

O.R.S.T.O.M. - SERVICES SCIENTIFIQUES CENTRAUX - 70-74, route d'Aulnay 93 - BONDY

Laboratoire de Chimie des Sols et Pédologie AppliquéeANALYSE DES MATIERES ORGANIQUES DANS LES SOLS
=====I - DOSAGE DU CARBONE ORGANIQUE TOTAL
-----Introduction

La teneur en matière organique totale du sol s'obtient généralement en dosant la teneur en carbone, on estime que le rapport matière organique carbone

est à peu près constant et égal à $\frac{M.O. \%}{C \%} = 1,72$.

Le dosage du carbone peut s'opérer par voie sèche ou combustion en déterminant le gaz carbonique CO_2 provenant de la matière organique, mais également par voie humide, en faisant agir sur le sol dans des conditions bien définies une quantité connue d'un corps oxydant.

Ce sont les méthodes par voie humide qui sont décrites ci-dessous, leur précision sans être très grande, est suffisante, compte tenu des larges limites dans lesquelles varient les taux de carbone des sols, et des différences que l'on veut mettre en évidence.

Les techniques décrites ci-dessous sont inspirées directement des travaux de ANNE (1945) (1) et de WALKLEY et BLACK (1934).

Principe général

Le carbone de la matière organique est oxydé par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique. On admet que l'oxygène consommé est proportionnel au carbone que l'on veut doser.

L'excès de bichromate inutilisé dans la réaction est dosé par le sel de Mohr.

Une autre possibilité de dosage consiste à effectuer la colorimétrie directe des ions Cr^{3+} bleu vert provenant de la réduction des ions Cr^{6+} .

(1) Sur la dosage rapide du carbone organique des sols (Ann. Agron. 1945, n°2).

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°

5490-Pedo

- 9 JUN 1972

Conditions opératoires pour l'oxydation

Dans la méthode "ANNE", l'oxydation s'effectue à chaud, à l'ébullition pour que cette oxydation soit complète, le temps d'ébullition doit être de 5 mn, d'autre part le rapport $\frac{\text{CrO}_3 \text{ consommé}}{\text{CrO}_3 \text{ total}} \times 100$ doit être compris entre 20 % et 60 %.

Pour 10 ml de solution de bichromate de potassium à 8 % additionné de 15 ml d'acide sulfurique concentré, la prise d'essai de sol ne doit pas excéder 30 mg C.

Dans la méthode WALKLEY et BLACK, l'oxydation a lieu à froid, mais elle est incomplète. La proportion de carbone oxydé varie de 60 à 86 %. La moyenne étant de 76 %, il y a lieu d'utiliser un facteur de correction $\frac{100}{76} = 1,32$.

Cette méthode malgré son imprécision est utilisée en raison de sa simplicité et de sa rapidité.

Procédé utilisé pour le dosage de l'acide chromique

Il s'agit de doser CrO_3 en milieu sulfurique : CrO_3 se trouvant à une concentration de l'ordre de 0,1 g dans 150 ou 200 ml et en présence de quelques ml de SO_4H_2 concentré.

On effectue le dosage à froid au moyen d'une solution d'un sel ferreux (sel de Mohr).

- Indicateur : diphénylamine ;
- Terme de la réaction : virage du bleu foncé au bleu vert.

Remarque

Le virage ainsi obtenu est peu sensible : on passe très graduellement de la couleur initiale à la couleur finale, cet inconvénient étant dû au pouvoir tampon du mélange d'ions ferriques et ferreux.

Remède

On ajoute de l'acide phosphorique ou de l'acide fluorhydrique (ou FNa ou FNH_4) : les ions ferriques sont alors rendus inactifs à cause de la formation des sels peu dissociés : le virage devient net, la teinte finale n'étant

plus troublée par la couleur jaune des sels ferriques!

- Il arrive parfois que la couleur bleue ne se développe pas au moment de l'addition de la diphénylamine, mais elle apparaît toujours après l'addition des premières gouttes de sel ferreux!
- On peut observer parfois l'apparition d'une couleur verte au lieu d'une couleur bleue, mais cet inconvénient est bien moindre en présence d'acide phosphorique et fluorhydrique!
- Il est recommandé, aussi, de ne pas employer une trop grande quantité de diphénylamine!

