

## Tp n°1: Les éléments grossiers dans le sol

### 1-1-Définitions

C'est l'ensemble de tous les constituants du squelette (du sol) dont la taille est **supérieure à 2mm**. Du gravier jusqu'aux blocs; ils donnent une indication précieuse donc on doit les observer attentivement.

De point de vue agronomique, la présence d'éléments grossiers en forte quantité (pourcentage) dans un sol peut être une forte contrainte à la mise en culture.

Une bonne description des éléments grossiers permet de mieux comprendre **les origines du matériel original**

Lors de leur caractérisation et description, on doit prendre en considération : **leur abondance, nature, forme et orientation...**

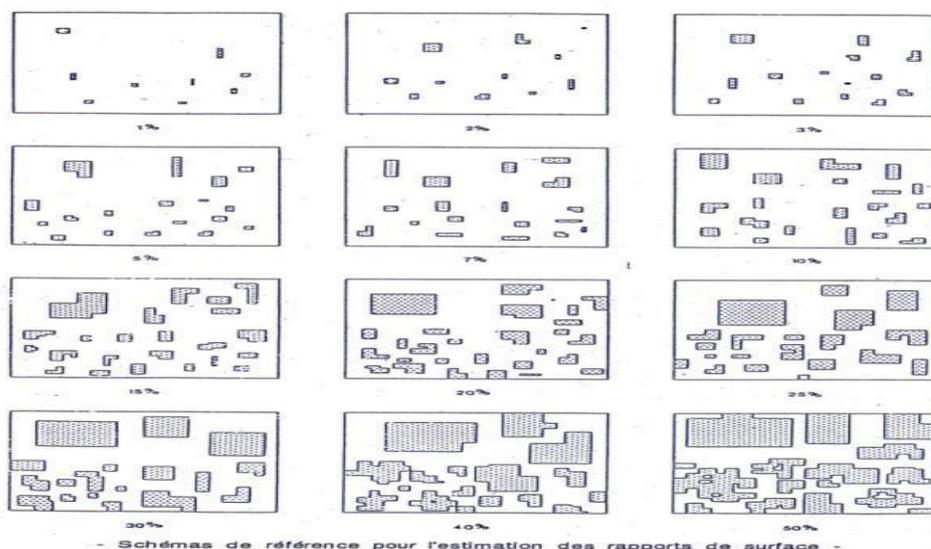
### 1-1-Principe de détermination du pourcentage des éléments grossiers au laboratoire

Il s'agit de :

- Sortir sur terrain et de prendre un échantillon entier du sol (terre fine et élément grossier)
- Peser le poids total de l'échantillon prélevé
- Tamiser cet échantillon avec un tamis de 2 mm
- Peser ce qui reste dans le tamis
- Dédurre le pourcentage des éléments grossiers

### 1-2-Abondance des éléments grossiers

On la note par pourcentage, on l'estime par mesure du poids au laboratoire après élimination de la terre fine (**on la détermine ou on la mesure au laboratoire**)



**Figure 1: Détermination approximative de l'abondance des éléments grossiers (en %) dans le sol**

### **1-3-Dimensions des éléments grossiers**

**IL est habituel de caractériser les éléments grossiers par les classes de dimensions suivantes :**

**Gravier** entre (0,2 à 2cm),

**Cailloux** de (2 à 7,5 cm),

**Pierres** (de 7,5 à 20 ou 25 cm),

**Blocs** (plus de 25cm)

**\*\*Au tp, on prend 3 à 4 échantillons et on demande aux étudiants de déduire les dimensions des éléments grossiers de chaque échantillon.**

### **1-4-Forme des éléments grossiers**

Cette variable concerne la description des éléments grossiers dominants. Mais si nécessaire et important, il est également possible de définir la forme des éléments de chaque nature.

Celle dernière peut renseigner sur l'origine du matériau pédologique, elle peut être :

Arrondis, allongée, anguleuse, allongé émoussée, aplatis anguleux, aplatis émoussée, irrégulière anguleux, irrégulière émoussée ou de formes diverses.....

