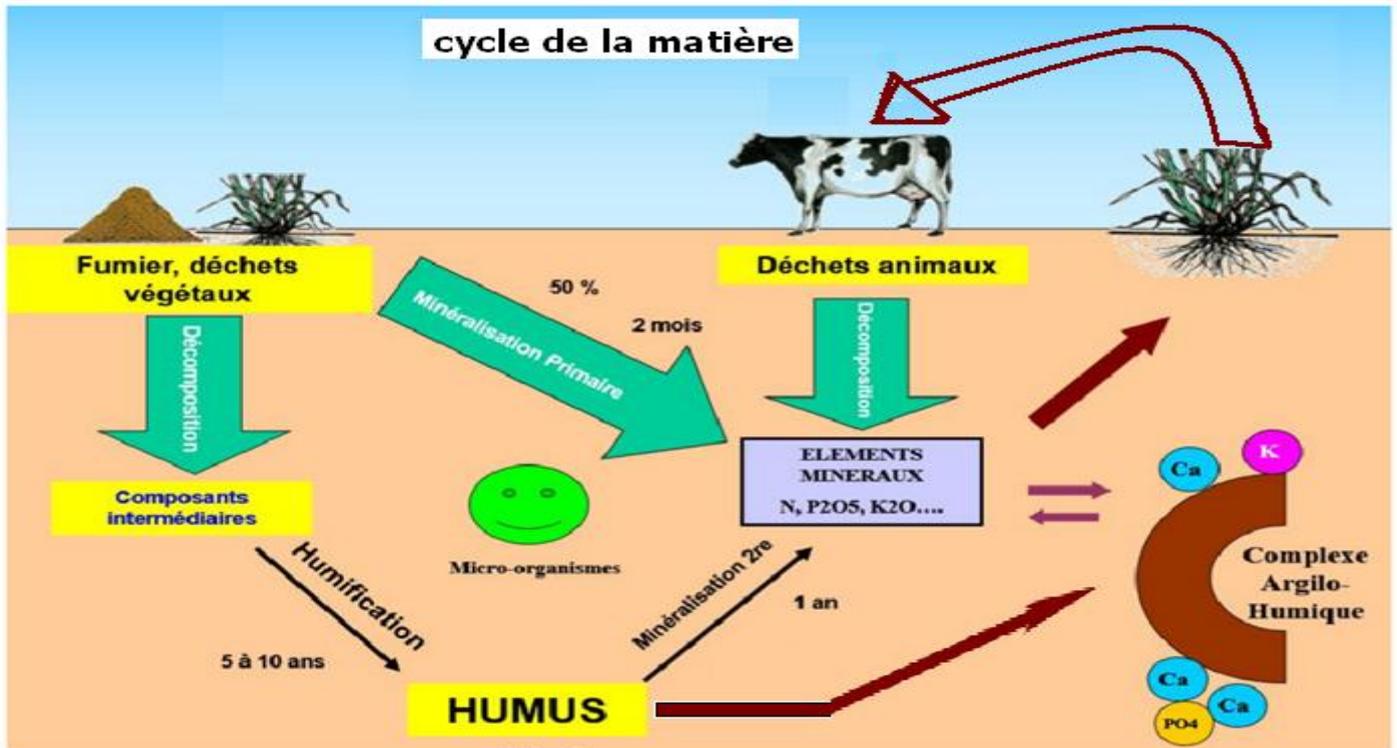
- La minéralisation :

Est due à l'action des micro-organismes de la flore du sol qui transforment l'humus en éléments minéraux absorbables par les racines des plantes .