Concentration en acide sulfurique :

- La solution à titrer doit être diluée de façon que son volume soit compris entre 10 et 15 fois le volume d'acide sulfurique SO_4H_2 concentré présent. Cependant, des essais ont montré que la concentration en SO_4H_2 pouvait être un peu inférieure!

Rapport $\text{SO}_4\text{H}_2/\text{FNa}$:

- Pour 20 ml d'acide sulfurique (SO_4H_2) concentré, on doit employer soit 5 g de fluorure de sodium (FNa), soit 5 ml d'acide phosphorique $d = 1,71$. Il est important de respecter ce rapport car si un léger excès de FNa n'est pas gênant, par contre, s'il n'y en a pas assez, le virage est étalé!
- A noter enfin que l'intensité de la teinte bleue observée avant le virage dépend de la concentration en SO_4H_2 . Cette couleur est d'autant plus foncée que celle-ci est plus faible.

Action de chlore :

Dans le cas de sols salés, le chlore présent joue le rôle de réducteur. Dans le dosage en retour du bichromate, il y a lieu d'apporter une correction égale à 1/12 du pourcentage de Cl dosé!

- On peut éliminer l'effet du chlore en rajoutant du sulfate d'argent à l'acide sulfurique concentré, il se forme alors du chlorure d'argent insoluble avec libération d'ion SO_4^{--} (il faut environ 25 g par litre

lorsque le rapport $\frac{Cl}{C}$ est inférieur à 1)!

Dans le cas du dosage colorimétrique, la combinaison du chlore avec l'acide chromique est volatile, et interfère peu sur la coloration due aux ions Cr^{+++} .

Action des nitrates et du bioxyde de manganèse :

- Les nitrates n'interfèrent pas lorsqu'ils sont inférieurs à 5 % de C.
- Le bioxyde de manganèse n'interfère pas s'il est inférieur à 4 C.

Action du calcaire :

- Le carbonate de chaux consomme de l'acide sulfurique, on peut le neutraliser préalablement par quelques gouttes d'acide concentré/et n'interfère pas lorsqu'il est inférieur à 5 % il

1°) DOSAGE DU CARBONE PAR VOIE CHIMIQUE

A) DOSAGE DU CARBONE ORGANIQUE PAR LA METHODE D'ANNE

PRINCIPE

La matière organique est oxydée par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique. L'excès de bichromate est titré par le sel de Mohr.

REACTIFS

- Acide sulfurique concentré d = 1,83.

- Sel de Mohr 0,2 N :

- ! 78,5 g de sel pur dans 500 ml d'eau distillée contenant 20 ml d'acide sulfurique pur,
- ! compléter à 1.000 ml,
- ! conserver dans un flacon de verre brun.

- Bichromate de K :

- ! solution à 8 % (faire sécher du bichromate R.P. à l'étuve à 105°),
- ! peser 80 g de bichromate ; dissoudre dans 1.000 ml d'eau distillée (difficile à dissoudre).

- Diphénylamine :

- 0,5 g dans 100 ml d'acide sulfurique concentré!
- verser dans 20 ml d'eau distillée (avec précaution),
- conserver dans un flacon brun!

MODE OPERATOIRE

Utiliser un sol finement broyé et passé au tamis 100 (0,2 mm)
(ou module 24NFx11501)!

Peser :

- 1 g de sol si le sol est moyennement organique,
- 2 à 4 g si le sol est peu ou pas coloré en noir,
- moins de 1 g si le sol est foncé ou apparemment riche en débris végétaux!

Introduire la prise dans un ballon pyrex avec réfrigérant ascendant,
ajouter :

- 10 ml de solution de bichromate à 8 %,
- 15 ml d'acide sulfurique SO_4H_2 concentré!

Porter 5 mn à l'ébullition douce - compter les 5 mn dès le début de l'ébullition!

Laisser refroidir!

Transvaser dans une fiole jaugée de 200 ml, laver trois fois à l'eau distillée jusqu'à concurrence de 150 ml, amener à volume!