**\*\*Au Tp, voir figure et l'utiliser pour donner des exemples sur les formes des échantillons déjà décrits pour l'abondance et les dimensions)**

### **1-5-Orientation globale des éléments grossiers**

C'est une information intéressante surtout lorsqu'elle est couplée avec la forme, elle nous informe sur l'éventuel drainage et la pénétration des racines.....

Elle doit être observée sur terrain; elle peut être horizontale, verticale, oblique ou quelconque

**\*\*Au Tp, Sortir sur terrain, creuser quelques centimètres et essayer d'observer et de déduire l'orientation).**

## Tp n°2: Appréciation de la texture du sol sur terrain puis au laboratoire

### 2-1- Définitions

La texture définie la répartition granulométrique des particules minérales élémentaires. Elle reflète la part respective des constituants triés selon leurs tailles, elle est pratiquée sur la terre fine

C'est une propriété physico-chimique très importante, elle désigne le pourcentage du sable, argile et limon d'une terre fine.

Elle est considérée comme l'une des propriétés de base lorsqu'on parle de la fertilité du sol et en particulier de la fertilité physique d'un sol.

On la détermine au laboratoire par l'analyse granulométrique et en se référant au triangle texturale ;

Sur terrain on opère le test de toucher (détermination approximative de la texture).

### 2-1- Appréciation de la texture du sol sur terrain (test de toucher)

Il existe plusieurs méthodes de détermination de la texture d'un sol en se basant sur le toucher dont on peut citer et utiliser deux entre eux:

#### Première test de toucher:

Test	Résultat	Conséquence sur la texture
<b>Toucher de la terre</b>	Soyeux ou talqueux	Abondance de limon fin
	Savonneux	Abondance de limon grossier
	Rugueux	Sable grossier
<b>Réalisation d'un boudin de terre humide</b>	Possible	<b>A</b> supérieur à <b>10%</b>
	Impossible	<b>A</b> inférieur à <b>10%</b>
<b>Réalisation d'un anneau avec le boudin de terre</b>	Fissuration avec un 1/2 formation de l'anneau	<b>L</b> supérieur à <b>A</b> <b>A</b> inférieur à <b>30%</b>
	Fissuration avec un 3/4 formation de l'anneau	<b>L</b> inférieur à <b>A</b> <b>A</b> inférieur à <b>30%</b>
	Anneau réalisable	<b>A</b> supérieur à <b>30%</b>

## 2<sup>ém</sup> test de toucher

Manipulation	Texture	Argile+limon (%)
<b>Humecter le sol et faire un rouleau de l'épaisseur d'un cr</b> Non réalisable Réalisable= continuer par 2	<b>Sable</b>	
<b>Eprouver la cohésion entre le pouce et l'index</b> cohésif non cohésif = continuer par 3	<b>Sable argileux</b>	<b>14 à 15 %</b>
<b>Triturer sur la pomme</b> Dans les pores de la main aucune argile Dans les pores de la main traces d'argile visibles	<b>Sable</b> <b>Sable peu argileux</b>	<b>0 à 09 %</b> <b>10 à 13 %</b>
<b>Faire un rouleau de 3mm d'épaisseur</b> Non réalisable Réalisable = continuer par 5	<b>Limono-argilo-sableux</b>	<b>19 à 23 %</b>
<b>Presser le sol à proximité de l'oreille</b> Sol crisse fortement  Sol ne crisse pas ou faiblement = continuer par 6	<b>Texture équilibrée ;</b> <b>Sablo-limono argileux</b> <b>ou sablo-argilo-limoneux</b>	<b>24 à 29 %</b>
<b>Etat de surface de glissement après la pression entre le pouce et l'index</b> surface matte	<b>Texture équilibrée ;</b> <b>Limono-Sablo- argileux</b> <b>ou argilo-sablo-limoneux</b>	<b>30 à 44 %</b>
<b>Eprouver entre les dents</b> Sol crisse Sol à consistance de beure	<b>Argile-sablo-limoneux</b> <b>Argiles</b>	<b>45 à 60 %</b> <b>61 à 100%</b>

