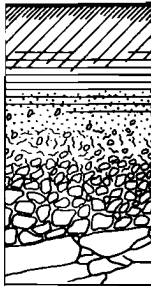


J.L. THIAIS  
Laboratoire de Chimie

**L'ANALYSE DES SOLS**  
**AU**  
**CENTRE ORSTOM DE CAYENNE**



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE CAYENNE



Ce recueil n'a pas la prétention d'apporter des modifications profondes aux différentes techniques d'analyse du sol. Il fait au contraire le point des méthodes les plus classiques - et quelquefois les plus sûres - utilisées depuis longtemps dans les laboratoires de l'ORSTOM. Il ne traite que des analyses qui sont effectuées à Cayenne.

Il avait à l'origine la forme d'un répertoire dont la diffusion devait se borner aux aides-chimistes du laboratoire de Cayenne. Nous avons cru bon d'y ajouter quelques détails ou remarques - fruit de notre expérience personnelle ... et aussi quelquefois de celle des autres, qui sont susceptibles d'intéresser un plus large public.

Nous avons essayé de décrire chaque méthode d'une façon simple et précise, afin qu'elle soit accessible à un manipulateur de formation moyenne.

Les idées tendant à faire préférer une méthode plutôt qu'une autre ont, quand c'était possible, été examinées et nous avons fourni, à chaque fois que cela était nécessaire, nos arguments.

La place reste toutefois ouverte aux critiques et aux améliorations toujours possibles. Nous les accueillerons volontiers. Trop rares restent en effet les échanges - pourtant si souhaitables - entre chimistes.

Puisse au moins ce recueil les provoquer.

# L'ANALYSE DES SOLS AU CENTRE O.R.S.T.O.M DE CAYENNE

---

---

I -	Table des matières .....	page	3
II -	Généralités .....	"	5
III -	Déterminations physiques .....	"	16
IV -	Analyses chimiques .....	"	41
V -	Quelques renseignements utiles .....	"	85

---

# TABLE DES MATIERES

## - GENERALITES

Organisation du travail .....	page	5
Entretien des laboratoires .....	"	8
Séchage des échantillons .....	"	9
Broyage des échantillons .....	"	10
Echantillonnage .....	"	14
Présentation des résultats .....	"	15

## - DETERMINATIONS PHYSIQUES

Couleur .....	"	16
Humidité .....	"	17
Perte au feu .....	"	19
Analyse mécanique .....	"	20
Granulométrie des sables .....	"	29
Courbes cumulatives et morphoscopie .....	"	30
Mesure du pH .....	"	33
Porosité .....	"	35
Stabilité structurale .....	"	36
Conductivité .....	"	38

- ANALYSES CHIMIQUES

Carbone .....	page	41
Azote total .....	"	45
Azote minéral .....	"	49
Matières humiques .....	"	50
Extraction des bases échangeables .....	"	54
Extraction des bases totales .....	"	57
Dosage de Ca - K - Na .....	"	60
Dosage de Mg .....	"	65
Capacité d'échange .....	"	69
Phosphore total .....	"	71
Phosphore assimilable .....	"	75
Fer libre .....	"	76
Fer total .....	"	81
Sels solubles .....	"	83
Analyse triacide .....	"	84

- Renseignements UTILES

Titres et teneurs des bases et acides courants..	"	85
Teneur de quelques solutions normales .....	"	86
Table de correspondance mg / 100 g - meq % ....	"	87
Dilution des solutions alcooliques .....	"	88
Degré alcoolique en fonction de la température..	"	89
Préparation d'acide pour batterie .....	"	92



GENERALITES

# ORGANISATION DU TRAVAIL

## A) - MATERIEL ET PRODUITS

La journée continue (6 h. 30 - 13 h.) par ailleurs agréable, constitue cependant un élément défavorable dans le cycle de travail d'un laboratoire. En dehors d'une baisse de rendement constatée fréquemment au cours de la dernière heure, certaines opérations telles que filtrations, ébullitions, évaporations, agitations, sédimentations peuvent s'effectuer le plus souvent sans surveillance et pourraient donc se dérouler pendant les heures des repas si l'on pratiquait la journée discontinue.

Pour parer à cette perte de temps, nous avons été amenés - depuis longtemps - à programmer les appareils qui le permettaient et à les faire fonctionner l'après-midi ou même la nuit. S'il y a lieu, un contrôle rapide, en fin d'après-midi, permet de vérifier si les opérations prévues se déroulent normalement.

Cette programmation est obtenue le plus souvent à l'aide d'interrupteurs horaires, électriques s'ils servent fréquemment, ou à remontage mécanique s'ils ont un usage temporaire, qui permettent chacun plusieurs allumages et plusieurs extinctions.

C'est ainsi que fonctionnent seuls :

- quelques plaques chauffantes et le ventilateur de sorbonne ;
- l'agitateur rotatif de Wagner (analyse mécanique)
- le bain-marie servant à l'extraction du fer libre, complété par ailleurs d'une pompe thermostatique et d'un thermomètre à contact ;
- éventuellement une étuve ou le séchoir à vaisselle ;
- éventuellement climatiseurs ou déshumidificateurs.

L'appareil à eau distillée a été rendu entièrement automatique par addition

- d'une électro-vanne (PARIS-LABO)
- d'une valve de sécurité ( " " )
- d'un contrôleur de niveau MAGNETROL (Pétrochimie)

Nous avons, à chaque fois que cela a été possible, remplacé l'appréciation humaine par un geste automatique. Cela conduit à une reproductibilité en principe parfaite et procure également un gain de temps.

C'est ainsi que nous utilisons au maximum :

- les jaugeurs automatiques (ceux à double écoulement et démontables étant les meilleurs) ;
- les pipettes automatiques à piston (d'un débit plus précis) ;
- les "piston-burettes" (remarquables pour le dosage en série).

---

Le terme "eau distillée" employé dans ce recueil s'applique indifféremment à l'eau distillée elle-même ou à l'eau permutée, que nous utilisons largement. Elle est produite sur une colonne effectuant en même temps l'échange anions / cations.

L'eau de la ville alimentant l'appareil à eau distillée et les colonnes est au préalable filtrée sur filtre MICRONYL (196 Fr. T.P. - 19, rue de l'Annonciation Paris 16<sup>e</sup>) monté sur le robinet, d'un entretien facile.

Tout transport ou transvasage d'eau pure s'effectue à l'aide de la pompe WAB (Prolabo).

Cette eau est reçue dans des bonbonnes plastiques cylindriques de 30 l. alors que les solutions minérales utilisées au laboratoire sont stockées dans des bonbonnes forme carrée de 25 l.

- 
- Tous les produits pour analyse utilisés au laboratoire sont achetés chez PROLABO.
  - Les solutions titrées et tampons pH chez FIXANAL. (Eventuellement chez MERCK : Titrisol).
  - L'alcool pur 95° chez GUILLIER (1, rue du Château Laffitte-Paris).

---

Pour plus de détails sur la qualité et la quantité du matériel et des produits utilisés, se reporter à mon rapport : "Installation d'un laboratoire de chimie des sols - (Centre ORSTOM Brazzaville - Novembre 1961).



B) - PERSONNEL

Le laboratoire de Cayenne comprend 9 personnes, y compris le Chef du laboratoire et son adjoint. Un aide est affecté au séchage / broyage, un autre à l'entretien, ce qui ne laisse que 5 à 6 manipulateurs en permanence, dont chacun est affecté à un poste principal, tout en restant capable d'occuper au moins un autre poste, en cas de surcharge ou si son titulaire est défaillant.

C'est donc un effectif assez faible en fonction du travail qui lui est demandé :

Etude de 800	échantillons de sol par an	en moyenne
" de 50 à 100	" d'eau	" "

auxquels s'ajoutent les nombreuses demandes extérieures, notre laboratoire étant le seul en Guyane, exception faite de celui de l'Institut Pasteur, plus axé sur la biologie.

Notons aussi qu'il est nécessaire d'effectuer certaines analyses en double, soit pour vérifier un résultat douteux, soit simplement pour un contrôle systématique.

Le poste d'analyse triacide qui doit en principe être pourvu prochainement justifiera l'emploi d'un aide-chimiste supplémentaire.

# ENTRETIEN DES LABORATOIRES

Un aide y est affecté à temps plein, ayant pour tâche essentielle le lavage de la vaisselle, une femme de ménage 1 à 2 heures par jour pour l'entretien général.

En dehors de tout traitement préliminaire, si nécessaire, la vaisselle est lavée au Teepol, à l'aide d'un pistolet à eau (Verre et Technique). Ce détersif a l'avantage d'être d'un emploi facile et économique (flacon verseur) et aussi celui de ne pas laisser de réaction basique en cas de rinçage incomplet.

Le séchage s'effectue :

- sur un égouttoir en onduline
  - sur des égouttoirs muraux
  - dans un séchoir à infra-rouges qui a l'avantage, pour la verrerie graduée, de sécher très rapidement à une température ne dépassant pas 60°. Les lampes utilisées sont du type "obscur à plaque" (500 W. en tout) n'émettant pas de rayons lumineux, donc d'un rendement maximum.
-

# SECHAGE

- Etaler en couche aussi mince que possible le contenu de chaque sac sur un plateau - Réduire les mottes au maximum.
  - Chaque jour, émietter d'avantage les mottes jusqu'à obtention de petits agrégats.
  - Tenir compte qu'un sol sableux sèche beaucoup plus vite qu'un sol argileux et que le broyage d'une série pourra commencer - pour gagner du temps - par les échantillons les plus riches en sables.
  - Pour éviter toute erreur, le sac vide portant le numéro doit rester sous le plateau correspondant. Un carton portant le même numéro marqué à l'encre indélébile doit être mis dans le plateau.
  - Le séchage doit être effectué dans un lieu chaud et aéré, à l'abri de toutes poussières.
- REMARQUES
- L'opération est réalisée d'une façon pratique et peu onéreuse par l'emploi de :
    - plateaux de fabrication locale 40 x 35 x 5 cm., fond isolé, côtés moulure en bois ;
    - support-étagères en cornière mécano taillée à la demande.
  - La capacité de séchage, dans ces conditions, est ici de 120 échantillons.
-

# BROYAGE

- Noter que cette opération, qui consiste à séparer la "terre fine" des éléments grossiers est très importante et qu'elle doit être effectuée avec un soin tout particulier.

## A) - BROYAGE A LA PASSOIRE 2 mm (trous ronds)

- Vérifier tout d'abord 1) - qu'il n'y a aucune détermination à effectuer sur l'échantillon brut.

2) - Si une partie de l'échantillon ne doit pas être broyée au tamis 2 mm.

- Il est effectué ici mécaniquement à l'aide du broyeur-tamiseur construit par les Ets. FLAM et Cie sur les normes des S.S.C. de Bondy.

- Faire passer la terre sèche, après pesée, dans l'une des 3 jarres.

- si la terre est sableuse ou légère, introduire dans la jarre le petit rouleau (poids 1,200 kg.)

- si la terre présente une forte cohésion, utiliser le gros rouleau (poids 4,750 kg.)

- en cas de doute, toujours commencer par le petit rouleau

- Mettre l'appareil en route - le temps de broyage - celui-ci devant rester sélectif - varie avec chaque type de sol, de quelques minutes pour des sols sableux à  $\frac{1}{2}$  h. et plus pour des sols très compacts.

- Ne jamais faire tourner une jarre plus de 10 minutes sans vérifier l'état du broyage.

- Quand le résidu, dans la jarre, est surtout constitué d'éléments grossiers, faire passer son contenu dans un mortier par petites fractions et terminer au pilon, en ayant soin de ne pas attaquer ces éléments grossiers.

- Peser les éléments grossiers et les débris végétaux (2 pesées) sur le trébuchet si le poids est inférieur à 100 g., sur la balance automatique si il est supérieur à 100 g.

- Conserver ce refus en sacs plastiques portant le même n° que l'échantillon.

- L'échantillon de terre fine sera conservé dans une boîte en carton numérotée, après prélèvement, à l'échantillonneur, de la fraction destinée à l'obtention de la terre broyée au tamis de 160  $\mu$  (environ 50 g.).

- CALCULS -

$$\text{Refus 2 mm } \% = \frac{\text{Poids du refus X 100}}{\text{poids total.}}$$

- REMARQUE

Il y a lieu quelquefois de distinguer le refus, qui englobe les éléments grossiers et les débris végétaux, des seuls éléments grossiers, desquels les débris végétaux doivent être éliminés. Exprimer les résultats en conséquence.

---

Dans tout notre exposé, nous appellerons terre fine le résultat de ce broyage.

B) - BROYAGE AU TAMIS 2 mm (mailles carrées)

- Ce broyage, qui concerne les sols destinés à des mesures de physique, doit être effectué avec le plus grand soin.
- Il doit porter sur une quantité au moins égale à 150 g.
- Cette fraction, qui doit être parfaitement représentative de l'échantillon sera obtenue en passant celui-ci (suffisamment émietté) 2 ou 3 fois sur l'échantillonneur (type ASTM, modèle fermé à 24 chutes de 3/8" X 4 1/2" d'ouverture).
- Effectuer le broyage, dans toute la mesure du possible, par émiettage à la main sur le tamis.
- Si l'opération devient trop difficile, faire passer le résidu, par petites fractions dans un mortier en porcelaine et utiliser le pilon, sans taper ni appuyer trop fort.
- Faire passer fréquemment le contenu du mortier sur le tamis.
- Le broyeur-tamiseur, équipé des jarres "tamis" ne sera utilisé que si l'échantillon est exceptionnellement important ou difficile à réduire.
- Les éléments grossiers ne seront ni pesés ni conservés.
- La terre fine sera conservée dans une boîte en carton portant le n° de l'échantillon et, d'une façon très apparente et en toutes lettres, le mot TAMIS.

c) - BROYAGE AU TAMIS n° 100 (AFNOR 23 - ouv. : 0,160 mm.)

- Sauf indication contraire, une partie de chaque échantillon sera broyée pour passer à ce tamis :
  - 20 à 30 g. pour les analyses triacides.
  - 50 g. environ pour les autres déterminations.
- Effectuer ces prélèvements - d'une manière impérative - à l'aide de l'échantillonneur dans lequel on fera passer la totalité de l'échantillon broyé à la passoire 2 mm.
- Contrairement aux opérations précédentes, il est ici nécessaire de broyer jusqu'à ce que la totalité du prélèvement passe à travers le tamis : il ne doit rester absolument aucun refus.
- Opérer par petites fractions dans un mortier en porcelaine.
- S'il s'agit d'échantillons particulièrement résistants, utiliser le broyeur FORPLEX muni de la grille correspondant au tamis. Veiller au bon nettoyage de l'appareil après chaque broyage.
- Conserver la terre broyée dans les tubes plastiques numérotés.

---

Dans tout notre exposé, nous appellerons terre broyée le résultat de cette opération.







LE BROYEUR - TAMISEUR FLAM et C<sup>ie</sup>

# ECHANTILLONNAGE

- Toute pesée effectuée en vue d'une mesure ou d'un dosage sera obligatoirement précédée d'un échantillonnage. Pour cela :

- Vider complètement la boîte sur un plateau ou le tube sur un papier glacé. Etaler la terre en couche mince.

- Prélever la quantité à peser par petites fractions en pratiquant un quadrillage de l'échantillon.

- Une dizaine de fractions prélevées de cette façon sont en général suffisantes. Augmenter le nombre si l'échantillon présente une hétérogénéité anormale (agrégats, sables grossiers, débris organiques ...).

- Remettre l'échantillon dans sa boîte - L'opération est facilitée par l'emploi d'un entonnoir en plastique, d'un diamètre de l'ordre de 20 cm. dont le tube d'écoulement a été coupé à sa partie supérieure.

- Nettoyer le plateau et l'entonnoir, au-dessus de la boîte, à l'aide d'un pinceau plat.

- Selon le poids de la prise et la précision exigée, les pesées seront effectuées :

- sur le trébuchet à  $\pm 3$  cg. (portée 300 g.)

- sur la balance au mg. ( " 160 g.)

- sur la balance au 1/10 mg. ( " 100 g.)

- Ces balances seront vérifiées périodiquement, surtout en ce qui concerne l'étalement de l'échelle optique. (A l'aide d'un poids de même valeur que celui représenté par la capacité totale de cette échelle).

## - REMARQUE -

Ce sont les balances METTLER (agent en France : SOFRANIE) qui nous ont toujours donné les plus grandes satisfactions sur les plans précision, fidélité, robustesse, et longévité.

# PRESENTATION DES RESULTATS

- Pour chaque détermination, une feuille d'analyse, conforme aux modèles inclus dans ce recueil, est remplie par l'opérateur. Elle doit l'être parfaitement et contenir tous les renseignements nécessaires : série, date, titres des solutions utilisées, poids de la prise, dilutions, etc... Toute anomalie ou défaut de manipulation doit y être consigné.

Cette feuille doit être remplie directement par l'opérateur, au moment de la manipulation, et non pas être la copie d'un brouillon.

- Les calculs sont effectués par l'opérateur, l'adjoint, ou le chef de laboratoire, mais de toute façon toujours vérifiés et recopiés par le chef de laboratoire.

- Nous attirons l'attention sur le fait qu'il est impensable qu'une erreur de transcription puisse intervenir à ce stade et qu'il est bon de prendre toutes précautions pour l'éviter.

- Le mieux est de limiter au maximum l'intervention du facteur humain. Les résultats ne sont donc recopiés qu'une seule fois sur contre-calque puis un ou plusieurs tirages ozalid (dont modèle ci-joint) sont remis au demandeur. Le crayon noir n° 2 - HB convient parfaitement pour ce travail et donne des tirages très lisibles.

- Le libellé de ces contre-calques se rapproche le plus possible de celui des fiches d'analyse devant être incluses dans les rapports des pédologues.