Prélever une partie aliquote, 20 à 40 ml, verser dans un bécher de 250 ml.

Diluer à 200 ml (environ)!

Ajouter :

- 0,5 g de fluorure de sodium (FNa) en poudre par ml d'acide sulfurique (SO_4H_2) présent, soit 5 à 7 g! (ou 10 ml d'acide phosphorique d 1,71).
- 3 gouttes de diphénylamine ou plus!

Verser la solution de sel de Mohr dans une burette et titrer l'excès de bichromate : la couleur passe du bleu foncé au bleu-vert.

CALCULS

1 équivalent gramme $\frac{M}{6}$ de bichromate attaque $\frac{1}{4}$ d'atome de C, soit 3 grammes!

1 ml de sel de bichromate 0,2 N oxyde 0,6 mg C corriger par $\frac{100}{97,6}$ correspondant à 0,615 mg C (coefficient de correction de ANNE).

On effectue un témoin avec du sable calciné, soit n la quantité de sel de Mohr versé, n' la quantité de sel de Mohr correspondant à l'échantillon,

$$C \% = (n - n') \times 0,615 \times x \times (1)$$

Pour obtenir le taux de matière organique, on multiplie :

$$C \% \text{ par } 1,724!$$

MATERIEL UTILISE POUR LA METHODE ANNE

Matériel général

- Becs Bunzen ou Mecker ou rampe de chauffage électrique,
- 2 Burettes à piston "Métrohm" de 20 ml,
- Agitateurs magnétiques,
- Jeu de pipettes et fioles jaugées de 1.000 ml!

Matériel particulier

- Ballons pyrex de 250 ml à col rodé,
- Réfrigérants ascendants s'adaptant aux ballons,
- Fioles jaugées de 200 ml,
- Béchers de 250 ml.

B) DOSAGE DU CARBONE ORGANIQUE PAR LA METHODE WALKLEY ET BLACK

PRINCIPE

Identique à celui de la méthode ANNE, mais l'attaque se fait à froid ; l'oxydation est incomplète et correspond en moyenne à 77 % du carbone présent dans le sol.

(1) - voir plus loin la correction du titre du sel de Mohr!

REACTIFS

- Bichromate de K : solution N!

- Sécher le bichromate ($\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$) dans un dessiccateur à chlorure de calcium (Cl_2Ca) ou acide sulfurique (SO_4H_2).
- Dissoudre 49,035 g de bichromate de potassium ($\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$) dans 1.000 ml d'eau distillée!

- Sel de Mohr : solution N/2!

- 196,05 g de sel de Mohr ($\text{SO}_4\text{Fe}, \text{SO}_4(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dans 1.000 ml d'acide sulfurique environ N/2!

On fait la pesée au trébuchet, (1 mg) le titre exact étant déterminé par rapport à la solution de bichromate (titre à redéterminer chaque jour).

- Diphénylamine :

- 0,5 g dans 100 ml d'acide sulfurique (SO_4H_2) concentré!
- Verser dans 20 ml d'eau (avec précautions)!
- Conserver dans flacon brun!

- Fluorure de sodium en poudre P.A.

MODE OPERATOIRE

Le sol est finement broyé, la prise d'essai doit contenir de 10 à 25 mg de C.

Introduire un poids p de terre (10 g au maximum - voir indications complémentaires 3e) dans un erlenmeyer de 350 ml, ou une fiole cylindro-conique.

- Ajouter à la burette - 10 ml de bichromate N mesuré exactement,
- " à l'éprouvette - 20 ml d'acide sulfurique concentré,
- Agiter 1 mn. Abandonner 30 mn sur un carton d'amiante!
- Ajouter :
- 200 ml d'eau,
- 10 ml d'acide phosphorique $d = 1,71$,
- ou 5 g FNa,
- 3 gouttes de diphénylamine ou plus!

Titrer l'excès de bichromate par la solution de sel de Mohr directement dans la fiole d'attaque.

La couleur passe du gris bleuté au vert clair (la teinte propre du sol interfère), - peu avant le virage, la teinte devient violacée,
- puis le changement de couleur est brutal.