### 2-3-Détermination de la texture du sol au laboratoire (analyse granulométrique)

#### 2-3-1- Introduction

Le découpage en classe des constituants minéraux du sol, sur la base des proportions du chimiste Suédois ATTERBERG (1846-1916), c'est ainsi qu'apparaît la notion de texture et d'analyse granulométrique d'un sol.

Terre fine					
Taille	< 2µm	2 à 20 µm	20 à 50 µm	50 à 200 µm	200 à 2000 µm
Classe	Argile	L fin	L grossier	S fin	S grossier
Éléments grossiers					
Taille	2mm à 2 cm	2 à 5 cm	5 à 20cm	20cm	
Classe	Gravier	Cailloux	Pierre	Bloc	

Parmi les opérations de laboratoire, l'analyse granulométrique est de loin la plus effectuée. La méthode la plus suivie est celle de décantation des constituants d'un sol dans un fluide, par sédimentation et en appliquant l'équation de vitesse de Stokes.

Arrivant à la fin à calculer les pourcentages de S (f et g) L (f et g) et A, puis en utilisant l'un des triangles texturaux ; on détermine la classe texturale et la texture du sol analysé.

Elle peut être effectuée en suivant 3étapes initiales (destruction des ciments, dispersion des colloïdes et prélèvement des échantillons

### **2-3-2- Principe général**

Sur un échantillon de terre séché à l'air, broyer et tamiser à 2mm; on assure une destruction des ciments (organique par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et calcaire par HCl). Les constituants du même échantillon subissent une dispersion dans une solution alcalines, puis le prélèvement s'effectue en déduisant la hauteur de prélèvement par la pipette de *ROBINSONE*; en appliquant la loi de *STOKES* (sans oublier de vérifier la température du liquide car elle influe largement...)

### **2-3-3- Réactifs**

\*Eau oxygénée \*Solution d'HCl \*Solution d'exametaphosphate de Na \*Solution de nitrate d'argent \*Eau distillée

### **2-3-4- Mode opératoire**

\*peser 10g à 20g de la terre fine (selon les résultats du teste de toucher)

#### **2-3-4-1- Destruction des ciments**

##### **\*\*Ciments organiques**

Ajouter **avec précaution** 50ml d'eau oxygénée, il se produit une mousse qui sera d'autant plus abondante que l'échantillon est riche en matière organique, laisser reposer au moins une nuit et c'est ce qu'on appelle **l'attaque à froid**

Porter au bain de sable pour évaporer partiellement (c'est ce qu'on appelle *attaque à chaud*) jusqu'à cessation de l'effervescence en couvrant le béccher en verre de monte et en évitant une ébullition trop forte qui décomposerait rapidement l'eau oxygénée

Agiter fréquemment le béccher pour faire descendre la mousse en y ajoutant quelques gouttes d'alcool pour faciliter la destruction

La réaction est terminée quand la mousse a disparu et que les petites bulles d'oxygène ne viennent plus crever en surface

**Ne jamais laisser aller l'échantillon à sec.**

### **\*\*Décarbonatation à l'H Cl (ciment calcaire)**

Ajouter 100ml d'une solution d'H Cl dont la concentration connue (ceci nécessite d'avoir dosé au préalable le  $\text{CaCO}_3$ )

Laisser reposer 15mn en remaniant de temps en temps

Porter à ébullition pendant 15 minutes et laisser refroidir (de préférence, travaillez sous hote)

Ajouter de l'eau distillée jusqu'au  $\frac{3}{4}$  du bécher et agiter et laisser décanter

Siphonner le liquide clair surnageant jusqu'à environ 1 à 2 cm au dessus des particules