- Les contre-calques, numérotés, ainsi qu'un tirage ozalid de chaque, sont conservés au laboratoire - L'appellation de chaque série (1 à 3 lettres) est reportée sur un fichier alphabétique qui en donne les coordonnées et sur lequel figure le numéro du tirage.

---





BA. ANIS M. T. F.

WISCONSIN STATE UNIVERSITY



DETERMINATIONS  
PHYSIQUES

# COULEUR

- La couleur est déterminée à l'aide du "MUNSELL SOIL COLOR CHARTS" contenant les planches allant de 2,5R à 10Y (12 planches).
- Cette détermination s'effectue sur le sol sec et sur le sol mouillé (terre fine).
- Utiliser, à chaque fois que cela est possible, une plaque en plexiglas (source : virologie - Pasteur) répondant aux normes suivantes :

Dimensions : 180 X 145 X 14 mm.

Trous cylindriques :  $\phi = 15$  mm, profondeur = 11 mm.

à raison de 10 dans la longueur et 8 dans la largeur. Il est donc possible de traiter ainsi d'une manière très pratique jusqu'à 80 échantillons.

- Remplir chaque cupule à l'aide de l'échantillon en évitant que se trouvent en surface des agrégats trop gros qui gênent l'observation.
- Tasser légèrement à l'aide d'un bouchon en caoutchouc ou plastique enfilé sur une tige de verre ou de métal et d'un diamètre légèrement inférieur à celui de la cupule.
- Effectuer la détermination sur l'échantillon sec en tenant compte, dans l'ordre, du n° de la planche, puis de celui de la valeur et de celui de la teinte.
- Mouiller chaque échantillon à l'aide d'un compte-goutte ou d'une pipette, en évitant soigneusement l'eau surnageante et effectuer la 2ème détermination.
- Pour éviter les erreurs, la feuille sur laquelle sont notés les résultats comportera des cases rectangulaires rappelant la disposition des trous.

---

Effectué par série de : à la demande, de 1 à 80





# HUMIDITE

## A) - sur terre séchée à l'air

- Peser les boîtes à tare à couvercle rodé.
- Ces boîtes doivent être conservées dans un dessiccateur où elles auront séjourné au moins une heure, ouvertes.
- Y mettre un poids de terre fine de l'ordre de 10 g. Peser exactement.
- Mettre à l'étuve en ayant soin d'enlever le couvercle qui restera également dans l'étuve.
- Maintenir à une température comprise entre 105 et 110° pendant au moins 4 heures.
- Remettre le couvercle (dans l'étuve) et laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser.

### - CALCULS :

poids capsule vide	≠			$P_0$	
" " pleine	≠			$P_1$	
" " étuvée	≠			$P_2$	
Humidité %	=		$\frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0}$		X 100

## B) - "au champ"

- L'échantillon doit être rapporté au laboratoire dans une boîte ou un sac étanche, et traité le plus rapidement possible.
- Opérer comme précédemment
  - en utilisant une boîte à tare plus grande
  - en pesant un poids de l'ordre de 20 à 30 g. obtenu par un échantillonnage aussi bon que possible.
  - en maintenant à 105 - 110° pendant 24 heures ou moins à condition de s'assurer que le poids reste constant pendant 1 heure.

Effectué par série de : à la demande

C) - HORS-SERIES

Lorsqu'un contrôle rapide, portant sur peu d'échantillons, doit être effectué, nous opérons à l'aide de l'humidimètre (X - 17-AGAT).

Cet appareil, utilisant des rayons infra-rouges sélectionnés agissant en profondeur, permet une mesure directe et très rapide. (De l'ordre de 15 minutes pour une prise de 10 g.)

---



# PERTE AU FEU

- Cette détermination est assez rarement demandée. Elle exprime la somme eau combinée plus matière organique.

- Opérer soit :

- sur la terre fine séchée à l'air, auquel cas on déterminera conjointement l'humidité,

- sur la terre déjà étuvée à 105 - 110°, qu'on fera passer, après pesée, dans une capsule en silice à fond plat tarée au préalable.

- Mettre la capsule au four et faire monter la température à 600° (rouge sombre) - la maintenir 40 à 60 minutes.

- Laisser refroidir, à l'air d'abord, puis au dessiccateur.

- Peser.

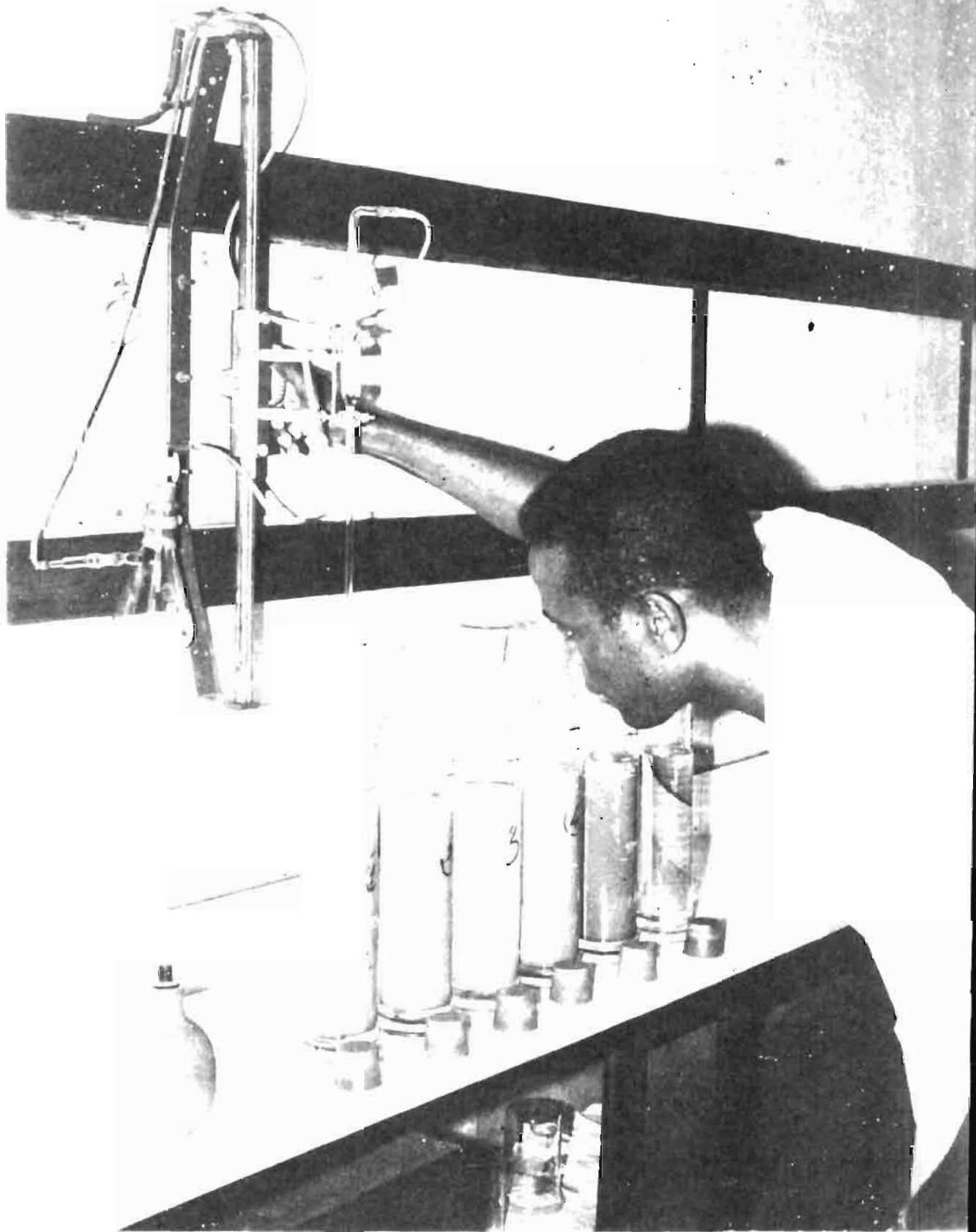
- CALCULS

- identiques à ceux concernant la mesure d'humidité.

- Si la détermination a été effectuée sur la terre séchée à l'air, retrancher l'humidité du résultat obtenu.

---

Effectué par série de : à la demande.



ANALYSE MECANIQUE

Installation de la pipette de Robinson

# ANALYSE MECANIQUE

- La détermination est effectuée sur la terre fine.
- Elle est accompagnée d'une mesure d'humidité et d'un dosage de la matière organique.
- Nous n'exposerons pas ici les méthodes destinées aux sols salés, calcaires, ou gypseux.
- La série comportera autant que possible 12 échantillons (l'agitateur étant à 12 places).
- Dans certains laboratoires, toute l'opération peut être menée en utilisant l'eau du robinet, à condition qu'elle soit faiblement minéralisée et de qualité constante. En cas de moindre doute, utiliser l'eau distillée ou permutée (Ce qui est le cas au Centre de Cayenne). L'eau de pluie peut également être utilisée.
- L'opération, du début du pipettage jusqu'à la fin du lavage des sables sera conduite dans une pièce aussi isotherme que possible, et exempte de courants d'air.

---

## A) - ATTAQUE

- Peser 10 g. de terre fine et les mettre dans un bécher de 600 cc. forme basse (20 g. si le sol est sableux) -
- Les mouiller avec 20 à 30 cc. d'eau et ajouter 30 cc. d'eau oxygénée à 30 vol. - Couvrir le bécher d'un verre de montre.
- Cette eau oxygénée sera pure, du type Electra, certaines, de qualité technique, ayant un fort résidu sec.
- Agiter et laisser au repos quelques heures (toute la nuit de préférence).
- Porter sur la plaque chauffante garnie d'un carton d'amiante (ou au bain-marie) et maintenir à une température inférieure à l'ébullition (env. 80°).
- De temps à autre, agiter vigoureusement et rajouter de petites fractions d'eau oxygénée à 30 vol. (10 à 20 cc.)
- En cas d'évaporation, rajouter un peu d'eau pour éviter la dessiccation..
- L'attaque est en principe terminée lorsque le liquide surnageant est clair et qu'il ne se produit plus de mousse.

- Si une mousse trop abondante se produit en début d'attaque, la faire redescendre par addition de quelques gouttes d'alcool éthylique.
- La durée de l'attaque peut varier de quelques heures à plusieurs jours selon l'importance et la forme de la matière organique.
- Ajouter ensuite dans chaque béccher 2 gouttes d'ammoniaque concentré et faire bouillir 1/4 d'heure pour chasser l'excès d'eau oxygénée.

#### B) - DISPERSION

- Faire passer le contenu du béccher dans un flacon de 1 l. (type bouteille de lait). S'il y a lieu, gratter le béccher à l'aide d'un "policeman", le rincer par jets de pissette, ainsi que l'entonnoir et s'assurer qu'il n'y reste aucune trace de terre.
- Amener le volume à 500 cc. environ avec de l'eau.
- Ajouter dans chaque flacon (de préférence à l'aide d'un jaugeur automatique) :
  - 50 cc. d'une solution de pyrophosphate de sodium à 30 g / l.
- Cette solution sera obtenue à froid ou tout au moins sans dépasser 60°.
- Cette concentration en pyro a été déterminée ici par l'usage comme donnant satisfaction dans la grande majorité des cas. Elle peut malgré tout être inférieure. La méthode classique donne en effet : 25 cc d'une solution à 40 g / l.)
- Porter les bouteilles sur l'agitateur rotatif de Wagner et faire tourner pendant 4 heures à la vitesse de 40 tours/ minute...
- (Ce temps de 4 h., qui convient ici, est également très variable. Il peut varier de 0 - pas d'agitation - à 10 ou 12 h. Toutefois, un temps trop long - ni surtout une vitesse trop grande - ne sont recommandables car ils peuvent provoquer une variation de texture des composants).
- A chaque fois que cela sera possible, cette agitation s'effectuera en dehors des heures de travail, le départ et l'arrêt de l'agitateur étant programmés électriquement. Cela permet à l'opérateur de commencer la phase "prélèvements" dès son arrivée.
- Transvider le contenu des flacons dans les allonges jaugées à l'aide d'un entonnoir; Rincer soigneusement et compléter le volume à 1 l.
- Effectuer en même temps un blanc à l'aide de l'eau et de la solution de pyro qui ont été utilisés dans la série (50 cc. de solution de pyro amenés à 1 l. dans une allonge). Dans cette allonge, placée à côté des autres, plongera un thermomètre au 1/10°.
- Se munir de bouchons caoutchouc ou vinyle s'adaptant bien sur les allonges.



### C) - PIPETTAGES

- Nous avons rendu cette opération automatique et recommandons de le faire à chaque fois que cela sera possible. L'installation comprend :

- Une pipette de Robinson de 20 cc. et son bâti avec manivelle, règle graduée et trop-plein (fournisseur CLOUP), se déplaçant sur 2 rails (en haut et en bas) au-dessus d'une paillasse aménagée à 75 cm. du sol.

- Une petite pompe à air (type photomètre à flamme) reliée par son côté aspiration à la pipette, et dont le débit a été réglé au préalable. Cette pompe est commandée à distance par un interrupteur placé à proximité de l'opérateur. Le tube plastique de liaison passe par un contre-poids muni de poulies qui permet le déplacement de la pipette sur toute la longueur des rails. Un système de robinets permet de commander l'aspiration de la suspension dans la pipette, et celle du trop-plein dans une fiole à vide. La durée du pipettage est de l'ordre de 15" réparties également de part et d'autre du temps de chute.

- À chaque fois qu'une nouvelle pipette est mise en service, son volume doit être vérifié par pesée précise de son contenu en eau distillée. Apporter s'il y a lieu une correction dans les calculs.

---

#### 1) - Argile + Limon

- Repérer la température et lire sur la table le temps de chute correspondant.

- Boucher l'allonge et l'agiter 10 à 15 fois par retournement. Vérifier qu'aucune particule n'adhère au fond. La poser et faire aussitôt démarrer le chronomètre.

- Déboucher l'allonge - rincer le bouchon, au-dessus du goulot d'un léger jet de pissette.

- Amener la pipette au-dessus de l'allonge, robinet fermé.

- La descendre jusqu'à ce que la pointe touche le niveau supérieur de la suspension. Noter la position de l'index sur la règle graduée.

- 20 à 30 secondes avant la fin du délai, descendre la pipette de 10 cm.

- Au temps voulu, effectuer le pipettage.

- Le contenu de la pipette est recueilli dans une boîte à tare à couvercle rodé préalablement séchée et tarée, qui est ensuite mise à l'étuve à 105° jusqu'à siccité. Laisser égoutter la pipette une dizaine de secondes.

- Un prélèvement est également effectué sur le blanc et traité d'une manière identique.

- S'il est nécessaire de gagner du temps, l'évaporation peut avoir lieu sur la plaque chauffante. Toutefois, ne pas aller jusqu'à siccité pour éviter les projections. Terminer l'opération à l'étuve à 105°.

## 2) - Argile

- Dès que le pipettage Argile + Limon est terminé, renouveler les mêmes opérations pour celui de l'argile. Le temps de sédimentation étant ici de l'ordre de  $6\text{ h}\frac{1}{2}$ , la température servant à déterminer le temps exact sera la moyenne de celles notées en début et fin d'opération. Cet écart doit rester faible.

- Si pour une raison quelconque il est impossible d'effectuer le prélèvement à l'heure ainsi indiquée, on peut choisir le temps de sédimentation qui convient (de 6 à 8 heures) en faisant varier la profondeur en conséquence. Toutes ces coordonnées figurent dans la bibliographie (entre autres Brunel - Tome II - page 298. Attention à la "coquille". Lire en face de  $25^\circ$ , pour 0,02 mm 4,15 et non 3,15).

- Après évaporation et séchage complet (effectués de nuit), peser les capsules.

## D) - SABLES

- Après le pipettage de l'argile, décanter la suspension par siphonnage, le tube du siphon plongeant de 20 cm., le temps de sédimentation, après agitation, étant le double de celui argile + limon, déterminé par la température.

- Rétablir le contenu de l'allonge à 1 l. avec de l'eau additionnée de 10 cc. environ de solution de pyro. Renouveler la sédimentation et le siphonnage, dans les mêmes conditions.

- Répéter l'opération jusqu'à élimination de toutes particules fines, mais sans ajouter de pyrophosphate. Il faut 2 à 4 lavages pour obtenir une eau surnageante parfaitement limpide.

- Il y a intérêt, pour cette opération, à faire confectionner un siphon métallique (tube de cuivre), dont la partie inférieure sera horizontale et percée d'un trou situé à sa partie supérieure, ceci pour n'aspirer que les composants se trouvant au-dessus de 20 cm.

- Il est pratique d'amorcer ce siphonnage à l'aide de la trompe à eau.

- Après le dernier lavage, transvaser les sables dans une capsule en porcelaine à fond plat ( $\emptyset$  environ 12 cm.) - Entraîner tous les grains de sable à l'aide d'un jet d'eau.

- Agiter le contenu de la capsule d'un mouvement giratoire, à l'aide d'une baguette de verre, laisser les sables se rassembler, et décanter en entraînant les débris organiques. (Cela 1 à 3 fois).

- Evaporer à sec, à la plaque chauffante ou à l'étuve. De toute façon terminer à l'étuve à  $105^\circ$ .

- Faire passer les sables dans une petite capsule tarée. Peser.
- Fractionner ces sables au tamis ouverture 0,2 mm. (n° 80 = AFNOR 24).
- Peser les sables fins, 0,02/0,2 mm., les sables grossiers 0,2/2 mm. étant obtenus par différence.

- CALCULS -

Prise initiale	10 g.
Allonge amenée à	1000 cc.
Pipette de	20 cc.
P et P'	= poids des résidus secs.
Pb et Pb'	= poids des résidus sur le blanc
A + L %	= $P - Pb \times 500$
A %	= $P' - Pb' \times 500$
L %	= $A + L \% - A \%$
Sables %	= poids trouvés $\times 10$ .