CALCULS

1 ml de sel de bichromate N/1 _____ 3 mg C
comme l'oxydation est incomplète,
corriger par :
 $\frac{100}{77}$ _____ 3 mg 9 C.

p = poids de la prise de terre,
V = nombre de ml de sel de Mohr utilisés,
x = terme correctif pour le sel de Mohr.

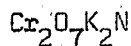
$$C \% = \frac{(10 - Vx) \times 0,39}{P}$$

$$M.O. \% = C \times 1,724$$

Indications complémentaires

- 1 - Effectuer un témoin avec sable calciné.
- 2 - Détermination du titre exact du sel de Mohr.

Faire un dosage à blanc dans les mêmes conditions avec 10 ml de



soit n ml de sel de Mohr consommés, on calcule $\frac{10}{n} = x$, la normalité du sel de Mohr est xN .

- 3 - Détermination du poids de la prise de terre pour se trouver dans les limites du dosage.

A titre indicatif, en supposant le rapport C/N = 10, on peut se baser sur le pourcentage d'azote pour déterminer approximativement la prise de terre :

N%	Prise de terre : en g ^l = p	N%	Prise de terre : en g ^l = p
0,01	10	0,15	1
0,02	7	0,2	0,75
0,03	5	0,3	0,50
0,04	4	0,4	0,40
0,05	3	0,5	0,30
0,06	2,50	0,6	0,25
0,07	2	0,7	0,20
0,08	2	0,8	0,20
0,09	1,50	0,9	0,15
0,10	1,50	1	0,15

Si l'on n'a pas la teneur en azote, faire toujours le 1er essai sur 1 g et d'après les résultats de cet essai, calculer p de la façon suivante :

1 ml de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2\text{N}$ oxyde 3,9 mg,

On utilise : 10 ml de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$

Il faut que la prise contienne entre 10 et 25 mg de C,

10 mg de C correspondent à,

$$\frac{10}{3,9} = 2,5 \text{ ml de } \text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2\text{N}$$

Donc, au titrage il faudra avoir au plus :

$$10 - 2,5 = 7,5 \text{ ml de sel de Mohr N}$$

ou

$$\frac{7,5}{x} \text{ ml de sel de Mohr } \times \text{N, soit environ } 15 \text{ ml } \frac{\text{N}}{2}$$

Si l'on a plus, la prise est trop faible!

25 mg de C correspondent à

$$\frac{25}{3,9} = 6,5 \text{ ml de } \text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2\text{N}$$

Donc au titrage, il faudra avoir au moins :

10 - 6,5 = 3,5 ml de sel de Mohr N

$\frac{3,5 \text{ ml de sel de Mohr xN, soit environ } 7 \text{ ml } \frac{N}{2}}{x}$

Si l'on a moins, la prise est trop forte!

BIBLIOGRAPHIE

- ANNE (P), 1945! - Sur le dosage rapide du carbone organique dans les sols!
Ann! Agron! Avril, Mai, Juin, 1945, 5ème année, n° 2, pp! 161-172!
- WALKLEY (A) et BLACK (A), 1934! - Etude de la méthode DEGTJAREFF pour le dosage de la matière organique, modification apportée au dosage de l'acide chromique! Soil Science, 1934, 37, pp. 29-38!
- GAUTHEYROU (Y), GAUTHEYROU (M), 1965! - Analyse des sols, méthodes utilisées par le laboratoire du bureau des sols des Antilles! (Diffusion intérieure, Ronéo).
du
- Anonyme, Dosage de carbone organique dans les sols! Ronéo, laboratoire de pédologie S.S.C. BONDY!

MATERIEL UTILISE POUR LA METHODE WALKLEY ET BLACK

Matériel général

- Jeu de pipettes,
- Fioles jaugées de 1.000 ml,
- Epruvettes graduées 100 ml - 1.000 ml,
- 2 Burettes à piston "Metrohm".

Matériel particulier

- Erlenmeyers de 350 ml (nombre suffisant pour une série)!
- Carton d'amiante ou couvercle en polystyrène.

2°) DOSAGE DU CARBONE PAR VOIE COLORIMETRIQUE DIRECTE

(Mise au point par B. DABIN - J.C. BRION - P. PELLOUX - J. VERDONI).