Effectuer 3 lavages par décantation avec 400 à 500ml d'eau distillée

Faire le test avec  $\text{AgNO}_3$  dans les eaux de lavage pour contrôler la complète élimination d'H Cl

### **2-3-4-2- Dispersion des colloïdes**

Faire passer la terre dans un bécher d'1 L, avec un jet de pissette d'eau distillée et sans dépasser le volume de 500ml

Ajouter 40ml d'une solution dispersante d'exa-méta-phosphate de Na

Ajouter 1ml d'ammoniac pure

Agiter pendant une heure à l'agitateur rotatif

Transverser la suspension dans une allonge à sédimentation et compléter au volume de 1L par l'eau distillée

Déposer définitivement l'éprouvette à un endroit fixe et à une température constante

Déterminer à l'aide d'un thermomètre la température de la solution d'examétaphosphate de Na

Placée dans une allonge témoin

Assurer la remise en suspension totale des particules par une agitation énergétique ou par retournement en bas et en haut 25 fois

Déclencher le chronomètre

### **2-3-4-3- Prélèvement des fractions (analyse granulométrique proprement dite)**

#### **A) Fraction inférieur à 20 $\mu\text{g}$ (A+L fin)**

Par utilisation de la pipette de ROBINSONE

Fermer le robinet à 3voies

Descendre la pipette jusqu'à ce que l'embout touche le niveau supérieur de la suspension et noter la position de l'index devant la règle graduée

Descendre la pipette de Y cm, 20 à 30secondes avant la fin du délai de sédimentation t pour la fraction considérée, pour la profondeur et pour la température de la suspension

Ouvrir lentement le robinet au temps t et aspirer très régulièrement pour remplir la pipette (en 20 secondes environ) à une hauteur de 10 cm

Fermer le robinet quand le liquide arrive à son niveau et vider le trop plein

Remonter la pipette

Vider lentement son contenu dans une capsule tartrée ou bécher de 50ml

Placer celle-ci sur bain de sable puis à l'étuve à 105° jusqu'à dessiccation totale

Peser le résidu sec (P1)

Donc **P1 = argile + limon fin + Hexa-meta-phosphate de sodium** pour le volume prélevé

### **B) fraction argileuse**

Remettre en suspension par agitation énergétique

Déterminer un temps *t* de sédimentation des particules A pour les mêmes conditions que précédemment

D'où le **P2 du résidu sec nous donne le poids de l'argile + exa-méta-phosphate de Na**

\*\*\*Pour déterminer le facteur de correction du à l'exa-méta-phosphate de sodium, il faut préparer un essai à blanc (préparer une solution d'exa-méta-phosphate de sodium et la mettre dans une allonge de 1 l ; dans les mêmes conditions des allonges contenant les échantillons à analyser, agiter et prélever à la pipette de ROBINSON, recueillir dans une capsule tartrée ou bécher et mettre au bain sable puis à l'étuve à 105° et enfin noter le poids du résidu sec PE)\*\*\*

### **C) Sables (fin et grossier) et limon grossier**

Ces fractions sont obtenues par tamisage après élimination des fractions fines

Remettre en suspension par agitation

Faire passer tout le contenu de l'allonge sur deux tamis superposés de mailles concernant les sables grossiers et les sables fins, en retenant et en enlevant les fractions concernées par un courant d'eau ordinaire

Verser le contenu de chaque tamis dans les capsules tartrée ou bécher avec un jet de pissette

Sécher à l'étuve à 105°C et peser le résidu sec de chaque capsule ou bécher

P3 est le poids du résidu sec du sable grossier et P4 est le poids du résidu sec du sable fin

**Pour le limon grossier ; cette fraction est obtenue par différence à 100 après le calcul des autres fractions**

### **2-3-4-5- Expression des résultats :**

Il faut tout d'abord effectuer toutes les corrections dus au dispersant, à la matière organique et au calcaire si on les détruits