- Vérification : la somme de ces différentes fractions, plus humidité, plus teneur en matière organique doit donner un total de 100.

- Tout résultat bouclant entre 98 et 102 est tenu pour bon.

- Ce résultat n'est pas un critère de justesse, des erreurs internes pouvant intervenir sans influencer le total, certaines fractions étant obtenues par différence.

---

Effectué par série de : 12



Echantillons : .....

Date :

- ANALYSE MECANIQUE -

P O U R C E N T A G E										
No	No Echant.	A. + L.	A.	L.	S. F.	S. G.	M. O.	H.	Total	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

E) - LIMON GROSSIER

- Cette fraction (20 / 50 microns) pourrait être obtenue au cours de l'opération précédente. Il suffirait d'ajouter, lors du fractionnement des sables, un tamis de 50 µ sous celui de 200 µ et de peser le résidu. Toutefois, un tamisage à sec, sur des mailles aussi fines, portant sur une quantité très faible, conduira fatalement à un résultat entaché d'erreur.

Nous procédons par une autre méthode, beaucoup plus longue, mais qu'il est néanmoins nécessaire d'adopter à chaque fois qu'il faut pratiquer la granulométrie des sables, ce qui est fréquent.

---

- La prise sera cette fois de 50 à 100 g. de sol, dans un bécher de 600 cc. forme basse.

- Effectuer la destruction de matière organique par l'eau oxygénée (quantité variable selon la teneur).

- Ajouter ensuite, dans le bécher environ 50 cc. de solution de pyrophosphate et porter à ébullition pendant environ 20 minutes.

- Laisser refroidir et tamiser sous courant d'eau sur tamis de 50 µ (n° 300 - AFNOR 18). L'opération est effectuée à l'aide de l'appareil "Pulvérisette" FRITSCHE fourni par Paris-Labo, jusqu'à obtention d'une eau parfaitement limpide (environ 5 mm.)

- Récupérer les sables dans une capsule - Sécher - peser.

- CALCULS

- Nous obtenons ici la fraction 0,05 / 2 mm, calculée selon la prise.

Lors de l'opération précédente, nous avons obtenu celle correspondant à 0,02 / 2 mm.

La différence nous donnera le limon grossier 20 / 50 µ.

---

Effectué par série de : 10 à 20.

ANALYSE MECANIQUE

PRELEVEMENTS ARGILE + LIMON et ARGILE

Temps de chute pour une profondeur de 10 cm.

Température ° C	ARGILE + LIMON 0 / 20 microns en minutes et secondes	ARGILE 0 / 2 microns en heures et minutes
24	4,22	7 h 16
25	4,15	7 h 06
26	4,10	6 h 56
27	4,04	6 h 47
28	3,59	6 h 38
29	3,54	6 h 29
30	3,48	6 h 21
31	3,43	6 h 13
32	3,38	6 h 05
33	3,33	5 h 58



ANALYSE MECANIQUE

PRELEVEMENTS ARGILE

Profondeur du prélèvement pour un temps de chute de :

Température °C	8 heures	7 heures	6 heures
24	11 cm.	9,7 cm.	8,3 cm.
25	11,3	9,9	8,5
26	11,5	10,1	8,7
27	11,8	10,3	8,9
28	12,1	10,6	9,1
29	12,3	10,8	9,3
30	12,6	11	9,5
31	12,9	11,2	9,7
32	13,2	11,4	9,9
33	13,5	11,7	10,1



LE TAMISEUR PULVERISETTE - FRITSCH

# GRANULOMETRIE DES SABLES

- Les sables obtenus lors de l'opération précédente sont introduits dans une colonne de tamis d'ouverture décroissante qui permettent d'obtenir :

Fond .....	fraction 0,050 / 0,100 mm.
ouverture 0,100 mm (n° 150 = AFNOR 21)	" 0,100 / 0,200 "
" 0,200 " (n° 80 = AFNOR 24)	" 0,200 / 0,500 "
" 0,500 " (n° 35 = AFNOR 28)	" 0,500 / 1. "
" 1 " (n° 18 = AFNOR 31)	" 1 / 2 "

- L'opération est effectuée, à sec, sur l'appareil "Pulvérisette"
- La durée du tamisage a été normalisée à 10 minutes, l'amplitude de la vibration réglée à 1,5. Elle est ainsi suffisante et ne risque pas d'entraîner un broyage s'il se trouve des parties friables.
- Chaque fraction est pesée et le poids rapporté à 100 en fonction de la prise de sol.

---

Effectué par série de : 10 à 20



# COURBES CUMULATIVES ET MORPHOSCOPIE

## A) - COURBES CUMULATIVES

- Elles ne sont effectuées que si un examen approfondi du sol est demandé, sur l'échantillon non broyé.
- La prise sera calculée pour qu'elle renferme au moins 75 g. de sables. Elle est en général de 100 g. ou 150 g. de sol.
- Elle sera traitée comme précédemment pour détruire la matière organique et faciliter la dispersion. Puis la suspension sera passée sur le tamis de 50 µ (sous courant d'eau), les sables séchés et pesés.
- Prélever sur ces sables un poids connu, en général 75 g. en soignant l'échantillonnage, ou mieux prendre la totalité.
- Faire passer sur une colonne du type suivant :

<u>tamis - ouverture</u>	0,050 mm	(n°300 == AFNOR 18)	(pour vérification)
	0,063 "	(n°250 = " 19)	(1)
	0,080 "	(n°200 = " 20)	
	0,100 "	(n°150 = " 21)	
	0,125 "	(n°120 = " 22)	
	0,160 "	(n°100 = " 23)	
	0,200 "	(n° 80 = " 24)	
	0,250 "	(n° 70 = " 25)	
	0,315 "	(n° 55 = " 26)	
	0,400 "	(n° = " 27)	
	0,500 "	(n° 35 = " 28)	
	0,630 "	(n° 30 = " 29)	
	0,800 "	(n°22,5= " 30)	
	1,250 "	(n° 16 = " 32)	
	1,600 "	(n° 12 = " 33)	

(1) - Normalement, aucun composant ne doit traverser ce tamis puisqu'il a été utilisé auparavant. Un résidu en fond de colonne ~~ne indiquera~~ une perte par suite de la présence d'éléments friables et serait à signaler.

<u>Passoire - ouverture</u>	2	(AFNOR 33)
	2,500	( " 34)
	3,150	( " 35)
	4	( " 36)
	5	( " 37)
	6,300	( " 38)
	8	( " 39)
	10	( " 40)
	12,500	( " 41)
	16	( " 42)
	20	( " 43)

Ces dernières si nécessaires - L'appareil ne supportant que 10 tamis, l'opération est effectuée en 2 temps. Les manipulations utilisant les passoires de grande ouverture peuvent être effectuées manuellement.

- Peser chaque fraction et calculer les pourcentages cumulatifs d'après le poids de la prise de sable.

- Reporter ces pourcentages sur papier contre-calque semi-logarithmique à 3 (ou 4) modules. En ordonnée (arithmétique) les pourcentages cumulés, en abscisse (logarithmique) les granulométries correspondant aux différents tamis - Tracer la courbe.

- A côté de celle-ci figurement quelques renseignements participant à son interprétation.

- la médiane : c'est l'abscisse dont l'ordonnée est 50 %

- l'hétérométrie (selon Cailloux)

et - le Qdphi (selon Krumbein)

qui sont 2 indices caractérisant la pente de la courbe. Ils sont mesurés instantanément sur celle-ci à l'aide d'une bandelette de carton préparée une fois pour toutes, d'après le module de papier semi-logarithmique employé. (Voir modèle ci-joint utilisé pour un module de 90 mm.)

- Hétérométrie - on la mesure dans la partie où la courbe est la plus redressée, dans un intervalle d'ordonnées de 25 %.

- Qdphi - Mesurer à l'aide de la bandelette, l'intervalle d'abscisse qui sépare 25 et 75 % en ordonnée. Diviser le résultat obtenu par 2 (par convention).

- Plus ces indices sont grands, plus le sédiment est mal trié.

# GRANULOMETRIE DES SABLES

## EXAMEN DES COURBES CUMULATIVES



Modèle de la bandelette en carton destinée à la mesure  
de :

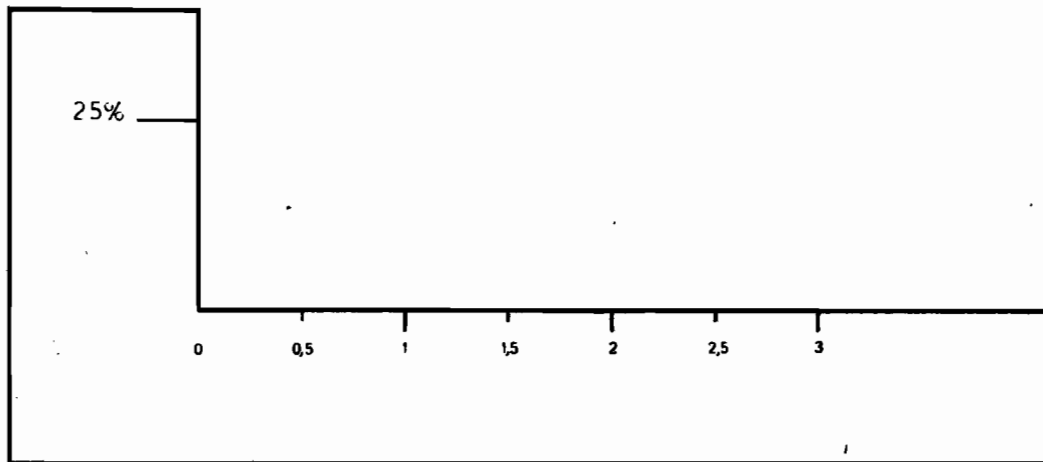
Hé = Hétérométrie (Cailleux)

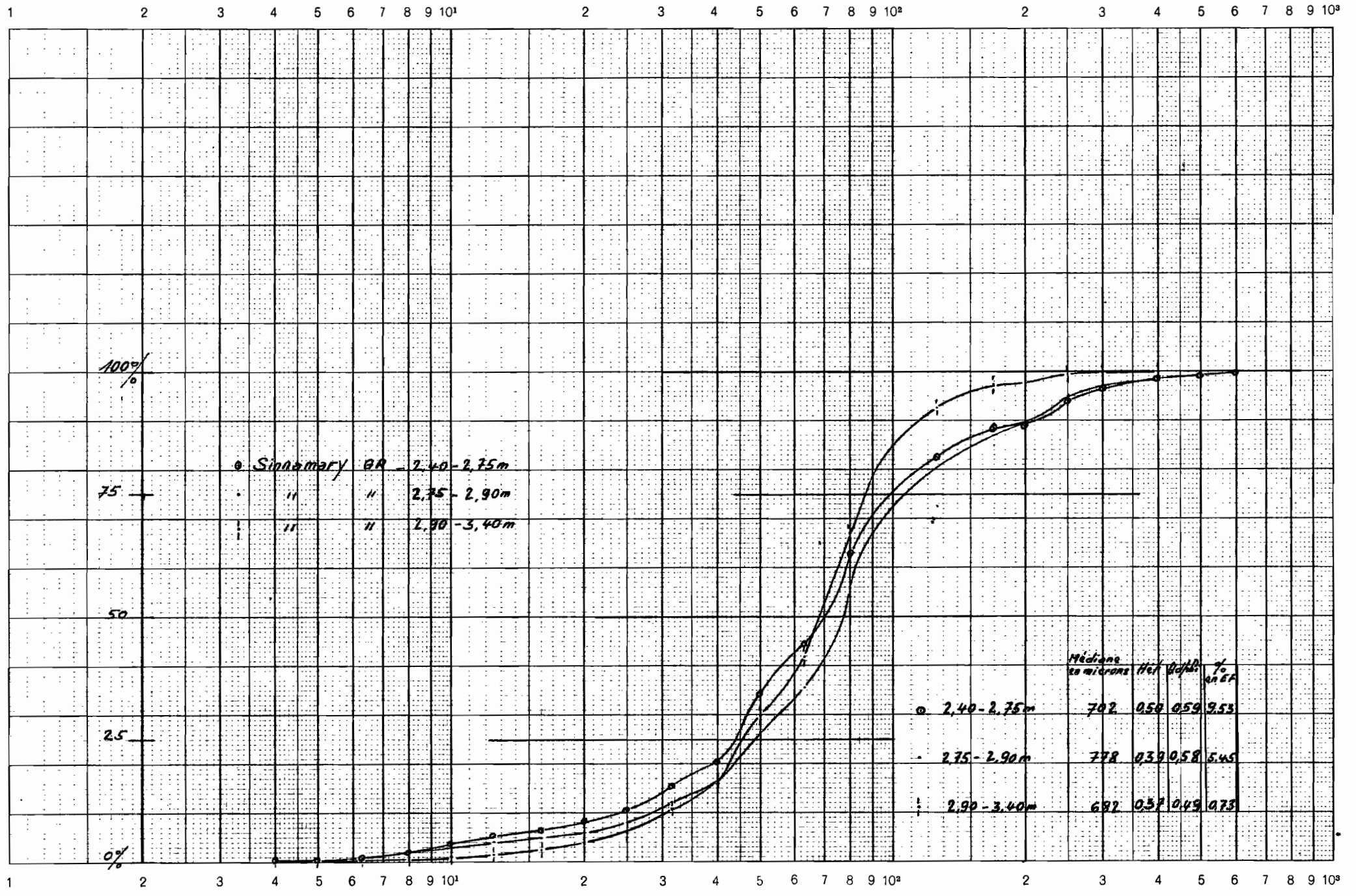
Qd phi (Krumbein)

Valable pour un papier semi-logarithmique

d'ordonnée 0/100 = 100 mm

d'abscisse logarithmique de module 90 mm.





Logar. Teilung } 1 - 1000 Einheit } 90 mm  
 Division } Unité }



GRANULOMETRIE

COURBES CUMULATIVES

TAMIS	OUVERTURE	MASSE	MASSE	%	
MODULE AFNOR	en microns		cumulée	cumulatif	Poids total
Fond de Colonne					
17	40				
18	50				
19	63				
20	80				
21	100				
22	125				
23	160				
24	200				
25	250				
26	315				
27	400				
28	500				
29	630				
30	800				
32	1 260				
33	1 700				



- Pour plus de détails sur ces indices, consulter "Initiation à l'étude des sables et des galets" de A. Cailleux et J. Tricart - Tome 1, page 148, ouvrage dans lequel ces renseignements ont été puisés.

- La courbe est également complétée par :

- le pourcentage en éléments fins ( $< 50 \mu$ ) du sol traité. Celui-ci est déterminé par différence : poids de la prise moins poids total des sables

---

Effectué par série de : à la demande.

### B) MORPHOSCOPIE DES SABLES

- Elle n'est effectuée que sur demande spéciale, à l'aide d'une loupe binoculaire permettant un grossissement compris entre 36 et 140, équipée d'un micromètre-cible.

- Les recherches et les méthodes en la matière étant très diverses, les demandes devront être formulées avec précision.

- Elle portera le plus souvent sur l'étude des grains quartzeux, quant à leur forme et leur état de surface.

- Si les sables à examiner ne sont pas parfaitement propres, leur faire subir un lavage chlorhydrique (à froid ou à chaud).

- L'examen portera en général sur un groupe de grains de même dimension, celle-ci étant appréciée à l'aide du micromètre. Cet examen est effectué ici sur 25 grains pris au hasard.

- La morphoscopie porte en même temps sur la recherche des minéraux lourds et leur identification.

---

La morphoscopie sort du domaine du travail de série et requiert l'emploi d'un agent spécialisé. Aussi, pour plus de détails, se reporter à l'ouvrage précédemment cité de A. Cailleux et J. Tricart.

MORPHOSCOPIE

Echantillon :

Diamètres :

F O R M E S					
Etat de Surface	Anguleux N.U. x 0	Subanguleux (Angles-Abattus) x 2	Emoussés x 4	Ovoïdes x 6	Ronds x 8
Brillant					
Terne					
Luisant					
Picoté					
Mat					
Indice d'usure :		+	+	+	+

=====

Observations :

# MESURE DU PH

## A) - EN MILIEU AQUEUX

- Elle est effectuée sur une suspension de sol dans l'eau distillée (et non permutée) dans le rapport de 1 à 2,5.
- Peser 20 g. de terre fine. Faire passer dans un bécher de 100 cc.
- Ajouter 50 cc. d'eau fraîchement distillée, ou d'eau distillée bouillie.
- Porter sur l'agitateur magnétique et faire tourner 10 minutes.
- Retirer le bareau aimanté et amener sous les électrodes.
- Mettre l'appareil sur position pH. Lire la valeur. Agiter à la main 2 ou 3 fois et faire la lecture définitive quand la position de l'aiguille est stable. La lecture demande en général moins d'une minute.
- Pour les sols sableux, il est plus indiqué d'effectuer la mesure sur une suspension obtenue dans le rapport 1/1, par exemple : 30 g. de terre et 30 cc. d'eau, l'opération étant conduite de la même façon.
- Bien indiquer sur la feuille de résultat avec quel rapport la détermination a été effectuée.
- Prendre la température moyenne des suspensions. La plupart des pH mètres possèdent maintenant un correcteur de température qu'il suffit de régler. Sinon, utiliser s'il y a lieu l'abaque de correction fourni avec l'appareil.

## B) - EN MILIEU KCl N/1

- Ajouter avec une mesure 3,8 g. de chlorure de potassium cristallisé dans le bécher où vient d'être mesuré le pH en suspension aqueuse.
- Agiter 3 minutes et effectuer la lecture comme précédemment. Elle exprime l'acidité d'échange.