PRINCIPE

La technique d'attaque du sol est la même que dans la méthode de

"ANNE", avec une oxydation de la matière organique aussi complète que possible - à chaud - seule la fin du dosage diffère ; au lieu de doser chimiquement l'excès de bichromate non utilisé, on détermine directement par colorimétrie les ions Cr^{+++} bleu vert, qui se forment au cours de la réaction et qui sont proportionnels aux équivalents de carbone oxydé.

La courbe de titration colorimétrique se fait par rapport à une solution de glucose de teneur en carbone connue.

La lecture est effectuée avec un colorimètre équipé d'un filtre 590 m μ .

L'avantage de cette méthode est de constituer une simplification par rapport aux techniques précédentes puisque l'on supprime le titrage en retour par le sel de Mohr, d'autre part, certaines interférences comme celle du chlore ne jouent pas, enfin cette méthode peut être adaptée à l'automatisation, par l'utilisation d'un autoanalyseur.

MODE OPERATOIRE

REACTIFS

- Solution aqueuse de bichromate de potassium à 8 %
 - 80 g de $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ dissous dans 1 l d'eau.
- Acide sulfurique concentré.
- Solution de rinçage.
 - Acide sulfurique à 18,75 %, soit 375 ml pour 2 l d'eau.

Gamme étalon de carbone en milieu liquide :

- On part d'une solution de glucose. Le glucose anhydre (après séchage à l'étuve à 145°) est de formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, soit 72,060 g de C. Pour un poids moléculaire total de 180,156 g., le glucose anhydre contient 39,998 % ou 40 % de son poids de carbone. 1 g de glucose contient 0,4 g de C.

Solution mère :

- 1 g de glucose anhydre dans 1 l d'eau, cette solution contient 0,4 mg de C par ml.

Gamme étalon :

- Prélever les quantités suivantes de solution mère, verser dans des béchers de 100 ml forme basse, amener à sec dans une étuve à 70°.

ml de solution mère	1	2,5	7,5	10	15	20	25	30	37,5
mg de C	0,4	1	3	4	6	8	10	12	15

Sur le produit sec, on fait agir le mélange sulfochromique dans les conditions énoncées plus bas.

En milieu solide :

Le "solvant" solide est du sol limoneux, ou sabloargileux fin, non humifère et non calcaire (horizon B d'un sol lessivé ou loehm).

Ce sol est calciné à 1.000° pendant plusieurs heures, puis pulvérisé au mortier d'agate et tamisé au tamis 0,2 mm.

On pèse :

- 180 g de sol calciné broyé,
- 20 g de glucose séché,
soit 10 % de glucose et 4 % de C par rapport au mélange final.

Le mélange est homogénéisé en secouant dans un flacon, puis repassé au mortier d'agate et retamisé, enfin agité à nouveau dans un flacon bouché.

Ce mélange concentré est conservé en dessiccateur et peut servir très longtemps.

Pour réaliser les différents points de la gamme, il faut fabriquer environ 700 g supplémentaire de sol calciné et broyé.

A partir du mélange concentré et du sol calciné, on effectue les mélanges suivants :

mg de C par g de mélange final	poide en g de mélange concentré à 4 % de C pour 50 g de mélange final	poide de sol calciné en g pour 50 g de mélange final
0,4	0,500	49,500
1	1,250	48,750
2	2,500	47,500
3	3,750	46,250
4	5,000	45
5	6,250	43,750
6	7,500	42,500
7	8,750	41,250
8	10,000	40
9	11,250	38,750
10	12,500	37,500
11	13,750	36,250
12	15,000	35
13	16,250	33,750
14	17,500	32,500
15	18,750	31,250

On dispose ainsi d'un certain nombre de "sols étalons" que l'on conserve en flacons bouchés au sec.

Préparation du sol

La terre est finement broyée (mortier d'agate) et tamisée au tamis 0,2 mm (module 24 NFX 11 501)!

On pèse un poids compris entre 0,125 g et 2 g contenant au maximum 15 mg de C et au minimum 3 mg!

La prise d'essai est calculée en fonction de la teneur en azote total déterminée préalablement. La teneur en C est estimée d'après un rapport C/N de 10.