**Pour les calculs des pourcentages de chaque fraction (argile, limon fin, sable grossier, sable fin et enfin limon grossier) voir l'explication du TD.**

### **2-3-4-6- Représentation graphique des résultats et déduction de la texture du sol analysé**

En utilisant les diagrammes texturale, on effectue une situation de l'échantillon, puis déduction de la texture du sol

**Exemple du Tableau des hauteurs de prélèvement en fonction de la température**

Température °C	Argile ( particules < 2μ ) Profondeur de prélèvement ( cm) après :			A + LF ( < 20 μ ) Temps de chute pour 10 cm		Sables + LG ( > 20 μ ) Temps de chute pour 30 cm	
	8h	7h	6h	mn seconde		mn seconde	
	-----						
10	7,7	6,7	5,6				
11	7,9	6,9	5,9	6	14	18	42
12	8,1	7,1	6,1	6	03	18	09
13	8,4	7,3	6,3	5	54	17	42
14	8,6	7,5	6,4	5	44	17	12
15	8,8	7,7	6,6	5	35	16	45
				5	27	16	21
16	9,0	7,9	6,8	//	19	15	57
17	9,3	8,1	7,0	//	10	15	30
18	9,5	8,3	7,2	//	03	15	05
19	9,8	8,6	7,3	4	55	14	45
20	10,0	8,8	7,5	4	48	14	24
21	10,3	9,0	7,7	//	41	14	03
22	10,5	9,2	7,9	//	34	13	42
23	10,8	9,4	8,1	//	28	13	24
24	11,0	9,7	8,3	//	22	13	06
25	11,3	9,9	8,5	//	15	12	45
26	11,5	10,1	8,7	//	10	12	30
27	11,8	10,3	8,9	//	04	12	12
28	12,1	10,6	9,1	3	59	11	57
29	12,3	10,8	9,3	3	54	11	42
30	12,6	11,0	9,5	3	48	11	24

\*\*\*\*Voir aussi les tableaux de prélèvement des particules en fonction de la température  
(laboratoire de pédologie au département) \*\*\*\*

### **TP n°3: Evaluation approximative du taux du calcaire dans le sol sur terrain puis au laboratoire**

#### **3-1- Introduction :**

Le calcaire ou carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) est l'un des constituants essentiels des sols; se classant souvent après les fractions granulométriques (argile- limon- sable).

Il peut avoir plusieurs origines dans les sols et sa formation est surtout conditionnée par le climat, le faciès géologique, la forme de relief.

C'est dans les régions subarides et arides que les accumulations calcaires prennent des proportions considérables au sein du profil pédologique et résultent soit de l'altération de la roche mère, des eaux de ruissellement ou des eaux de la nappe phréatique. Ces accumulations se présentent sous trois formes :

**a-Accumulation diffuse** : elle se produit à la suite d'une cristallisation rapide de solutions sursaturées ; le calcaire est réparti d'une façon plus ou moins homogène en taches blanchâtres qui occupent le plus souvent le système poral de l'horizon A.

**b-Accumulation discontinue** : le calcaire est précipité en amas friables ayant l'aspect de mycélium (filaments) ou en nodules (éléments carbonatés plus ou moins friables à structure non concentrique).

**c-Accumulation continue** : elle peut donner lieu aux formations suivantes :

-Encroutement massif : il ya blanchiment quasi-général de l'horizon sans induration ;

-Croutes feuilletées : les calcaires sont cimentés et se délitent suivant des plans horizontaux (structure lamellaire) ;

-Dalles: accumulation massive, continue et dure.

La présence de calcaire dans un sol peut induire une série de modifications au niveau des propriétés physiques (structure et stabilité structurale, capacité de rétention en eau, profondeur utile.....), chimiques (source importante  $\text{Ca}^{2+}$  intervenant dans la saturation et la floculation du complexe absorbant.....), biologiques ( $\text{Ca}^{2+}$  Libéré participe à la nutrition minérale des plantes, stimule la microflore.....).