## C) - SUR SOL FRAIS

- Une petite quantité de terre (non pesée), est amenée à l'état de pâte fluide avec le minimum d'eau.
- Agiter 10 minutes et effectuer la lecture dans les mêmes conditions que précédemment.

- MATERIEL

1) - La suspension est obtenue sur un banc d'agitation magnétique à 6 places qui permet de travailler en continu, à raison d'une mesure toutes les 3 minutes.

- L'appareil utilisé est un BIOLYON type S 52 tropicalisé - (précision : meilleure que 0,1).

- REMARQUES

1) - Le pH mètre doit être allumé 20 minutes avant toute mesure.

2) - Il doit ensuite être étalonné à l'aide des solutions tampons (en général 7 et 4).

3) - Veiller à n'utiliser que des solutions-tampons ne présentant aucun doute - Le tampon 7 est évidemment le moins durable.

4) - Il est déconseillé d'effectuer la mesure au-dessus de l'agitateur magnétique en marche, celui-ci pouvant interférer sur la lecture en créant des phénomènes de capacité. De plus, c'est un risque de casse pour les électrodes.

5) -- Les électrodes doivent être parfaitement entretenues :

- Electrode de verre : la maintenir très propre. En cas de doute, lui faire subir un trempage rapide dans un milieu oxydant (acide nitrique, perchlorique) suivi d'un rinçage. En période d'attente, la conserver dans un tube rempli d'eau distillée.

- Electrode au calomel : Veiller à maintenir le niveau de KCl à l'intérieur et à ce que la pointe laisse suinter librement cette solution dont on s'assurera de la saturation en y laissant séjourner en permanence quelques cristaux de KCl. Entre les mesures, la conserver dans un tube contenant la même solution.

6) - Si la tension du courant alimentant l'appareil est appelée à subir des variations importantes, il y a intérêt à y adjoindre un régulateur (reguolt : M C B et Veritable Alter). Une installation très poussée peut comprendre également un alternostat et un voltmètre de contrôle.

7) - Le pH d'un sol est une mesure plus délicate qu'il ne le paraît. Elle s'applique en effet à un milieu particulièrement hétérogène et faiblement ionisé. La fidélité d'un appareil et la reproductibilité des résultats ne sont pas pour autant des critères de justesse. Le seul moyen de s'assurer de la valeur absolue d'un résultat consiste à effectuer la détermination sur 2 appareils munis d'électrodes différentes. C'est en général à ce moment que les ennuis commencent et que l'on s'aperçoit qu'il est bien vain de prétendre donner le résultat avec 2 décimales (Cf. mon rapport : "Remarques sur la mesure potentiométrique du pH des sols en suspension aqueuse" - Avril - Mai 1958, Centre ORSTOM Brazzaville).

Série N° : .....

Date : .....

Température : .....

MESURE DU pH

(  $\frac{\text{Sol}}{\text{eau}}$      $\frac{1}{2,5}$      $\frac{1}{1}$   
( Kcl

Température : .....

N°	Echantil.	pH
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

N°	Echantil.	pH
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		

# POROSITE

- Cette détermination est peu demandée ici. C'est le rapport qui existe entre le poids spécifique réel D et le poids spécifique apparent d du sol, selon la formule :

$$\text{Porosité} = 100 \times \frac{D - d}{D}$$

d'où la nécessité de mesurer ces 2 grandeurs : D et d.

## A) - POIDS SPECIFIQUE REEL

- Dans la plupart des cas, nous nous contentons d'adopter la valeur moyenne de 2,65. Si une plus grande précision est demandée, effectuer la détermination au picnomètre, en utilisant un liquide organique non polaire (benzène, toluène, xylène...). La technique - délicate - de l'opération, est exposée, entre autres, dans BRUNEL - Tome II page 309.

## B) - POIDS SPECIFIQUE APPARENT DU SOL EN PLACE

- La détermination revient à peser un volume précis de sol, prélevé avec soin à l'aide d'un cylindre de capacité exactement connue. La technique est également exposée en détail dans BRUNEL.

---

Il est évident que ces deux mesures sont effectuées sur la terre brute, sans broyage ni séchage.



# STABILITE STRUCTURALE

## A) - INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE

- Cette détermination s'effectue sur la terre fine obtenue au tamis d'ouverture 2 mm., provenant de mottes n'ayant pas été abîmées au cours du prélèvement.
- La méthode utilisée est celle diffusée par les S.S.C. de Bondy et décrite dans "Annales agronomiques - 1958 - 9 - n° 1".
- La partie cruciale en est le tamisage, qui peut s'effectuer à la main ou à l'aide de l'appareil de Féodoroff. L'opération manuelle est délicate et exige un sérieux entraînement. Nous préférons utiliser l'appareil, qui procure une manipulation plus aisée et conduit à des résultats plus reproductibles. Toutefois, il faut alors travailler sur des prises de 5 g. (et non 10 g.) et l'échantillonnage est délicat. Les mesures sont en général effectuées en double.
- Pour tous détails sur la technique de Féodoroff, se reporter à "Annales agronomiques - 1960 - 11 - n° 6".

---

Nous ne redécrivons pas la méthode, très bien exposée dans les publications citées, que chacun peut se procurer.

### - REMARQUE

- Pour certains sols, la prise de 5 g. conduit à des prélèvements Argile + Limon d'un poids extrêmement faible et donc à une manipulation délicate.



B) - PERMEABILITE

- Cette détermination s'effectue également sur la terre fine obtenue au tamis de 2 mm. selon la méthode dont références déjà citées (Instabilité structurale), qu'il est inutile de décrire à nouveau ici.

- REMARQUES

- Une cause d'imprécision est due à une reproductibilité aléatoire de la section des tubes. Choisir ceux qui ont le diamètre le plus voisin et adopter une section moyenne. (Remarque déjà faite par M. GOUZY à Loné.)

- Nous doublons le morceau d'étoffe fermant la base du tube par un morceau de toile moustiquaire en nylon, qui le consolide. Les tubes reposent dans des entonnoirs,

- Nous avons amélioré la manipulation par un "bricolage" déjà expérimenté à Brazzaville par G. MARTIN, qui donne ici toute satisfaction.

La rampe supportant les colonnes est surmontée d'un tube de cuivre fermé à une extrémité sur lequel sont soudés 12 "cols de cygne" se terminant par des robinets à boisseau dont la tige pénètre à l'intérieur des colonnes, et ajustés au niveau demandé.

Ce tube est alimenté en charge par un réservoir de 10 l. d'eau distillée. Entre les deux, sur le côté de la rampe, est placé un carburateur dont on aura au préalable plombé suffisamment le flotteur, fixé sur un support "boy" de hauteur facilement réglable.

Amorcer l'ensemble. Fermer les robinets. Mettre les colonnes en place. Les remplir d'eau et ouvrir les robinets.

Choisir le carburateur pour que son débit permette d'alimenter 10 à 15 colonnes.

Après quelques tâtonnements sur le réglage de la hauteur du carburateur, on obtient un appareil permettant un écoulement parfait.

---

Nous avons également fabriqué un appareil type MUNTZ (décrit dans plusieurs ouvrages dont BRUNEL - Tome II page 319) qui nous permet de mesurer la perméabilité du sol en place.

Série N° :

PERMEABILITE : K

Date :

N°	N° Echantillon	Hauteur terre	Vol.	K.	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

# CONDUCTIVITE

Cette mesure ne concerne que les sols salés. Elle est effectuée sur l'extrait de saturation, selon la méthode diffusée par les S.S.C. de Bondy.

---

## - MODE OPERATOIRE

### A) - Saturation

- Peser 100 g. de terre fine dans une capsule porcelaine d'au moins 500 cc.
- Humecter la terre, sans malaxer, avec de l'eau distillée, jusqu'à ce que l'eau ne s'infiltré plus. (Utiliser une burette de 100 cc. pour connaître le volume de l'eau ayant servi à l'obtention de la pâte).
- Malaxer avec une spatule et ajouter de l'eau jusqu'à obtention d'une pâte satisfaisant aux conditions suivantes :
  - Elle doit couler lentement quand on incline la capsule.
  - Sa surface doit être brillante,
  - Elle doit se détacher librement de la spatule.
- Rassembler cette pâte au fond de la capsule en ménageant un trou de 2 ou 3 cm<sup>2</sup>.
- Laisser reposer au moins 4 heures, en couvrant d'un papier filtre humide.
- Après une heure, si de l'eau s'est rassemblée dans le trou, le point de saturation a été dépassé et il convient de rajouter de la terre. En noter le poids. Dans le cas contraire, renouveler néanmoins les trois tests précédents.
- Passer la pâte sur un buchner de 10 cm. de diamètre adapté à une fiole à vide contenant un peu d'eau (pour limiter l'évaporation du filtrat) et garni d'un filtre plat bleu.
- Le filtrat est recueilli dans un tube maintenu sous le buchner.
- N'effectuer la mesure de conductivité que sur une fraction parfaitement limpide.
- Ne pas perdre de solution si les sels solubles doivent être effectués à la suite.

B) - Mesure

- Elle est effectuée ici à l'aide du pont de Kohlrausch muni de son électrode, selon le processus classique qui suppose la connaissance de la température et du coefficient de l'électrode.

- CALCULS

R = résistance lue sur l'appareil en ohms

K = constante de l'électrode

ft = correction de température (donnée par la table ci-jointe)

r = résistivité =  $\frac{R \times K}{ft}$

c = conductivité =  $\frac{1}{r}$  (en rhos)

le résultat est exprimé en millimhos, pour une température de 25°  
d'où:  $C_{25} = \frac{1000}{r}$

- REMARQUES

1) - Si l'échantillon est insuffisant, il est possible d'opérer sur une quantité comprise entre 50 et 100 g.

2) - Certains sols, bien que légèrement salés, ont un pouvoir dispersant élevé et une filtration classique est quelquefois insuffisante. Nous terminons à ce moment l'opération sur membrane, à l'aide de l'appareil prévu à cet effet. (Membranes "Millipore" de 0,8 ou même 0,45 microns - JOUAN).

3) - Le filtrat obtenu peut également servir au dosage des sels solubles (anions et cations). A ce moment, le recueillir intégralement, et après mesure de la conductivité, le faire passer dans une fiole jaugée qu'on complètera avec les eaux de lavage.

4) - La conductivité des solutions salines croît en moyenne de 2 à 3 % par degré. Il est donc nécessaire, pendant la mesure, de repérer exactement la température. Pour une comparaison commode, les résultats sont en général rapportés à 25°.

5) - La constante de la cellule de mesure n'est pas immuable. La vérifier périodiquement, surtout si elle est restée longtemps stockée, à l'aide d'une solution titrée de KCl dont on trouve la conductivité dans les tables.

6) - Au cas où l'on ne disposerait pas de la table de correction de température, appliquer, pour le calcul de la résistivité à 25°, la formule suivante :

$$r_{25} = \frac{R \times K \times K \times 100}{100 + (2d)}$$

où d = différence entre température ambiante et 25°

d est positif en-dessous de 25° et négatif au-dessus.

TABLE DE CORRECTION DE TEMPERATURE

pour obtenir la résistivité à 25°

t°	1/10°				
	0	2	4	6	8
20	1.112	1.107	1.102	1.097	1.092
21	1.087	1.082	1.078	1.073	1.068
22	1.064	1.060	1.055	1.051	1.047
23	1.043	1.038	1.034	1.029	1.025
24	1.020	1.016	1.012	1.008	1.004
25	1.000	0.996	0.992	0.988	0.983
26	0.979	0.975	0.971	0.967	0.964
27	0.960	0.956	0.953	0.950	0.947
28	0.943	0.940	0.936	0.932	0.929
29	0.925	0.921	0.918	0.914	0.911
30	0.907	0.904	0.901	0.897	0.894
31	0.890	0.887	0.884	0.880	0.877
32	0.873	0.870	0.867	0.864	0.861
33	0.858				
34	0.843				
35	0.829				





ANALYSES  
CHIMIQUES

# CARBONE

- Il est effectué ici selon la méthode WALKLEY et BLACK. Sa précision est suffisante, et c'est la mieux adaptée au travail de série.

## REACTIFS

- Bichromate de potassium, solution N/1, obtenue en faisant dissoudre 49,035 g. de  $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$  dans l'eau distillée. Compléter à 1000 cc. S'il ne s'agit pas d'ampoules, le produit sera auparavant broyé et séché au dessiccateur.

- Sel de Mohr, solution N/2, obtenue en faisant dissoudre 196 g. de  $\text{SO}_4\text{Fe}$ ,  $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ ,  $6\text{H}_2\text{O}$  dans l'acide sulfurique environ N/2. Compléter à 1000 cc. à l'aide de la solution sulfurique. La pesée est effectuée au trébuchet et le titre exact déterminé à l'aide du bichromate lors de chaque série.

- Diphénylamine sulfonate - Faire dissoudre 0,5 g. de diphénylamine dans 100 cc. d'acide sulfurique concentré. Verser dans 20 cc. d'eau - Conserver dans un flacon brun (virage du violet au vert).

## MODE OPERATOIRE

- Peser une prise de terre broyée dont le poids sera compris entre 0,5 et 10 g., selon la richesse en matière organique. L'introduire dans un erlen de 350 cc.

- Ajouter à la burette (ou à la pipette automatique) 10 cc. de bichromate N/1  
à l'éprouvette (ou mieux au jaugeur) 20 cc.  $\text{SO}_4\text{H}_2$  concentré.

- Agiter 1 minute - Abandonner 30 minutes sur carton d'amiante.

- Ajouter : 200 cc. d'eau  
10 cc. d'acide phosphorique  $d = 1.71$   
ou 5 à 10 g. de fluorure de sodium  
quelques gouttes de diphénylamine-sulfonate.

- Titrer à la burette l'excès de bichromate par la solution de sel de Mohr.

- Au cours de chaque série, titrer le sel de Mohr dans les mêmes conditions et effectuer la correction pour obtenir des chiffres correspondant exactement à N/2.

- Effectuer un blanc à l'aide de sable calciné.

- Le poids de la prise étant déterminé d'une manière empirique (couleur du sol, numéro de l'horizon, ou mieux teneur en azote), il arrive qu'il soit nettement trop faible ou trop fort.

Après 20 minutes d'attaque, la couleur du liquide indique grossièrement si la prise est bonne :

orange = excès de bichromate = prise trop faible  
vert foncé = défaut de bichromate = prise trop forte.

Dans ces 2 cas, il n'est pas nécessaire de poursuivre le dosage.

Recommencer en modifiant le poids de la prise en conséquence.

- CALCULS

- 1 cc. de bichromate N/1 correspond théoriquement à 3 mg. de carbone .

- La réaction n'étant pas complète (77 %), on admet que :

- 1 cc. de bichromate N/1 correspond à 3,9 mg. de carbone.

- On admet également que :

matière organique = carbone X 1,727

- le carbone, exprimé pour mille, est donné par le tableau:

poids de la prise	n	cc bichromate N/1 X par
0,200 g.		19,5
0,250		15,6
0,500		7,8
1		3,9
1,5		2,6
2		1,95
3		1,3
5		0,78
10		0,39

- Pour des raisons pratiques, le carbone est en effet exprimé pour mille (comparaisons avec l'humus et l'azote), tandis que la matière organique restera exprimée pour cent (utilisation dans les calculs d'analyse mécanique).

- REMARQUES

1) Calcul des quantités limites

Le facteur utilisé dans le calcul (100 / 77) ne convient que si la prise contient entre 10 et 25 mg. de carbone.

- Cette prise doit donc absorber

au minimum :  $\frac{10}{3,9}$  , au maximum :  $\frac{25}{3,9}$  cc de bichromate N/1

soit 2,56 cc. à 6,41 cc " "

- La quantité de bichromate en excès doit donc être comprise entre 7,44 cc. et 3,59 cc.

- Le volume de sel de Mohr N/2 nécessaire doit donc être compris entre

14,88 cc. et 7,18 cc.

- T étant le facteur de correction à apporter selon le titre de notre sel de Mohr, le dosage sera correct si l'on coule :

au plus  $\frac{14,88}{T}$  cc. , au moins  $\frac{7,18}{T}$  cc. de sel de Mohr.

2) - L'expérience prouve qu'on peut être amené à doser des teneurs en carbone élevées conduisant à sortir des limites de la méthode.

- 2 - 1) - Cas des terres riches en matière organique

- Nous avons accepté le principe d'utiliser une prise inférieure à 0,5 g. soit 0,250 g. ou même 0,200 g. Nous pouvons ainsi doser jusqu'à 125 0/00 de carbone, soit 21,5 % de matière organique.

- Dans ce cas, l'échantillonnage sera particulièrement soigné et le dosage effectué en double.

- 2 - 2) - Cas des terres très riches en matière organique

- la seule solution, même en utilisant une prise faible, est de doubler, voire tripler la quantité d'oxydant (bichromate et acide sulfurique).

- En tenir compte dans le calcul et bien noter que le résultat, à ce moment, n'est qu'approximatif.

- On peut également, dans ce cas, recouper le résultat obtenu avec celui provenant d'une perte au feu.

3) - Au cours du dosage, l'emploi de l'acide phosphorique (ortho) est préférable à celui du fluorure de sodium :

- il coûte moins cher,
- il n'attaque pas les erlens comme le fait le fluorure,
- il est aussi pratique si l'on utilise un jaugeur,
- il confère à la solution à doser une plus grande limpidité et donc une meilleure visibilité du virage.

4) - Pour des raisons de rapidité, il est admis, au cours du dosage, de dépasser légèrement le virage. Rajouter dans l'erlen 0,5 cc. - à l'aide d'une pipette précise - de bichromate N/1 et terminer le dosage à la goutte.

- tenir compte dans les calculs que la quantité de bichromate introduite n'est plus à ce moment de 10 cc., mais de 10,5 cc.