N total %	Prise de terre en g	C en mg dans la prise de terre
0,01 à 0,04	2	2 à 8
0,04 à 0,07	1	4 à 7
0,07 à 0,15	0,5	3,5 à 7,5
0,15 à 0,30	0,25	3,75 à 7,5
0,3 à 0,6	0,125	3,75 à 7,5

Si C/N = 20, la prise de terre ne contient pas plus de 15 mg.

Oxydation de l'échantillon

L'échantillon est placé dans un petit matras KJELDAHL de 30 ml (le volume total réel est d'environ 50 ml).

- Ce matras est jaugé à la pipette de précision, après avoir rajouté 5 billes de verre calibrées de 7,5 mm de diamètre.
- Le trait de jauge est gravé sur le col pour un volume total de 40 ml.

On rajoute au sol : 5 ml de bichromate à 8 % et 7,5 ml d'acide sulfurique concentré.

Le matras est coiffé d'un entonnoir à longue tige, et est placé dans un appareil de chauffage (électrique de préférence pour régler la température).

Le mélange terre + bichromate est porté à l'ébullition douce et cette ébullition est maintenue 5 mn (il faut noter avec soin le point de départ de l'ébullition véritable).

Cette attaque peut être effectuée en série sur des rampes de chauffage permettant de surveiller 15 matras à la fois.

Après l'attaque les matras sont mis à refroidir dans des supports.

Après refroidissement on rajoute de l'eau aux 2/3, on agite, on laisse refroidir à nouveau puis on complète à 40 ml.

Les matras sont bouchés, bien homogénéisés et laissés au repos une nuit. (On peut aussi effectuer immédiatement la centrifugation d'une certaine quantité). Avec un matériel convenable, il est possible de réaliser plus d'une centaine d'attaques dans une journée.

Préparation de la gamme étalon

- Gamme solide :

On pèse 1 g de chaque échantillon de gamme "solide" et on effectue l'attaque dans les matras de la même façon que pour le sol.

- Gamme liquide :

On rajoute le bichromate et l'acide sulfurique dans le bécher, où la solution de glucose a été préalablement amenée à sec.

On fait bouillir 5 mn sur plaque chauffante en recouvrant d'un verre de montre.

Après attaque, la solution est amenée à un volume final de 40 ml avec de l'eau.

Centrifugation

L'expérience a montré que même après une nuit de repos, le liquide dilué surnageant contient encore de très fines particules silicieuses invisibles à l'oeil mais qui influent sur la densité optique.

Une centrifugation est donc nécessaire pour les éliminer ; par ailleurs la gamme solide donne des suspensions plus comparables à celles des sols, que la gamme liquide.

- La partie surnageante des matras est versée dans des tubes de centrifugeuse en pyrex de 15 ml.
- Une grande centrifugeuse permet d'utiliser 36 tubes à la fois. La centrifugation est de 15 mn à 3.500 tours mn, pour les gammes étalons on utilise des pots de 40 ml (pour avoir une réserve de liquide pour les mesures).

Colorimétrie

Les solutions centrifugées sont versées avec précaution dans les tubes du colorimètre ou dans les godets d'un autoanalyseur.

- Que se soit par voie manuelle ou automatique, la colorimétrie s'effectue à 590 m μ .

La courbe de titration est tracée en fonction des teneurs en carbone de la gamme. Cette courbe suit la loi de Beer et est pratiquement constante.

Utilisation de l'autoanalyseur

Cette technique est surtout intéressante pour l'adaptation à l'auto-analyseur technicon.

Le liquide centrifugé est distribué dans les godets de 8 ml placés sur le distributeur (Sampler II).

Les témoins et le liquide de lavage sont constitués par de l'acide sulfurique à 18,75 %. La vitesse est de 40 échantillons à l'heure.

La lecture se fait à 590 m μ .