Mais quand le calcaire se trouve dans le sol à la fois en quantité trop forte, les conséquences pour les plantes peuvent être fondamentales, ce qui explique que l'on distingue classiquement des plantes, cultivées ou spontanées, résistant au calcaire « calcaro- tolérantes » et des plantes souffrant, « plantes calcifuges ». Ces effets néfastes pour la plante peuvent être compensés par d'autres facteurs pédagogiques : texture argileuse, bilan hydrique, etc.....

En outre, le calcaire fin bloquer certains éléments indispensables aux plantes comme le fer, B, Cu, Mn, Zn, en solubilisation de la calcite au niveau des racines dont le fonctionnement se trouve perturbé, obstacle à la minéralisation de la matière organique par effet d'enrobage

### 3-2- Déduction du taux calcaire par effervescence à l'HCl

Le test de l'effervescence à l'HCl est réalisé en utilisant de l'acide chlorhydrique diluée au deux tiers 2 / 3 pour certaines fiches, l'HCl à 10% pour d'autre et parfois diluée à 1/2.

Ce test est très important dans la majorité des pays et obligatoire pour certains entre eux (zones méditerranéennes et plus précisément à climats sec et roches calcaires). Il permet de localiser particulièrement les carbonates de calcium (calcaire).

Sur terrain et parfois au laboratoire (méthode approximative), on utilise ce test à froid en mettant une ou quelques gouttelettes d'HCl sur notre échantillon de sol à étudier, on peut à la suite se référer au tableau suivant pour tirer des conclusions approximatives sur l'intensité de l'effervescence et la signification agronomique :

Code	Intensité	Test d'HCl	Signification agronomique
0	Nulle	Aucune réaction	Pas de calcaire dans le sol Sol acide pH eau inférieur à 7 (de 4 à 6,5 environ) Chaulage souvent obligatoire
0,5	Très faible	Réaction très faible, décelable à l'œil ou avec quelques bulles localisées	Très peu de calcaire total (inf à 2%) Sol neutre pH eau autour de 7 à 7,5
1	Faible	Une à deux couches de petites bulles. Réaction faible	Un peu de calcaire total (2 à 10%) Sol peu calcaire pH eau autour de 7,5 et 8
2	Moyenne	Plusieurs couches de bulles Réaction moyenne	Sol modérément calcaire (10 à 25% de CaCO <sub>3</sub> total)
3	Forte	Nombreuses couches de bulles, en général salies par des éléments de terre fine. Réaction vive	Sol très calcaire (25 à 55% de calcaire total) pH eau de 8,3 à 8,5 Présence importante de calcaire actif Risques de chlorose
4	Très forte	Nombreuses couches de bulles, Réaction violente, très vive Parfois de très grosses bulles	Sol très calcaire (sup à 55% de calcaire total) pHeau de 8,3 à 8,5 Présence très importante de calcaire actif Risques de chlorose très élevé (assimilable)

### 3-3-Dosage du calcaire total au laboratoire (par Calcimètre de BERNARD)

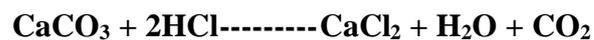
On procède généralement aux dosages du :

a-Calcaire total (totalité du  $\text{CaCO}_3$ ) par **Méthode volumétrique ou** gazométrique (a l'aide du calcimètre de Bernard)

b-Calcaire fin (chimiquement actif)

#### 3-3-1-Principe

Le calcaire total (ou quantité de  $\text{CaCO}_3$ ) contenu dans un échantillon de sol est déterminé par gazométrie à partir de la réaction chimique :



On utilise à cet effet le calcimètre de BERNARD.

L'appareil est, constitué d'une colonne graduée contenant une solution colorée et reliée à une ampoule mobile dans laquelle la surface de la solution colorée se trouve au contact de l'air ; la colonne graduée set, d'autre part, reliée à un erlenmeyer à embout (HCl) au fond auquel on introduit l'échantillon à analyser.