5) - Contrairement aux dires de certains auteurs (ex. : Brunel, tome 2, page 353), des particules de carbone provenant de l'action du feu sur la végétation peuvent être partiellement dosées par cette méthode et s'ajouter ainsi à la teneur réelle du sol en matière organique. L'erreur intervenant dans ce cas est essentiellement fonction de la finesse de ces particules.

6) - Dans le cas de sols salés, se méfier que les chlorures réduisent quantitativement le bichromate. Il faut donc :

- Soit éliminer le chlore en utilisant de l'acide sulfurique concentré contenant 25 g. de sulfate d'argent par litre.

- Soit effectuer une correction (1 0/00 de chlore correspond à 1/12 0/00 de carbone).

7) - Dans le même ordre d'idée, si l'on utilise le fluorure de sodium, il faut choisir la qualité pure, exempte de chlorure.

---

Effectué par série de : l'ordre de 20.



# AZOTE TOTAL

- Méthode de référence : KJELDAHL, pratiquée aux laboratoires de Bondy.

## - REACTIFS

- Acide sulfurique pur.

- Catalyseur : sulfate de potassium 40 g.  
sulfate de cuivre 4 g.  
sélénium en poudre 2 g.

(Un mélange très fin et très homogène de ces 3 produits est obtenu, mieux et plus vite qu'au mortier à l'aide du broyeur-atomiseur B17 CNTA).

- Lessive de soude 10 N : 400 g. au litre  
(A préparer avec précaution, en agitant et en refroidissant).

- Acide sulfurique N/20

- Acide borique à 4 % : 40 g./l. (dissoudre à chaud).

- Indicateur : Vert de Bromocrésol, sel de sodium,  
à 0,1 % dans l'eau : 1 partie  
Alizarine sulfonate, " "  
à 0,1 % dans l'eau : 1 partie  
pH de virage : 5,6 (du bleu au vert)  
(à conserver en flacon brun).

## - MODE OPERATOIRE.

- Peser 2 g. de terre broyée et l'introduire dans un matras de 150 ou 200 cc. (5 g. pour des sols pauvres).

- Ajouter : 1,3 g. de catalyseur (à la mesure calibrée)  
15 cc. d'acide sulfurique pur  
quelques billes de verre.

- Bien agiter pour que toute la terre soit bien mélangée à l'acide.

- Coiffer le col du matras d'un petit entonnoir à longue tige ou d'un tube à collerette rempli d'eau - (si l'on ne dispose pas d'un récepteur de vapeurs).

- Porter sur bain de sable ou mieux sur la rampe d'attaque.

- Chauffer lentement pendant  $\frac{1}{2}$  heure.

- Augmenter ensuite le chauffage jusqu'à ébullition douce.

- Maintenir cette ébullition jusqu'à décoloration du contenu. Noter l'heure à laquelle elle se produit et laisser bouillir encore 1 heure au minimum.

- Laisser refroidir puis rincer l'entonnoir (ou le tube) et le col du matras à l'aide de la pissette.
- Faire passer dans le ballon à distiller (ici erlen de 1 l.) en rinçant 2 fois le matras avec environ 100 cc. d'eau. Le volume total obtenu est de l'ordre de 250 à 300 cc. Y ajouter quelques grammes de talc pur pour régulariser l'ébullition.
- Introduire 75 cc. de solution de soude 10 N à l'aide de l'entonnoir à robinet. Laisser ensuite dans celui-ci quelques cc. d'eau.
- S'assurer que toutes les fermetures sont étanches et distiller.
- L'ammoniac est reçu dans un bécher 250 cc. forme haute (ou mieux une fiole de Berzélius) contenant 50 cc. d'acide borique à 4 % et 10 gouttes d'indicateur.
- Par sécurité, on distille ainsi 100 à 150 cc. de solution.
- On peut effectuer un blanc qui est en général négligeable.
- Il est préférable, pour tester le manipulateur et l'appareillage, d'effectuer de temps à autre une analyse-témoin à l'aide d'une solution de titre connu (par exemple sulfate d'ammonium en solution N/10).
- Titrer avec  $\text{SO}_4\text{H}_2$  N/20.

- CALCULS

- 1 cc. d'acide N/20 correspond à 0,7 mg. d'azote
- Pour une prise de 2 g. :  
Azote exprimé pour mille =  $n \text{ cc} \times 0,35$
- Pour une prise de 5 g. :  
Azote exprimé pour mille =  $n \text{ cc} \times 0,14$
- Le tableau ci-joint donne les résultats se rapportant à une prise de 2 g.

- MATERIEL

Les attaques sont exécutées sur une rampe électrique de 12 places à 2 étages, munie de simmerstats et de 2 récupérateurs de vapeurs branchés sur une trompe à eau - (Touzart et Matignon).

Les distillations sont effectuées sur une batterie de 4 appareils montés sur un bâti et comprenant chacun :

1 réchaud électrique de 600 W avec simmerstat - 1 toile métallique

1 erlen de 1 l. muni d'un entonnoir à robinet de 100 cc. et d'une colonne type Vigreux à 4 rangées de pointes (hauteur 30 cm. fournisseur CLOUP), raliée par un tube Rhodorsil à un réfrigérant vertical à serpentín (hauteur utile 20 cm.)



A ce réfrigérant est reliée une allonge à boule type Kjeldahl qui plonge d'au moins 1 cm. dans l'acide borique, puis dans le distillat.

- (la fiole de Berzélius a l'inconvénient d'être fragile mais assure une plus grande sécurité.

- REMARQUES

1) - Buts du catalyseur :

..  $\text{SO}_4\text{Cu}$  et Se sont destinés à favoriser l'attaque de certains composés azotés particulièrement difficiles à détruire (hétérocycliques par exemple).

-  $\text{SO}_4\text{K}_2$  a pour effet d'élever la température d'ébullition de 317 à 330°.

2) - Pour la distillation, l'appareil de Navellier qui produit un entraînement de l'ammoniac par la vapeur surchauffée permet un travail beaucoup plus rapide. Mais il a l'inconvénient d'être cher et fragile.

3) - Veiller soigneusement à l'étanchéité des appareils à distiller. Les entonnoirs contenant la soude sont - entre autres - à changer périodiquement. Les fuites peuvent être détectées à l'aide d'un papier indicateur humidifié.

---

Effectué par série de : 12

AZOTE TOTAL pour mille - Prise : 2 g. - Dosage :  $\text{SO}_4\text{H}_2$  N/20

UNITE	D E C I M A L E - $\text{SO}_4\text{H}_2$									
$\text{SO}_4\text{H}_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31
1	0,35	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,63	0,66
2	0,70	0,73	0,77	0,80	0,84	0,87	0,91	0,94	0,98	1,01
3	1,05	1,08	1,12	1,15	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36
4	1,40	1,43	1,47	1,50	1,54	1,57	1,61	1,64	1,68	1,71
5	1,75	1,78	1,82	1,85	1,89	1,92	1,96	1,99	2,03	2,06
6	2,10	2,13	2,17	2,20	2,24	2,27	2,31	2,34	2,38	2,41
7	2,45	2,48	2,52	2,55	2,59	2,62	2,66	2,69	2,73	2,76
8	2,80	2,83	2,87	2,90	2,94	2,97	3,01	3,04	3,08	3,11
9	3,15	3,18	3,22	3,25	3,29	3,32	3,36	3,39	3,43	3,46
10	3,50	3,53	3,57	3,60	3,64	3,67	3,71	3,74	3,78	3,81
11	3,85	3,88	3,92	3,95	3,99	4,02	4,06	4,09	4,13	4,16
12	4,20	4,23	4,27	4,30	4,34	4,37	4,41	4,44	4,48	4,51
13	4,55	4,58	4,62	4,65	4,69	4,72	4,76	4,79	4,83	4,86
14	4,90	4,93	4,97	5,00	5,04	5,07	5,11	5,14	5,18	5,21
15	5,25	5,28	5,32	5,35	5,39	5,42	5,46	5,49	5,53	5,56
16	5,60	5,63	5,67	5,70	5,74	5,77	5,81	5,84	5,88	5,91
17	5,95	5,98	6,02	6,05	6,09	6,12	6,16	6,19	6,23	6,26
18	6,30	6,33	6,37	6,40	6,44	6,47	6,51	6,54	6,58	6,61
19	6,65	6,68	6,72	6,75	6,79	6,82	6,86	6,89	6,93	6,96
20	7,00	7,03	7,07	7,10	7,14	7,17	7,21	7,24	7,28	7,31
21	7,35	7,38	7,42	7,45	7,49	7,52	7,56	7,59	7,63	7,66
22	7,70	7,73	7,77	7,80	7,84	7,87	7,91	7,94	7,98	8,01
23	8,05	8,08	8,12	8,15	8,19	8,22	8,26	8,29	8,33	8,36
24	8,40	8,43	8,47	8,50	8,54	8,57	8,61	8,64	8,68	8,71
25	8,75	8,78	8,82	8,85	8,89	8,92	8,96	8,99	9,03	9,06

# AZOTE MINERAL

( AMMONIACAL et NITRIQUE )

Ces dosages sont peu demandés. Nous ne les pratiquons que très exceptionnellement à Cayenne.

Ils doivent obligatoirement concerner des échantillons qui viennent d'être prélevés, sans aucun séchage préalable.

Pour toutes précisions, se reporter à ma publication :

J " Quelques mises au point sur le dosage  
de l'azote minéral dans le sol "

Centre ORSTOM de Brazzaville  
Août 1959.

---



AZOTE TOTAL - FICHE D' ATTAQUE

N°	Matras	Début	Décoloration	Fin	Observations
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					

# EXTRACTION ET DOSAGE DES MATIERES HUMIQUES

- La méthode utilisée ici est basée sur celle mise au point aux Services Scientifiques Centraux de Bondy.
- Elle permet de séparer et de doser :
  - les acides humiques précipitables par  $\text{SO}_4\text{H}_2$
  - les acides fulviques solubles en milieu acide.

## - REACTIFS

- Solution de pyrophosphate de sodium 0,1 M = 44,6 g. par litre (pH de cette solution aqueuse = 10) - Dissoudre dans l'eau tiède.
- Acide sulfurique pur
- Acide sulfurique environ N/10 = 2,7 cc. d'acide pur par litre
- Soude environ N/10 = 4 g. de soude pure par litre.
- Solution sulfurique de bichromate de potassium à 2 % : dissoudre 20 g. de bichromate dans 500 cc. d'eau distillée, ajouter lentement 500 cc. d'acide sulfurique concentré. Agiter - Laisser refroidir, ajuster à 1 l.
- Solution de bichromate de potassium N/2.
- Solution de sel de Mohr N/5 : dissoudre 78,5 g. pour 1 l. d'acide sulfurique environ N/2.
- Fluorure de sodium pur ou acide orthophosphorique
- Diphénylamine sulfonate (id<sup>e</sup> carbone).

## - MODE OPERATOIRE

### 1) - EXTRACTION

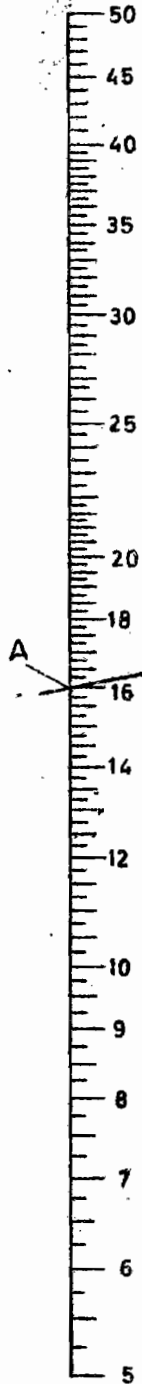
- 10 g. de terre fine (5 g. si le sol est riche ou 20 g. si le sol est pauvre en matière organique) sont placés en contact de 100 cc. de la solution de pyro dans un erlen de 250 cc. à col étroit et bouché. La suspension est agitée de façon intermittente pendant la journée de travail, abandonnée une nuit, agitée de nouveau et centrifugée 10 à 15 minutes à 3000 tours / minutes.

- Il est toujours indiqué de ne pas dépasser ces 3000 tours/minute, pour ne pas risquer d'entraîner des matières humiques. Cela n'est vrai que pour un type donné de centrifugeuse. Ce qui compte réellement, c'est l'accélération (nombre de g.) subie par la colonne de liquide, et donc également le rayon moyen décrit par cette colonne. Nous avons été amenés, lors de l'utilisation d'une toupie à angle à la place d'une toupie libre (centrifugeuse Martin-Christ) à monter la vitesse à plus de 4000 tours pour obtenir une accélération (et donc un résultat) du même ordre.
- Décanter la solution humique et la filtrer, sur filtres bleus.
- Dans bien des cas, tout au moins ici, la solution ainsi obtenue est encore très trouble, par suite des parties colloïdales restant en suspension. Il est donc souvent préférable d'ajouter à la suspension 2% (ici 2 g.) de sulfate de soude, qui provoque la floculation, d'agiter et laisser en contact quelques minutes, puis de centrifuger. Pour une bonne comparaison des résultats, cette addition devra concerner tous les échantillons du profil.
- Nous avons souvent obtenu un meilleur résultat en inversant l'ordre des opérations : filtration d'abord, centrifugation ensuite.
- De toute façon, même si la solution ainsi obtenue n'est pas parfaitement limpide, il est préférable de poursuivre le dosage plutôt que de tenter d'autres opérations qui peuvent toujours entraîner des pertes d'humus.

## 2) - DOSAGE DES MATIERES HUMIQUES

- Prélever entre 5 et 25 cc. du filtrat obtenu (selon la couleur)
- les mettre à évaporer dans un erlenmeyer de 150 cc., à l'étuve, à 60/70°. Sur le résidu bien sec, procéder à l'oxydation :
  - ajouter 10 cc. de la solution sulfurique de bichromate à 2%.
  - couvrir l'erlen d'un petit entonnoir ou d'un verre de montre.
  - Porter à ébullition sur une plaque chauffante (215 / 220°).
  - Maintenir l'ébullition 5 minutes.
  - Laisser refroidir et rincer l'entonnoir ou le verre de montre
  - Compléter le volume à 100 cc. à l'aide d'eau distillée et titrer le bichromate en excès avec le sel de Mohr N/5.
  - Titrer également ce sel de Mohr à l'aide de la solution de bichromate N/2. (Porter la correction dans le calcul).
  - Faire un blanc dans les mêmes conditions, en faisant bouillir 10 cc. de la solution de bichromate à 2%.
  - L'oxydation, effectuée dans ces conditions, est estimée totale.
  - Le résultat est exprimé en carbone pour mille.

Rayon de rotation  
en cm



$$g = \frac{b}{G} = \frac{rh^2}{G} = rn^2 \cdot 112 \cdot 10^{-5}$$

$g$  = accélération centrifuge relative, c'est-à-dire par rapport à l'accélération de la rotation terrestre.

Celle-ci est constante :

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$r$  = rayon de rotation en cm.

$n$  = tours par minute.

A

### TABEAU DE CONCORDANCE VITESSES - G -

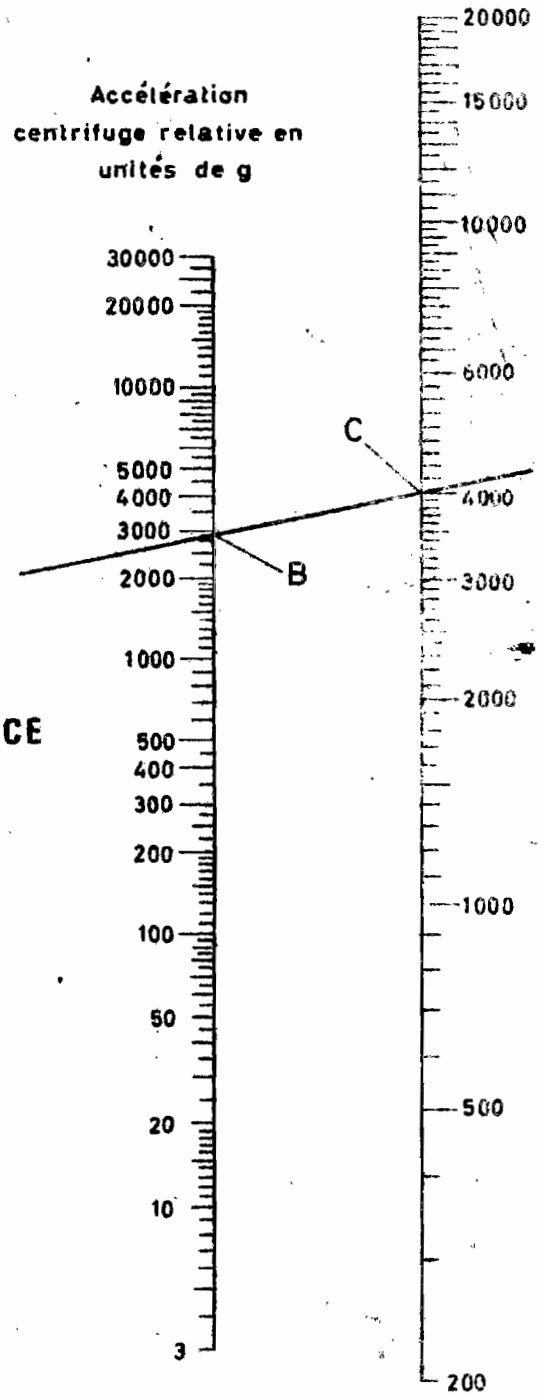
Établissements JOUAN

113 Boulevard Saint Germain  
PARIS VI<sup>e</sup>

Téléphone . ODE. 91-46

Tours par minute

Accélération  
centrifuge relative en  
unités de  $g$





- CALCULS

V = volume de sel de Mohr N/5 utilisé pour le dosage du blanc  
V' = " " " " " " de l'essai  
P = poids de la prise de terre en grammes  
V<sub>p</sub> = volume de la prise d'essai

$$C \text{ ‰} = \frac{(V - V') \times 60}{P \times V_p}$$

3) - SEPARATION DES ACIDES HUMIQUES ET FULVIQUES

- Prélever 50 cc. de la solution humique (filtrat obtenu après l'extraction).
- (Exceptionnellement 40 cc. si le volume du filtrat est insuffisant).
- Faire passer dans un tube à centrifuger de 100 cc. et ajouter 5 cc. d'acide sulfurique pur (4 cc. si l'on a pris 40 cc.).
- Bien agiter pour homogénéiser à l'aide d'une baguette de verre.
- Laisser reposer au moins une nuit, la précipitation étant lente.
- Centrifuger 5 minutes à 6000 tours / minute.
- Eliminer la solution surnageante (acides fulviques) et rincer par agitation le culot de centrifugation avec SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> environ N/10 (40 à 50 cc.).
- Effectuer une 2<sup>e</sup> centrifugation - Eliminer la solution de rinçage.
- Redissoudre, dans le tube, les acides humiques par la soude N/10. Cette opération, répétée 2 à 3 fois à l'aide de fractions de 10 cc. de soude, doit permettre un rinçage parfait du tube.
- Rassembler les solutions sodiques dans une fiole de 50 cc. Compléter au trait de jauge à l'aide de soude N/10 et bien agiter pour homogénéiser.
- Prélever, dans un erlen de 150 cc., une partie aliquote (5 à 25 cc.).
- A partir de ce moment, opérer comme précédemment pour le dosage des matières humiques totales.