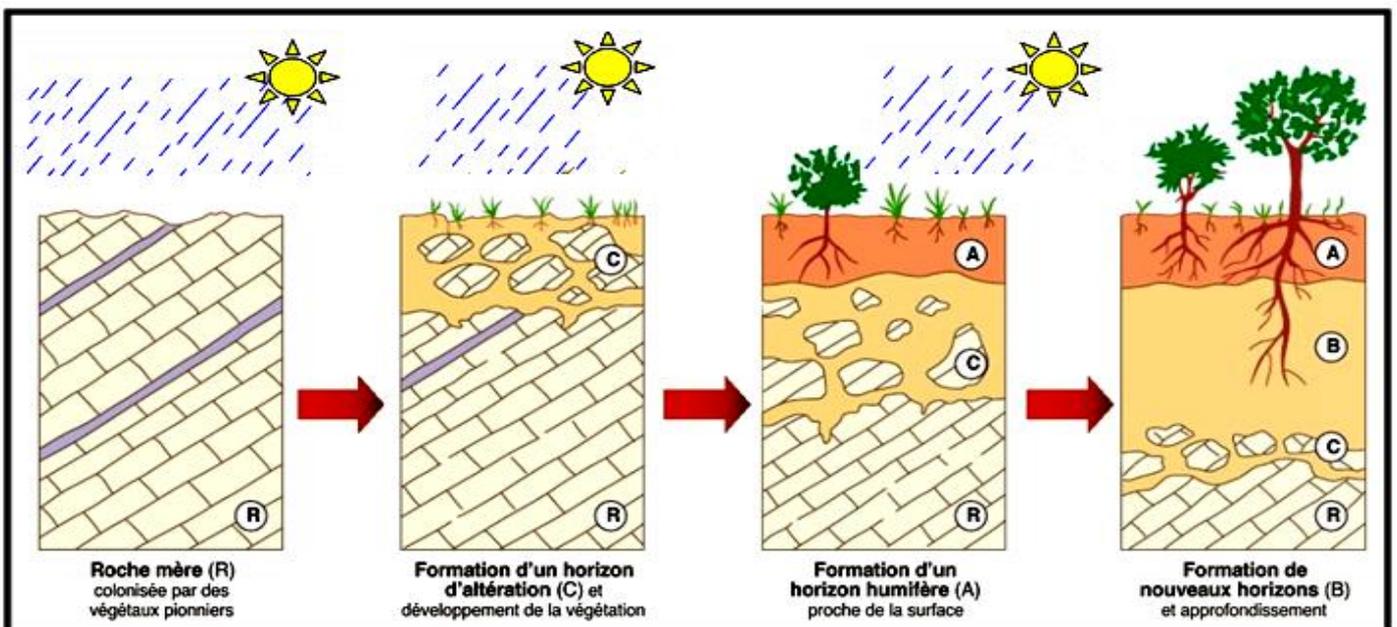
Cette opération se fait lentement et nécessite de 3 à 7ans selon le climat , le pH du sol ,la nature de la litière et l'abondance des êtres vivants de la faune et de la flore du sol .

3-4- conclusion :

Entre les êtres vivants et le sol la matière subit un cycle entre matière organique et matière minérale :



3-5- formation et évolution d'un sol :



La formation et l'évolution d'un sol est très lente , nécessite des centaines voire des milliers d'années et se fait en plusieurs étapes :

- Erosion de la roche mère sous l'effet des différents agents climatiques, créant des fissures dans la roche mère
- Formations d'un niveau d'altération de la roche mère appelé niveau C , et fixation des premiers végétaux qui attirent des insectes et des petits animaux.
- La matière organique s'accumule sur le sol ,Les bactéries et les champignons commencent le processus de décomposition de cette matière organique. La matière organique décomposée forme une couche riche en humus appelée horizon A .
- L'altération de la roche mère continue et les sels minéraux sont transportés par les eaux de pluie qui s'infiltrent en profondeur , le sol gagne de l'épaisseur et se forme un nouveau horizon B riche en sels minéraux .

Cette augmentation progressive de l'épaisseur du sol permet le passage progressive du strate herbacé au strate arbustive et en fin au strate arborescente .