MANIFOLD POUR LE CARBONE

METHODE Carbone

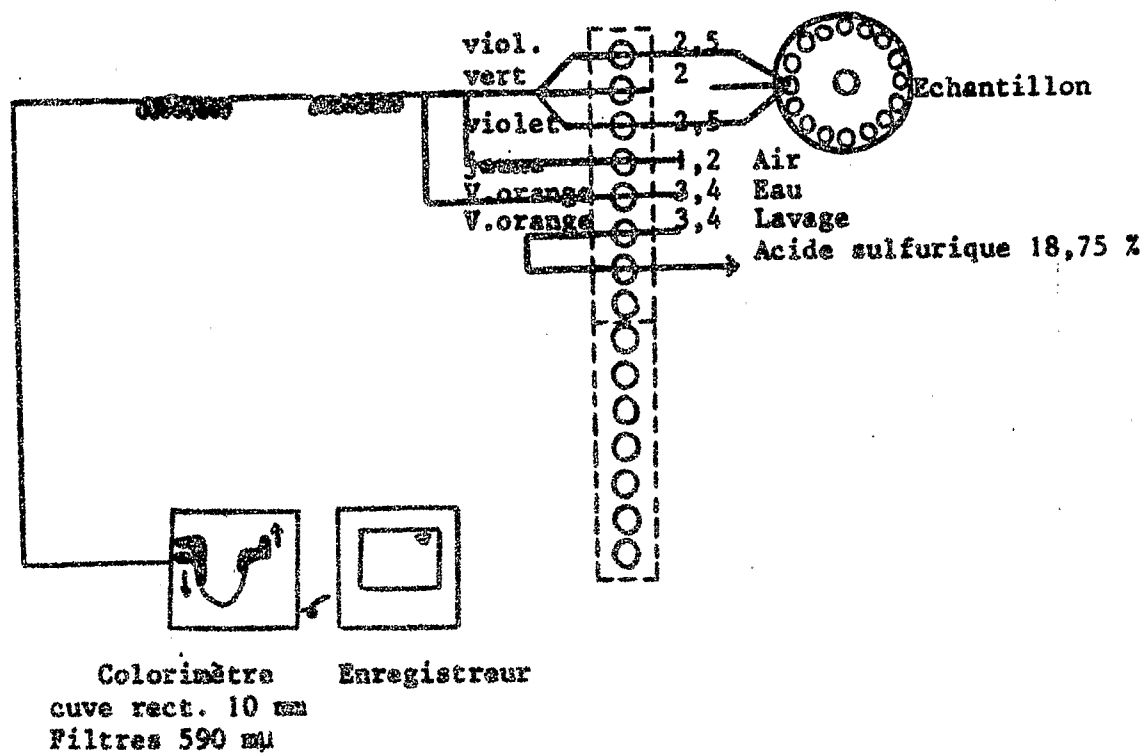
Référence : Méthode au bichromate

Concentration : 10 à 600 ppm C (solution)
0,08 à 4,8 % C (0,5 g).

Echantillon : Sol

Echantillonneur II
vitesse 40/h

Couleur Débit
 ml/min



BIBLIOGRAPHIE

DABIN (B), 1967. - Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 3ème partie, Cahiers ORSTOM, série Pédologie, Vol. V, n° 3, 1967, pp. 257-263.

MATERIEL UTILISE POUR LE DOSAGE COLORIMETRIQUE DU CARBONE

Matériel général

- Jeu de pipettes,
- Eprouvettes graduées,
- Ballons jaugés de 1.000 et 2.000 ml,
- Bêchers de 100 ml,
- Flaconnages divers,
- Burettes à piston "Métrohm",
- Colorimètre avec jeu de tubes (filtre 590 m μ),
- Eléments autoanalyseur (distributeur, pompe, colorimètre, enregistreur) et accessoires,
- Centrifugeur du type courant équipé de pots réducteurs en étoile.

Matériel particulier

- Rampe de chauffage pour matras KJELDAHL de 30 ml,
- Ballons KJELDAHL de 30 ml (renforcés) (volume réel environ 50 ml),
- Billes de verre \varnothing 75 mm,
- Entonnoirs à longue tige \varnothing 30 mm - nombre suffisant pour une série,
- Tubes de centrifugeuse en verre épais de 15 et 40 ml,
- Supports pour petits matras KJELDAHL et tubes de centrifugeuse,
- Fioles cylindro-coniques de 250 ml - avec bouchons.