- CALCULS

- Si la prise initiale est de 50 cc., la formule de calcul est la même que précédemment. Si la prise est de 40 cc., le résultat obtenu est à multiplier par 1,25.

- Les acides fulviques sont calculés par différence.

- Calculer ensuite le taux d'humification -

$$\frac{C \text{ ‰ des matières humiques}}{C \text{ ‰ des matières organiques}} \times 100$$

- REMARQUES

- 1) L'oxydation s'effectue dans les meilleures conditions - et la précision est maxima - lorsqu'environ la moitié du bichromate est réduite. Donc, calculer le volume des prises pour que la quantité de bichromate utilisé soit comprise entre 3,5 et 6,5 cc. Le bichromate à 2 % (20 g. au litre) étant N/2 X 0,816 le volume de sel de Mohr N/5 utilisé au dosage devra donc être compris entre 7 et 13,5 cc.

- Pour les sols de Guyane, le poids de la prise initiale est effectué en fonction du tableau suivant :

Teneur en carbone total	Prise
$\leq 20 \text{ ‰}$	20 g.
$> 20 \text{ ‰} \leq 50 \text{ ‰}$	10 g.
$> 50 \text{ ‰}$	5 g.

Si cette appréciation est très empirique, puisque fonction du taux d'humification encore inconnu, le large éventail des prises d'essai (5 à 25 cc.) permet de tomber à coup sûr dans les limites du dosage.

- 2) La centrifugation à l'air libre produit une certaine évaporation qu'il est bon d'éviter en couvrant les tubes d'une capsule plastique (JOUAN).

- 3) Se méfier qu'à l'usage certains tubes plastiques deviennent poreux - Tester de temps à autre les vieux tubes.

- 4) L'évaporation des solutions humiques est conduite au mieux dans une étuve à vide (O.S.I.), à une température de 50 à 60°. L'intégrité de la matière humique y est préservée et le gain de temps est très appréciable.

- 5) Ce dosage peut être complété par l'électrophorèse des solutions d'acides humiques qui permet une caractérisation quantitative des acides gris, des acides bruns, et des acides intermédiaires.



# EXTRACTION DES BASES ECHANGEABLES

- Méthode classique par percolation à l'acétate d'ammonium, indiquée par les laboratoires de Bondy.

---

## - REACTIFS

- Solution d'acétate d'ammonium normale et neutre. Elle peut être préparée de deux façons :

a) - Faire dissoudre 770 g. d'acétate d'ammonium pur et sec dans l'eau et amener le volume à 10 l.

b) - Mettre dans 3 l. d'eau 580 cc. d'acide acétique pur.

- Neutraliser en ajoutant environ 950 cc. d'ammoniaque à 22° Bé. (vérification à l'indicateur).

- Compléter à 10 l.

- Dans les deux cas, figoler l'ajustage à pH 7, à l'indicateur ou mieux au pH mètre.

- Sable grossier ou quartz de granulométrie voisine de 1 mm., qui aura été au préalable lavé (HCl) et calciné.

## - MODE OPERATOIRE

- La percolation peut être effectuée sur filtres plissés. mais il est bien préférable d'utiliser les colonnes en pyrex (h. = 30 cm.,  $\phi$  = 3 cm., fournisseur CLOUP).

- Introduire dans chaque colonne :

- un tampon de coton suffisamment tassé, sur une hauteur de 2 cm.

- 10 g. de sable.

- un mélange bien homogène de 20 g. de terre et 30 g. de sable

- 10 g. de sable.

- un tampon de coton sur une hauteur de 1 cm.

- Préparer une colonne garnie de 50 g. de sable pour le blanc.

- Placer sous chaque colonne une fiole jaugée de 150 cc.
- Introduire lentement la solution d'acétate d'ammonium de façon à imbiber entièrement la terre. Remplir ensuite la colonne jusqu'à 10 cm. au-dessus de son contenu et la boucher par le haut afin d'arrêter l'écoulement.
- Laisser 1 h. en contact puis déboucher et percoler lentement jusqu'à 150 cc. Le temps de percolation doit être de l'ordre de 3 h. Laisser ressuyer la colonne entre chaque addition d'acétate.
- Après ajustage à 150 cc., ne pas oublier de boucher et d'agiter la fiole.
- Au cas où le filtrat serait trouble, il serait nécessaire de le filtrer ou de le centrifuger.
- PREPARATION POUR LE DOSAGE de Mg.
- Sur le contenu de la fiole bien homogénéisé, prélever à la pipette 50 cc. qui seront placés dans un bécher de 100 cc. F.B. et mis à évaporer jusqu'à siccité sur la plaque chauffante.
- Ajouter à l'éprouvette 10 cc. d'eau régale (2 vol. de  $\text{ClH}$  + 1 vol. de  $\text{NO}_3\text{H}$ ).
- Couvrir d'un verre de montre et porter à ébullition douce que l'on maintient 10 minutes.
- Retirer le verre de montre et évaporer à sec, sans ébullition.
- Reprendre par 1 cc. d'acide nitrique pur que l'on fera couler le long des parois du bécher à l'aide d'une burette (ou plus facilement 2 cc. d'acide au 1/2).
- Puis par 20 cc. d'eau.
- Couvrir d'un verre de montre et laisser sur la plaque chauffante (vers  $60^\circ$ ) jusqu'à complète dissolution.
- Filtrer dans une fiole de 50 cc., en rinçant soigneusement bécher et filtre à l'eau.
- Amener à 50 cc. - Boucher et agiter.

Cette solution servira au dosage du magnésium.

Les 100 cc. restant de l'extraction serviront aux dosages du calcium, du potassium et du sodium.

Ne pas évacuer les fioles sans s'assurer qu'il n'y a plus besoin de solution pour le dosage du magnésium.

- REMARQUES

- 1) - Une percolation à 150 cc. est insuffisante pour les sols riches en bases - la poursuivre alors jusqu'à 200 ou même 250 cc. et en tenir compte dans les calculs. (Possibilité de vérifier la présence de Ca dans le filtrat à l'aide d'oxalate d'ammonium).
- 2) - Une percolation effectuée automatiquement, à l'aide de réservoirs à robinet placés au-dessus des colonnes constitue un mode opératoire séduisant. Le fait de "mariotter" ces réservoirs procure un goutte à goutte constant pendant la durée de l'opération. S'assurer toutefois, si l'on utilise ce procédé, que les résultats obtenus sont les mêmes que par la méthode classique.
- 3) - La méthode ne prévoit pas de détruire l'acétate d'ammonium avant d'effectuer les dosages par photométrie, où il en est tenu compte (préparation des étalons dans le même milieu).
- 4) - Les Ateliers CLOUP fabriquent maintenant une colonne munie d'un robinet et d'une plaque de verre fritté, qui rend la manipulation plus aisée.
- 5) - Dans la préparation nécessaire au dosage de Mg, bien mesurer l'acide nitrique nécessaire à la reprise. Un excès peut empêcher le dosage qui doit s'effectuer à un pH au moins égal à 12).

---

Effectué par série de : 24

# EXTRACTION DES BASES TOTALES

Rappelons que ces bases sont dites "totales" au sens agronomique du mot. La méthode utilisée est celle préconisée et diffusée par les S.S.C. de Bondy.

## - REACTIFS

- Acide nitrique pur  $d = 1,42$  et à 2 % (20 cc. au litre).
- Ammoniaque au  $\frac{1}{2}$  et au  $\frac{1}{5}$ .
- Eau régale (2 vol.  $\text{NO}_3\text{H}$  pour 1 vol.  $\text{ClH}$ ).
- Nitrate d'ammonium à 1% (10 g. au litre).
- Eau oxygénée Electro 110 vol.

## - MODE OPERATOIRE

- Peser 5 g. de terre broyée et introduire dans un matras de 150 cc.
- Ajouter 30 cc. d'acide nitrique  $d = 1,42$ . Couvrir le matras d'un entonnoir ou d'une boule de verre.
- Placer sur le bain de sable, chauffer jusqu'à ébullition que l'on maintient pendant 5 h.
- Laisser refroidir puis rincer l'entonnoir ou la boule et le col du matras avec environ 50 cc. d'eau distillée.
- Filtrer sur filtre bleu  $\phi$  125 mm. et recueillir dans un béccher F.B. de 600 cc.
- Rincer le matras plusieurs fois à l'acide nitrique 2% en faisant passer le maximum de résidu sur le filtre.
- Continuer à laver le résidu sur le filtre avec l'acide nitrique à 2%. jusqu'à obtention d'un volume de 4 à 500 cc.
- S'il y a lieu, ajouter 5 cc. d'eau oxygénée 110 vol. Electro dans le filtrat pour détruire les matières organiques résiduelles.
- Porter ce filtrat sur la plaque chauffante et évaporer presque à sec pour chasser l'acide nitrique.
- Reprendre par 300 cc. d'eau distillée et chauffer jusqu'à 70° environ.
- Précipiter les phosphates et les hydroxydes par l'ammoniaque au  $\frac{1}{2}$  puis au  $\frac{1}{5}$ , jusqu'à pH compris entre 8 et 9.

- Mettre à évaporer sur la plaque chauffante pour chasser l'excès d'ammoniaque et filtrer quand le pH de la solution est redescendu à 6,6 / 7, sur entonnoirs  $\phi$  90 mm. munis de filtres bleus  $\phi$  185. Recueillir dans un bécber de 600 ou 800 cc.
- Laver à l'eau chaude contenant 1% de nitrate d'ammonium pur. Le pH de cette solution doit être ajusté à 7. Opérer plusieurs lavages successifs, d'abord dans le bécber, puis sur le filtre.
- Mettre le filtrat à évaporer, sans ébullition, jusqu'à siccité.
- Reprendre par 20 cc. d'eau régale.
- Laisser bouillir 10 minutes sous verre de montre puis évaporer à sec sans ébullition.
- Reprendre par 2 cc. d'acidenitrique pur (ou 4 cc au  $\frac{1}{2}$ ) et 30 cc. d'eau.
- Si le résidu est noirâtre, ajouter quelques gouttes d'eau oxygénée Electro.
- Couvrir d'un verre de montre et faire tiédir en agitant de temps en temps jusqu'à complète redissolution.
- Filtrer dans une fiole jaugée de 100 cc. et amener au volume (à froid) avec l'eau de lavage. Boucher et agiter. Cette solution servira au dosage de Ca, K, Na et Mg.
- Effectuer un blanc en employant les mêmes quantités de chaque réactif.

- REMARQUES

1) - Il n'est pas très rationnel de doser le sodium de cette façon. L'expérience prouve que la vaisselle - même en pyrex - est légèrement attaquée, et les chiffres fournis peuvent être un peu forts. A plus forte raison lorsqu'on inclut à l'attaque des billes de verre (pour régulariser l'ébullition). Un blanc effectué dans une vaisselle de même qualité et présentant le même degré d'usure peut apporter une correction approximative.

2) - Il est conseillé d'effectuer une 2<sup>e</sup> précipitation des hydroxydes pour éliminer les bases qu'ils auraient pu entraîner. Nous nous en tenons le plus souvent à une seule, effectuée avec soin.



3) - Il est également conseillé par certains auteurs d'effectuer cette précipitation en présence d'une forte quantité de chlorure d'ammonium (de l'ordre de 5 g. par bécher), qui tend à éviter l'adsorption des bases par les hydroxydes. A ce moment, les lavages peuvent également être effectués à l'aide d'une solution de  $\text{ClNH}_4$  à 1%.

4) - Ne jamais contrôler cette précipitation au pH mètre dont l'électrode apporterait une surcharge en potassium.

5) - Ne pas ajouter non plus trop d'ammoniaque, pour éviter de chauffer trop longtemps ensuite, cette opération risquant de provoquer un début d'hydrolyse qui rend la redissolution du précipité difficile lorsqu'on l'utilise pour le dosage du phosphore.

6) - L'eau distillée servant à fabriquer l'ammoniaque au  $\frac{1}{2}$  et au  $\frac{1}{5}$  doit être fraîche, ou bouillie pour chasser  $\text{CO}_2$  afin d'éviter la formation de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

---

Effectué par série de:12 à 15.



LE PHOTOMETRE A FLAMME PINTA

# DOSAGE DE Ca - K - Na

Ce dosage est effectué par photométrie de flamme sur les solutions obtenues précédemment lors de l'extraction des bases échangeables et celle des bases totales.

Nous préférons doser Ca par photométrie et Mg par colorimétrie plutôt que d'utiliser les complexons. Nos appareils étant soigneusement entretenus et étalonnés, nous attachons plus de valeur aux résultats qu'ils nous donnent qu'à ceux obtenus par voie chimique.

---

- APPAREIL UTILISÉ : Photomètre à flamme PINTA, alimenté par acétylène / air comprimé. (Le fournisseur était BEAUDOIN qui vient d'en cesser la fabrication).

- ETALONNAGE

A) - Solutions-mères à 10.000 gamma / cc.  
préparées à partir des carbonates purs étuvés dans 3 fioles jaugées de 1 l. :

K = 17,718 g. de  $\text{CO}_3\text{K}_2$

Na = 23,044 g. de  $\text{CO}_3\text{Na}_2$

Ca = 25,025 g. de  $\text{CO}_3\text{Ca}$

B) - Solutions intermédiaires à 1000 gamma / cc.  
obtenues en diluant 10 fois les précédentes.

C) - Solutions étalons  
Préparées à l'aide des solutions intermédiaires. Bloquer dans la même fiole K et Ca. Confectionner une gamme étalon telle que chaque fiole contienne 0 - 25 - 50 - 100 - 200 - 300 ... gamma / cc. de l'élément à doser.

Ces solutions sont préparées différemment selon qu'elles sont destinées au dosage des Bases échangeables ou à celui des Bases totales :

1) - Étalons B.E.

- L'attaque des carbonates est effectuée, en présence d'eau, par le minimum d'acide acétique - Compléter à 1000 cc. avec de l'eau.

- Toutes les dilutions pour l'obtention des solutions intermédiaires et étalons sont effectuées à l'aide d'acétate d'ammonium normal et neutre.

2) - Etalons B.T.

- L'attaque des carbonates est effectuée, en présence d'eau, par le minimum d'acide nitrique - Compléter à 1000 cc. avec de l'eau.
- Toutes les autres dilutions seront également effectuées à l'eau.

D) - ETALONNAGE DE L'APPAREIL

- Faire fonctionner l'appareil au moins 20 minutes avant toute mesure, en l'alimentant d'eau distillée (jamais à sec). En profiter pour contrôler le débit (avec le PINTA, de l'ordre de 6 cc. / minute).
- Régler la flamme (cône bleu assez long mais non frangé de jaune).
- Vérifier le zéro du galvanomètre.
- Passer les standards, en commençant par le plus concentré et en amenant le galvanomètre vers une sensibilité maxima.
- Pendant l'opération, vérifier fréquemment que le zéro et le point maximum n'ont pas bougé. Sinon, effectuer le réglage.
- Ne pas oublier de lire en même temps les interférences (Ca sur Na et Na sur Ca).
- Ne pas oublier non plus de passer le blanc, dont la lecture n'est jamais nulle (fond de flamme).
- Tracer les courbes-étalons sur papier millimétré 60 x 45 cm. et celles des interférences sur papier 21 x 27. Ces dernières permettront d'apporter les corrections nécessaires qui n'interviennent en général que pour les fortes teneurs.

E) - SOLUTION DE REFERENCE

- Il est admis de ne pas étalonner l'appareil à chaque série de mesure. (Vérifier cependant les courbes de temps à autre).
- Préparer, à l'aide des solutions-mères, 2 l. de solution de référence qui contiendra par exemple :

	B.E.	B.T.	Volume de solution-mère à 10.000 $\mu$ / cc. pour 2 l.	
Ca	200 $\mu$ / cc.	500 $\mu$ /cc	40 cc.	100 cc.
K	75 "	200 "	15 cc.	40 cc.
Na	75 "	200 "	15 cc.	40 cc.

- Au moment de l'étalonnage de l'appareil, passer cette solution et noter les déviations correspondantes (opération à effectuer avec soin).

- Au moment de chaque série de mesure, il suffira de repasser cette solution et d'effectuer les réglages pour retomber sur les mêmes déviations.