Le gaz carbonique dégagé comprime le liquide coloré et selon le principe des vases communicants et par ajustage des deux niveaux (ampoule-colonne), on lit le volume déplacé correspondant au volume de  $\text{CO}_2$  dégagé. Ainsi la quantité de  $\text{CaCO}_3$  est proportionnelle au volume de  $\text{CO}_2$  dégagé lu sur la colonne graduée.

#### 3-3-2-Réactifs:

- HCl 1/2 C
- Eau distillée saturée en NaCl (300g/l)
- Calcaire pur et sec ( $\text{CaCO}_3$  en poudre)

#### 3-3-4- Mode opératoire :

Avant de doser le calcaire présent dans l'échantillon de sol, on procède d'abord à l'étalonnage du calcimètre en faisant réagir une quantité connue de  $\text{CaCO}_3$  avec HCl.

##### 3-3-4-1- Etalonnage de l'appareil ou essai témoin :

- Introduire 0,3 g de  $\text{CaCO}_3$  pur et sec au fond de l'erlenmeyer et mouiller par quelques gouttes d'eau distillée,
- Mettre 5 ml d'HCl 1/2 C à l'intérieure de l'embout,
- Boucher hermétiquement l'erlenmeyer et ajuster la position de l'ampoule mobile jusqu'à ce que le niveau du liquide coloré soit au niveau 0 dans la colonne graduée,
- Vider l'acide chlorhydrique sur le calcaire pur et sec en inclinant légèrement l'erlenmeyer,
- Agiter pour favoriser la réaction,
- Suivre la corise du liquide coloré dans la colonne graduée en abaissant l'ampoule,

- Ajuster les deux niveaux (ampoule-colonne),
- A la fin de l'effervescence, noter le volume de CO<sub>2</sub> dégagé en ml = **V**

#### **3-3-4-2- Dosage du CaCO<sub>3</sub> de l'échantillon de sol :**

- Remplacer le CaCO<sub>3</sub> pur et sec par 1, 2,5 ou 10 g de sol (la prise d'essai **P** set variable suivant la richesse de l'échantillon en CaCO<sub>3</sub> et on la détermine de telle sorte que le volume de CO<sub>2</sub> qui s'en dégage, se rapproche du volume obtenu dans l'essai témoin),
- Puis opérer de la même façon que pour le témoin,
- A la fin du bouillonnement, abaisser l'ampoule mobile pour ajuster deux niveaux du liquide coloré dans celle-ci et dans la colonne graduée,
- Noter le volume de CO<sub>2</sub> dégagé en ml = **v**

#### **3-3-5-Calculs et résultats :**

La teneur en CaCO<sub>3</sub> d'un sol est exprimée généralement en % ;

Si **V** est le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par 0,3 g de CaCO<sub>3</sub>

**v** est le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par une prise d'essai **P**

La quantité de CaCO<sub>3</sub> contenue dans cette prise d'essai de sol sera donc :

$$0,3 \cdot v / V ; \text{ soit } 0,3 \cdot v / V \cdot P \text{ dans 1 g de sol}$$

et dans 100 g de sol : **% CaCO<sub>3</sub> = 0,3 \cdot v / V \cdot P \cdot 100**

#### **3-6-Interprétation :**

##### **Le taux du calcaire total : selon GEPPE in Baize (1988)**

(GEPPE : travaux de commission : données analytiques et interprétations agronomiques)

- < 1 %      Horizon non calcaire
- 1 - 5%      Horizon peu calcaire
- 5- 25%      Horizon modérément calcaire
- 25 - 50%    Horizon fortement calcaire
- 50 - 80%    Horizon très fortement calcaire
- > 80%      Horizon excessivement calcaire

**NB.** Faire le dosage du CaCO<sub>3</sub> actif, si le % CaCO<sub>3</sub> supérieurs à **5%**.