#### 4- Action de l'Homme sur le sol : ( sous formes d'exposés )

##### 4-1-la dégradation du sol :

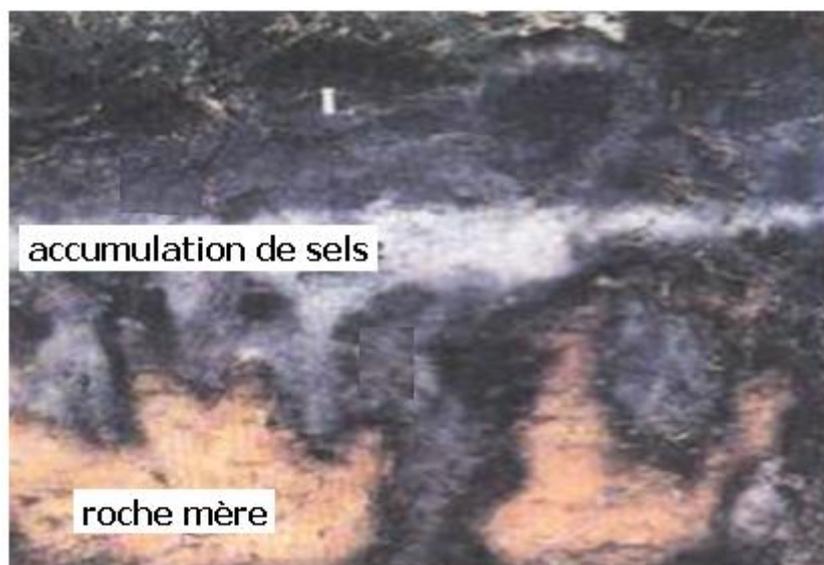
Le sol souffre de grande menace de dégradation , due aux activités humaines et aux différentes crises climatiques , parmi ces menaces , on citera :

##### a- désertification :

c'est la transformation de sol de culture en sol incultivable ou envahi par le sable à cause de la déforestation , du surpâturage , et de la migration des collines de sable.

##### b- Le lessivage du sol :

Phénomène d'entraînement par l'eau des ions minéraux et des molécules argileuses et humiques vers les horizons les plus profonds du sol , où il s'accumulent formant un niveau très salé intolérable par les racines



## 4-2 - préservation et amélioration du rendement du sol :

Pour préserver le sol il faut lutter contre l'érosion du sol , organiser le pâturage et le déboisement ,et créer des obstacles à la migration des dunes du désert ...

Pour améliorer le rendement du sol il faut :

### a- le labour précoce :

ce type de travail consiste à retourner les couches superficielles du sol après la moisson , pour les incorporer complètement, et de faire remonter les horizons de profondeur.

Cette opération répond à des objectifs multiples :

- Enfouissement des matières organiques présentes à la surface du sol qui se transforme rapidement en humus
- Amélioration de la circulation de l'eau et de l'air

### b – utilisation d'engrais

Les engrais, sont des substances organiques ou minérales, souvent utilisées en mélanges,

destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures sur la plupart des variétés de plantes.

L'utilisation d'engrais organique est plus favorable aux plantes et au sol grâce à sa transformation en humus qui améliore la structure du sol et à sa minéralisation qui répond aux besoins des plantes .

### c – L'irrigation :

c'est un moyen indispensable à l'amélioration du rendement des cultures , les grandes quantité d'eau utilisées par l'irrigation traditionnelle, menacent le sol de lessivage ,

le recours à La micro-irrigation, également connue sous le nom de « goutte-à-goutte », est une méthode d'irrigation plus favorable qui protège les ressources d'eau , le sol du lessivage et assure un meilleur rendement agricole .

### d- l'alternance des cultures :

cette technique consiste à alterner la culture d'une légumineuse telle que la fève ou les petits pois avec une autre culture , les légumineuses enrichissent le sol en azote minéral , grâce à une bactérie le rhizobium qui vit en symbiose dans leurs racines , le rhizobium fixe l'azote atmosphérique et le transforme en azote minéral libéré dans le sol ; cette alternance réduit l'utilisation d'engrais chimique par l'agriculteur .