#### - MESURES

- Les effectuer de la même manière que l'étalonnage.

- Passer fréquemment la solution de référence pour vérifier et éventuellement régler l'appareil.

- Le rinçage de l'appareil, d'une solution à l'autre, demande 20 à 30 secondes.

- En cas de solutions trop fortes, diluer en respectant le milieu (acétate d'ammonium ou eau).

#### - REMARQUES

1) - Il y a intérêt à utiliser un creuset filtrant (n° 1) à l'arrivée des solutions pour éviter d'encrasser la pulvérisation. Il est évident que celui-ci doit rester propre, et qu'il devra être utilisé pour toutes opérations de vérification ou d'étalonnage.

2) - Toutes les solutions (mères - intermédiaires - étalons) seront conservées au frigidaire. Les amener à la température ambiante avant toute mesure.

3) - La bouteille d'acétylène sera munie d'un double-détendeur à réglage fin.

4) - Cette bouteille ne sera jamais couchée et ne sera plus utilisée dès que la pression indiquée sera inférieure à 2 kg.

5) - Ne pas oublier qu'un climatiseur ou un déshumidificateur coûte en définitive moins cher qu'un photomètre ou un colorimètre.

---

- Pour plus de détails sur la photométrie, se reporter aux ouvrages suivants :

- L'analyse spectrale quantitative par la flamme de R. MAVRODINEAIEU et H. BOITEUX (Masson et Cie).

- Les différentes publications de M. PINTA, entre autres :

- Recherche et dosage des éléments-traces (Dunod).

- Application de la spectrographie de flamme et d'arc dans l'analyse agronomique (bulletin INRA).

BASES ECHANGEABLES

Dosage par photométrie de flamme

CALCULS

- x = Concentration en gamma / cc., d'après la courbe.
- Volume total de la solution = 150 cc., provenant d'une percolation sur 20 g. de sol.

	cations mg / 100 g.	oxydes mg / 100 g.	éq. / 100 g.
Na	x X 0,75	x X 1,011	x X 0,0326
Ca	X 0,75	X 1,050	X 0,0375
K	X 0,75	X 0,904	X 0,0192

BASES TOTALES

Dosage par photométrie de flamme

CALCULS

- x = Concentration en gamma / cc., d'après la courbe.
- Volume total de la solution = 100 cc., provenant d'une extraction sur 5 g. de sol.

	cations mg / 100 g.	oxydes mg / 100 g.	néq. / 100 g.
Na	x X 2	x X 2,695	x X 0,0869
Ca	X 2	X 2,8	X 0,1
K	X 2	X 2,41	X 0,0513





# DOSAGE de Mg

Il est effectué ici par colorimétrie au Jaune Titane (ou Jaune Thiazol) à l'aide du Spectrocolorimètre JEAN et CONSTANT (Pro-labo).  
Les solutions proviennent des extractions décrites précédemment.

## REACTIFS

- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 4 % dans l'eau. Cette solution doit être filtrée.

- Colorant :

Jaune Titane	0,15 g.
Alcool 95 °	75 cc.
eau	25 cc.

- Filtrer et conserver cette solution en flacon noir, au maximum 1 mois.

- Soude environ 2,1 N = 88 g. / litre.

- Conserver cette solution dans un flacon à 2 tubulures, recouvert de vert d'huile de paraffine.

- Solution saturée de sulfate de calcium.

- Saturer à chaud - laisser refroidir - filtrer.

## ETALONNAGE

### A) - Solution-mère

pour 1000 cc. = 10,135 g. de  $\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  séché au dessiccateur dissous dans l'eau (1 cc. = 1 mg. de magnésium).

### B) - Solution intermédiaire

Diluer 200 fois la solution-mère, avec de l'eau (1 cc. = 5 gamma de magnésium).

### C) - Solutions étalons

Dans 6 fioles jaugées de 50 cc., introduire respectivement : 2,5, 10, 15, 20, 25 cc. de la solution intermédiaire, ce qui donne des concentrations de 0,2 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2 - et 2,5 gamma / cc.

Traiter ces prises selon le mode opératoire ci-dessous.

Tracer la courbe.

- Il est nécessaire de refaire la courbe d'étalonnage avant chaque série de mesure.

- MODE OPERATOIRE

- Dans une fiole jaugée de 50 cc., faire une prise d'un volume compris entre 2 et 25 cc, selon la concentration envisagée (déduite grossièrement de la teneur en calcium pour les bases échangeables).
- Ajouter : 5 cc. de solution de chlorhydrate d'hydroxylamine.  
Agiter. Attendre quelques minutes.  
10 cc. de solution saturée de sulfate de calcium.  
1 cc. (exactement) de solution de jaune Titane.  
Agiter et verser d'un seul jet;  
5 cc. de soude 2,1 N.
- Amener au trait, boucher, agiter et attendre 20 minutes.
- Colorimétrer à 550 millimètre après avoir vérifié le pH (au papier) tout au moins pour les fioles contenant une prise de 25 cc.

- REMARQUES

1) - L'hydroxyde de magnésium, qui provoque la coloration, n'apparaît qu'à pH 11 et sa présence n'est totale qu'à partir de pH 12, ce qui appelle quelques mesures de sécurité.:

- absence d'ions  $NH_4$  qui, à partir d'une certaine concentration, empêchent d'atteindre pH 12 ;

- lors des extractions, reprise par l'acide nitrique à 2 %, sans excès qui aurait les mêmes conséquences ;

- utilisation d'une solution de soude d'un titre légèrement supérieur à 2 N. (2,1 convient parfaitement).

2) - Les solutions d'extraction des bases échangeables peuvent contenir Fe, Al et P en quantité importante, qui conduit à une précipitation lors de l'addition de soude. Il faudra alors les éliminer selon la méthode exposée dans l'extraction des bases totales.

3) - Si l'on observe des précipitations d'hydroxyde de magnésium, ajouter en plus de l'hydroxylamine, de l'amidon, qui a un pouvoir stabilisateur plus grand (1 cc. de solution fraîche préparée comme suit :)

dissoudre 5 g. d'amidon soluble dans l'eau tiède  
amener à 100 cc.

Ajouter 3 gouttes de toluène pour la conservation.

4) - Il est évident que toutes les solutions utilisées, et celles obtenues, doivent être parfaitement limpides.

5) - La précision maxima est obtenue pour des concentrations allant de 0,5 à 2 gammas / cc., la courbe représentative étant alors généralement une droite.

6) - Il est particulièrement conseillé d'utiliser au cours de ce dosage des mesureurs automatiques : jaugeurs pour  $SO_4Ca$  et hydroxylamine, pipettes à piston pour le jaune titane et la soude.

MAGNESIUM ECHANGEABLE

Dosage colorimétrique au jaune titane

CALCULS

- x = concentration en gamma / cc, d'après la courbe.
- Volume total de la prise = 50 cc., provenant d'une percolation à 150 cc. sur 20 g. de sol.

Volume de la prise d'essai	Mg - mg / 100 g.	MgO - mg / 100 g.	Mg neq. / 100 g.
25	x X 1,5	x X 2,49	x X 0,123
20	1,875	3,11	0,154
15	2,5	4,14	0,206
10	3,75	6,22	0,308
5	7,5	12,43	0,617
2	18,75	31,09	1,542

MAGNESIUM TOTAL

Dosage colorimétrique au jaune titane

CALCULS

- x = Concentration en gamma / cc., d'après la courbe.
- Volume total de la solution = 100 cc., provenant d'une extraction sur 5 g. de sol.

Volume de la prise d'essai	Mg - mg / 100 g.	MgO - mg / 100 g.	Mg meq. / 100 g.
25	x X 4	x X 6,63	x X 0,329
20	5	8,29	0,411
15	6,67	11,06	0,549
10	10	16,58	0,822
5	20	33,16	1,644
2	50	82,89	4,112

MAGNESIUM

Série N°

Exécuté le :

Déviatation	Concentr.
	0,2
	0,5
	1
	1,5
	2
	2,5

N°	N° Echant.	Prise			MgO mg %	Mg meq %	Ca/Mg
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							

# CAPACITE D'ÉCHANGE

Nous persistons à utiliser l'ancienne méthode (Parker modifiée). Par rapport à la nouvelle (complexométric et argentimétrie) :

- Elle met en jeu beaucoup moins de réactifs et paraît d'un maniement moins délicat.
- Elle ne conduit pas à un nombre supérieur de percolations.
- Elle se termine par un seul dosage, celui de l'ammoniaque, dont la pratique est déjà courante au laboratoire (id<sup>o</sup> Azote).
- L'argument "prix de revient" opposé par certains ne tient pas quand l'alcool servant aux lavages est acheté dans des conditions normales (hors-taxa, hors-droits et hors-douane). L'alcool pur 95° livré en fûts de 50 l. nous coûte 3,70 Fr. le litre, rendu dans nos laboratoires. Chaque lavage, utilisant en moyenne 1/3 de litre d'alcool ramené à 70° nous revient à 0,90 Fr., compte non tenu de la récupération des fûts (chiffre à comparer avec les prix de l'éthanolamine, du nitrate d'argent, du sulfo-cyanure de potassium, du nitrobenzène, du complexon, du calcon, qui interviennent dans la nouvelle méthode et non dans l'ancienne).

---

Cette détermination prend la suite de l'extraction des bases échangeables, dans laquelle le sol a déjà subi une percolation avec 150 cc. d'acétate d'ammonium.

---

## - REACTIFS

- Solution d'acétate d'ammonium normale et neutre.
- Alcool de lavage à 70° environ, neutralisé s'il y a lieu par quelques gouttes d'ammoniaque (vérifier au réactif coloré).
- Solution de chlorure de potassium environ N/2 : 38 g. au litre. L'acidifier très légèrement si nécessaire par 1 ou 2 gouttes d'acide chlorhydrique. (Pour être certain d'avoir un pH au plus égal à 7).
- Lessive de soude 10 N.
- Solution d'acide borique à 4 %.
- Indicateur : id<sup>o</sup> Azote.

- MODE OPERATOIRE

- Continuer la percolation pour recueillir (en plus des 150 cc. déjà passés) un volume d'environ 500 cc., toujours en laissant ressuyer la terre avant d'ajouter une nouvelle fraction.
- En fin d'opération, laisser bien égoutter et évacuer le contenu des béciers.
- Effectuer le lavage à l'alcool, en percolant toujours de la même façon jusqu'à obtention d'un volume de 300 à 350 cc. Vérifier à ce moment la résistivité du filtrat qui continue à couler (au conductimètre ou au pont de Kohlrausch). Elle doit être supérieure à 20.000 ohms/cm/cm<sup>2</sup>. (Celle de l'alcool servant au lavage étant de l'ordre de 90.000). A ce moment, l'erreur pouvant être entraînée par un lavage incomplet est inférieure à 0,08 méq. (voir la courbe ci-jointe).
- Il est également possible de vérifier au réactif de Nessler.
- Evacuer les béciers et leur contenu. (Une récupération - possible - de l'alcool serait prohibitive en fonction de son prix d'achat).
- Percoler avec la solution de ClK N/2 que l'on reçoit dans des erlens de 500 cc., jusqu'à un volume d'au moins 300 cc. Vérifier la disparition des ions NH<sub>4</sub> au réactif de Nessler.
- Distiller la totalité ou la moitié, en présence de 20 ou 10 cc. de soude 10 N, selon le mode opératoire utilisé pour l'azote.
- Doser également dans les mêmes conditions mais avec SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> N/10.
- Déduire le résultat obtenu pour le blanc.

- CALCULS pour une prise de 20 g. et un dosage à l'acide N/10  
(n cc)

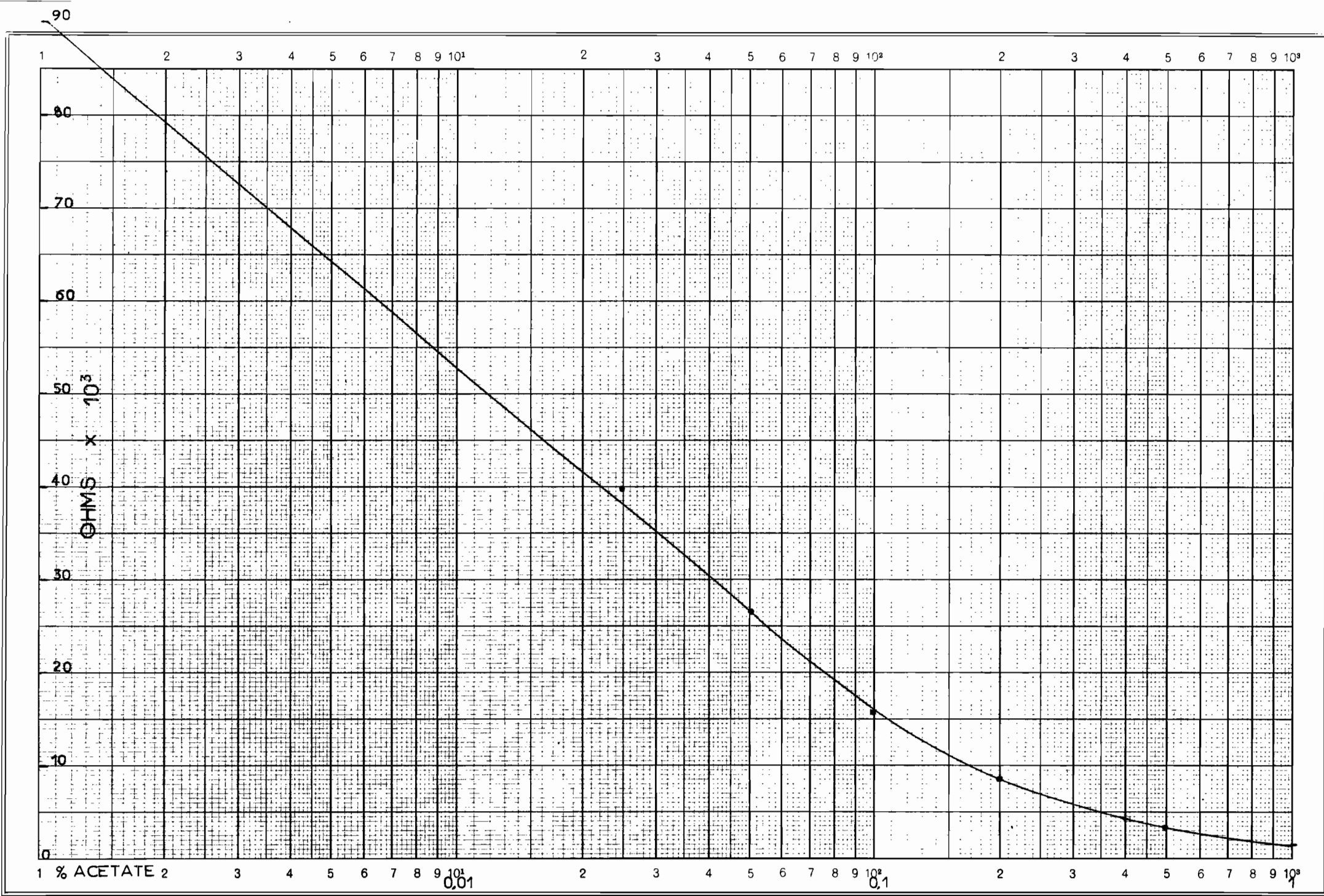
$$T = \text{Cap. d'Ech. en meq} / 100 \text{ g.} = \frac{n}{2}$$

$$S = \text{Somme des bases échangeables}$$

$$V = \text{Degré de saturation \%} = \frac{S \times 100}{V}$$

- REMARQUES

- Les sables ou les quartz peuvent être récupérés s'il y a lieu par un lavage à l'eau pour éliminer la terre, puis un traitement chlorhydrique, puis un rinçage à l'eau. (Contrôler le pH de l'eau de rinçage).
- Pour plus de précisions, consulter "Méthodes de détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange - P. PELLOUX Bondy 1963."



Logar. Teilung } 1 - 1000 Einheit } 90 mm  
 Division } Unité }

RESISTIVITE DE L'ALCOOL DE LAVAGE  
 EN FONCTION DE SA TENEUR EN ACETATE D'AMMONIUM





# PHOSPHORE TOTAL

- Ce dosage peut être effectué :

X - 1) - Sur le précipité obtenu au cours de l'extraction des bases totales (hydroxydes + phosphates).

XX - 2) - Si les bases totales n'ont pas été demandées, sur une extraction comparable, sur laquelle il n'y aura pas lieu d'effectuer la précipitation à l'ammoniaque. Effectuer cette attaque sur 2 ou 5 g. de sol, selon la richesse envisagée.

X - 1) - Mettre sous l'entonnoir un bécber de 600 cc. Percer le filtre et entraîner tout le précipité dans le bécber par un jet d'eau bouillante. Rincer le filtre à l'acide nitrique 2 %. Porter sur la plaque chauffante et redissoudre le précipité par le minimum d'acide nitrique, laisser refroidir et flaconner à 500 cc. en rinçant et complétant avec de l'eau. Continuer sur la totalité si le sol est pauvre, sur une aliquote s'il est riche.

Mettre évaporer la prise dans un vase à saturation de 250 cc., jusqu'à obtenir un volume de 50 cc.

XX - 2) - Filtrer et effectuer les lavages comme pour les bases totales. Flaconner à 500cc. et continuer comme précédemment.

---

## REACTIFS

- Solution de molybdate d'ammonium à 150 g. / l. effectuée à chaud mais sans ébullition, dans l'eau distillée.

- Acide nitrique pur  $d = 1,38$ .

- Ammoniaque 22° Bé.

- Solution de lavage contenant, pour 1 l. :  
85 cc. d'acide nitrique  
50 cc. d'ammoniaque

- Soude N/5

- Acide sulfurique N/10

- Phénolphtaléine dans le formol (15 mg. / 100 cc.)

- MODE OPERATOIRE

- Dans le filtrat concentré à 50 cc. , ajouter :
  - 15 cc. d'acide nitrique -Agiter-
  - puis 10 cc. d'armoniaque -Agiter.
- Porter à ébullition. Retirer du feu et bien agiter pour éviter toute surchauffe.
- Verser goutte à goutte, à la burette, dans le liquide presque bouillant 10 cc. de la solution de molybdate en évitant soigneusement de la faire couler le long des parois et en maintenant le liquide en douce rotation, à la main, (ceci pour éviter la formation d'acide molybdique). Ne pas utiliser l'agitateur magnétique.
- Agiter encore 1 minute et laisser reposer une nuit. Le précipité de phosphomolybdate se forme et se rassemble.
- Filtrer par décantation sur filtres blancs durcis  $\phi$  90 mm. Prendre soin de bien "amorcer" le filtre dans l'entonnoir.
- Laver 2 fois en décantant dans le vase à saturation avec le liquide de lavage porté à 70 / 80°.
- Faire passer le précipité sur le filtre au moyen de ce même liquide et effectuer un lavage sur filtre, toujours avec ce même liquide.
- Laisser égoutter complètement puis effectuer 2 lavages sur filtre au moyen d'eau distillée versée d'abord dans le vase ayant servi à la précipitation, puis 6 lavages à l'eau distillée directement sur filtre en ayant soin de laisser égoutter complètement après chaque lavage.
- Tout ceci pour ne pas utiliser trop d'eau, ce qui risquerait de dissoudre un peu de précipité, tout en lavant soigneusement pour qu'il ne reste plus trace d'acidité qui fausserait le dosage. (Vérifier au papier pH que le bord supérieur du filtre est devenu neutre).
- Au besoin contrôler le pH de l'eau de lavage au bleu de bromothymol.
- Retirer le filtre de l'entonnoir, l'introduire dans le vase ayant servi à la précipitation et le déplier le long des parois en évitant qu'il touche le fond.
- Dissoudre le précipité avec 20 cc. de soude N/5 qu'on fera couler très doucement le long du filtre à l'aide d'une pipette à 1 trait. Si tout le précipité n'était pas dissous; rajouter 10 cc. de soude. Ne pas oublier d'en tenir compte dans le calcul. Rajouter alors 2,5 cc. de formol-phtaléine.

- Rincer le filtre à l'aide de la pissette. Vérifier qu'il est propre.
- Ajouter 5 cc. de phtaléine dans le formol, qu'on aura pris soin de neutraliser avant chaque série de dosages.
- Porter quelques minutes sur l'agitateur magnétique. Vérifier que la dissolution est totale.
- Titrer l'excès de soude avec l'acide sulfurique N/10. Dès la décoloration, faire passer le filtre dans la solution et terminer le titrage.
- Effectuer un blanc à l'aide d'un filtre nu qui subira tous les traitements précédents. Pour que ce blanc apporte une correction valable, il est nécessaire que le temps de contact de tous les filtres avec la soude soit le même. (Le filtre est légèrement attaqué par la soude).

- CALCULS

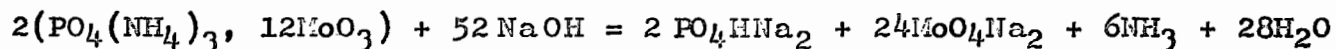
- 1 cc. de soude N/10 correspond à 0,2732 mg. de  $P_2O_5$
- n = volume d'acide N/10 nécessaire au dosage du blanc
- n' = " " " " " " " de l'essai
- p = poids en g. de la prise
- pv = volume en cc. de l'aliquote utilisée (le volume total étant 500 cc.).

$$P_2O_5 \text{ } \text{o}/\text{oo} = \frac{(n - n') \times 0,2732 \times 500}{p \times pv}$$

- REMARQUES

- La précipitation du phosphomolybdate d'ammonium est le point le plus délicat de cette méthode. Une très faible libération d'acide molybdique se traduit par une grosse erreur au dosage. (1 P correspond dans la réaction à 12 Mo).
- Une présence assez forte de silice conduit également à une erreur. Dans ce cas, elle doit être éliminée par insolubilisation (dessiccation et reprise acide).
- La matière organique peut également gêner. En cas de fortes teneurs, calciner avant l'attaque, ou éventuellement, ajouter un grand excès de molybdate d'ammonium (20 - 30 cc.).

- Dans la dissolution sodique du précipité de phosphomolybdate, qui s'opère selon la réaction :



l'ammoniaque est bloquée par l'addition de formol qui le transforme en hexaméthylène tétramine, corps indifférent à la phénolphtaléine.

- Pour effectuer le dosage correctement, la prise doit contenir de 1 à 20 mg. de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

- Si la solution initiale est très colorée par la matière organique, on peut également ajouter 5 cc. d'eau oxygénée Electro. lors de la concentration à 50 cc.

---

Effectué par série de : 12 à 24

PHOSPHORE TOTAL

SERIE :

1 cc NaOH N/10 = 0,2732 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

DATE :

PRELEVEMENT DE TERRE :

N°	N° Echantillon	Volume Prise	SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> N/10	NaOH N/10	Facteur	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> o/oo	Observations
B1.							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

# PHOSPHORE ASSIMILABLE

- Ce dosage, bien que précis quand il est effectué avec soin, n'est plus que rarement demandé. Les résultats qu'il fournit ne paraissent pas être un critère déterminant de la fertilité du sol et sont d'une interprétation difficile.

Si besoin est, il est pratiqué selon la méthode TRUOG.

---

- Extraction de 2 g. de terre fine par 400 cc. d'acide sulfurique N/200 tamponné à pH 3 par 3 g. de sulfate d'ammonium au litre à l'agitateur mécanique, pendant 2 h.

- Filtration - Prélèvement de 20 cc.

- Addition de : 1 cc. de solution sulfurique de molybdate d'ammonium

4 gouttes de solution de chlorure stanneux.

- Attente de 5 minutes et colorimétrie à 650 millim.

- La gamme étalon est effectuée à partir de phosphate monopotassique (1,917 g. pour 1 l. = 1 g. de  $P_2O_5$  / l.).

- A partir de cette solution et par 2 dilutions successives, préparer une solution à 5 gamma / cc de  $P_2O_5$ .

---

# FER LIBRE

- Nous utilisons la méthode D E B, pratiquée par les laboratoires des S.S.C. de Bondy et décrite dans Soil Science vol. I, n° 2, 1950.

---

## - REACTIFS

- Hydrosulfite de sodium
- Acide chlorhydrique environ N/20
- Acide sulfurique
- Acide nitrique
- Acide chlorhydrique
- Eau oxygénée 120 vol.

## - MODE OPERATOIRE

### A) - EXTRACTION

- Peser 1 g. de terre broyée et l'introduire dans un tube à centrifuger.
- Ajouter 2 g. d'hydrosulfite de sodium.
- Ajouter 50 cc. d'eau et agiter énergiquement.
- Porter au bain-marie réglé à 40° - Mettre un thermomètre dans l'un des tubes et en maintenir le contenu à cette température pendant 30 à 50 minutes, en agitant de temps en temps.
- Veiller à ne pas surchauffer pour ne pas provoquer la formation de sulfures qui gêneraient le dosage.
- Centrifuger 5 minutes à 5000 tours/minutes et décanter dans un bécher de 250 F.H.
- Traiter le culot par 50 cc. d'acide chlorhydrique environ N/20, pendant 15 minutes, au bain-marie à 40°, en agitant de temps à autre.
- Centrifuger et ajouter le centrifugat au premier.
- Faire un 2<sup>e</sup> traitement identique au précédent (attaque avec 2 g. d'hydrosulfite et lavage chlorhydrique) - Joindre les solutions obtenues aux précédentes.



- A ce moment, le résidu doit être blanchâtre. Un 3<sup>e</sup> traitement peut éventuellement être effectué mais n'est pas conseillé.
- Terminer par un rinçage du culot à l'eau distillée, effectué dans les mêmes conditions que le lavage chlorhydrique. Joindre l'eau de rinçage aux solutions précédentes.
- Ajouter 5 cc. d'acide sulfurique concentré (le trouble produit est dû à une précipitation de soufre colloïdal).
- Porter sur la plaque chauffante et réduire le volume jusqu'à 40 cc. (1 doigt).
- Dès la fin de la concentration, chauffer au maximum.
- Recouvrir le bécher d'un verre de montre. Dès l'apparition de fumées blanches, le retirer de la plaque chauffante et y introduire immédiatement, par le bec, 10 gouttes (ou +) d'acide nitrique pur, en attendant que chaque goutte ait bien réagi avant d'ajouter la suivante.
- L'attaque, (oxydation du fer ferreux en fer ferrique), qui dure 15 à 30 minutes, est terminée lorsque la solution est devenue d'un jaune franc stable.
- Chasser les vapeurs nitreuses en amenant à sec. Le résidu doit être bien blanc. Sinon, l'oxyder à chaud par quelques gouttes d'eau oxygénée à 120 v.
- Le reprendre par 10 cc. de HCl et 50 cc. d'eau.
- Couvrir d'un verre de montre et chauffer jusqu'à dissolution.
- Filtrer dans un erlen de 300 cc. Bien laver bécher et filtre à l'eau chaude jusqu'à disparition de la teinte jaune (4 à 5 fois).

#### B) - REDUCTION ET DOSAGE

- Plusieurs méthodes permettent le dosage du fer. Les deux plus courantes sont celle par volumétrie, au bichromate de potassium, et celle par colorimétrie, à l'orthophénantroline, qui s'applique surtout au dosage des faibles teneurs.

Dans le but d'une meilleure comparaison des résultats, nous avons adopté une méthode uniforme pour le dosage du fer libre et celui du fer total, celle par volumétrie.

Dans celle-ci, la réduction du fer ferrique à l'état ferreux peut être effectuée de deux façons :

X - 1) - par le chlorure stanneux

XX - 2) - par l'argent.

C'est cette dernière que nous utilisons. Elle demande une manipulation préalable mais paraît mieux adaptée à la série.

- REACTIFS

X - 1) - pour la réduction par le chlorure stanneux :

- Solution stanneuse: 5 g.  $\text{Cl}_2\text{Sn}$   
5 cc. HCl pur

dissoudre à chaud et compléter à 100 cc. avec de l'eau.

- Solution de chlorure mercurique à 5% dans l'eau.

XX - 2) - pour la réduction par l'argent

(méthode déjà décrite par F. DUGAIN à Hann-Dakar).

Dans un bécher de 600 cc., dissoudre 80 g. de nitrate d'argent dans 400 cc. d'eau. Ajouter 5 gouttes d'acide nitrique.

Dans cette solution tremper une lame de cuivre dont la largeur est un peu inférieure au diamètre du bécher et agiter lentement à l'agitateur magnétique. L'argent se dépose en formant des granules.

Frotter la lame de temps en temps avec un agitateur pour en détacher l'argent.

Lorsque celui-ci ne précipite plus, décantier, rincer par décantation avec  $\text{SO}_4\text{H}_2$  5% jusqu'à obtention d'un liquide de lavage incolore, et faire passer l'argent dans une colonne du type utilisé pour l'extraction des bases échangeables (avec verre frité et robinet).

Effectuer le remplissage en milieux aqueux afin de le rendre homogène. La hauteur de l'argent dans la colonne doit être de 10 cm. environ.

Au fur et à mesure des dosages, l'argent noircit (formation de  $\text{Cl}_2\text{Ag}$ ) en commençant par le haut. Lorsque la moitié a ainsi réagi, régénérer la colonne en y faisant couler de l'armoniaque au 1/5 et en rinçant à l'eau.

3) - Pour le dosage

- acide phosphorique pur
- acide sulfurique 6 N (au 1/6)
- diphénylamine-sulfonate (id<sup>2</sup> carbone)
- bichromate de potassium N/10 - (pour les faibles tonours N/20).

X - 1) - Réduction par le chlorure stanneux

- Reprendre le filtrat obtenu précédemment et chauffer au voisinage de l'ébullition.
- Ajouter goutte à goutte (à la burette) la solution de chlorure stanneux jusqu'à disparition de la couleur jaune due au complexe ferrichlorhydrique. Ajouter 1 goutte en excès.
- Refroidir sous un courant d'eau.
- Ajouter en une seule fois 10 cc. de chlorure mercurique. Attendre 2 minutes. Le précipité de chlorure mercuréux doit être faible.

XX - 2) - Réduction par l'argent

- Elle doit être effectuée en milieu chlorhydrique environ normal, où elle est maximum en raison de l'insolubilité du chlorure d'argent.
- Compte tenu de la reprise et des lavages, maintenir la solution finale à cette concentration, soit environ 10 cc. HCl (reprise) pour un total de 110 à 120 cc.
- Amener la solution obtenue à 60/70° et la passer sur la colonne. Elle doit ressortir incolore.
- Rincer la colonne 2 fois avec 100 cc. de solution sulfurique à 5% que l'on joint à la solution initiale.
- Débit normal de la colonne : 100 cc. en 2 à 3 minutes.

3) - DOSAGE

Il devra être effectué de suite après la réduction.

- Amener à 200/250 cc. (dans le cas de la réduction au chlorure stanneux).
- Ajouter : 10 cc.  $\text{SO}_4\text{H}_2$  6 N  
5 cc.  $\text{PO}_4\text{H}_3$  concentré  
6 à 8 gouttes d'indicateur.
- Titrer à l'aide du bichromate. Il apparaît une coloration verte due aux ions Cr +++. Aller lentement à la fin jusqu'à apparition de la teinte violette : un excès de bichromate détruit l'indicateur. Le virage est sensible à la goutte.

- CALCULS

1 cc. de bichromate N/10 = 7,98 mg.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

L'attaque étant effectuée sur 1 g.

et n étant le volume de bichromate N/10 utilisé :

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \% = 0,8 \times n$$

- REMARQUES

1) - La plupart des auteurs notent d'effectuer l'extraction en milieu acétate de sodium / tartrate de sodium qui tamponne le milieu et complexe le fer dissous.

Cette méthode conduit à une manipulation plus laborieuse, la présence de ces sels compliquant la suite de l'opération.

Les laboratoires de Bondy préconisent d'ailleurs l'extraction en milieu aqueux.

2) - La maison JOUAN fournit des tubes à centrifuger en plastique pouvant être obturés par des capsules, ce qui facilite les agitations.

3) - Il y a intérêt à "programmer" le bain-marie (interrup-  
teur horaire, thermomètre à contact et si possible pompe ther-  
mostatique) afin qu'il se trouve déjà à la température convena-  
ble dès le début de la journée de travail. Cet équipement permet  
d'effectuer 18 extractions complètes entre 6 h. 30 et 12 h. 30.

---

Effectué par série de : 18

FER LIÈRE

SERIE N° : :

DATE :

$Cr_2O_7K_2 = N/$

N° Fiole	N° Echant.	Nb. Réduct.	$Cr_2O_7K_2$	x par	$Fe_2O_3$ %
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					

# FER TOTAL

Si les méthodes de dosage du fer sont depuis longtemps bien connues, il en va autrement de l'attaque du sol qui s'opère différemment selon les quelques auteurs qui s'en sont préoccupés. Nous avons testé ces différents procédés et mis au point une méthode que nous décrivons ci-dessous - (Pour plus de détails, consulter ma publication : "Quelques mises au point sur le dosage du fer total dans les sols - Centre ORSTOM Brazzaville - Nov. 62).

---

## - REACTIFS

- Acide chlorhydrique  $d = 1,19$
- Pour la réduction et le dosage : id<sup>e</sup> Fer libre

## - MODE OPERATOIRE

### A) - Attaque

- Peser 2 g. de terre broyée.
- Pour les horizons riches en matière organique (ou les alios), calciner dans une capsule porcelaine à 550 - 600°.
- Faire passer dans un matras de 150 ou 200 cc. Ajouter quelques billes de verre et quelques cc. d'eau pour humecter.
- Introduire 50 cc. d'acide chlorhydrique et porter à ébullition douce au bain de sable. Maintenir cette ébullition pendant 1h.30 en agitant de temps à autre.
- Le matras sera couvert d'un petit entonnoir ou d'un bouchon conique en porcelaine.
- Retirer du feu - Rincer l'entonnoir et le col du matras avec 40 à 50 cc d'eau.
- Filtrer sur filtres blancs durcis et entonnoirs  $\phi$  55 mm.
- Rincer le matras, puis le filtre avec de l'eau très chaude, à la pissette, jusqu'à disparition de toute trace jaune.

### B) - Réduction

- Elle peut s'opérer, comme pour le fer libre, et dans les mêmes conditions par le chlorure stanneux ou l'argent - (méthodes décrites précédemment) -

- Si la solution présente une forte teneur en fer (visible à la couleur), la diluer avant la réduction en maintenant le milieu chlorhydrique en fonction du procédé choisi (au 1/12<sup>e</sup> pour la réduction à l'argent, nettement acide pour celle au chlorure stanneux).

C) - Dosage

- Il se conduit comme celui du fer libre, en ajoutant à la solution réduite :

20 cc                     $\text{SO}_4\text{H}_2$  6-N  
10 cc.                     $\text{PO}_4\text{H}_3$   
6 à 8 gouttes d'indicateur.

- CALCULS

1 cc de bichromate N/10 = 7,98 mg.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -

L'attaque étant effectuée sur 2 g.

n le volume de bichromate N/10 utilisé

et en cas de dilution V le volume total et V' le volume de l'aliquote,

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \% = 0,4 n \times \frac{V}{V'}$$

- REMARQUES

- D'après les tests effectués, une teneur faible ou moyenne (5 %) en matière organique ne nuit pas, en général, à la bonne marche de l'opération. Une plus forte teneur peut avoir au moins pour effet d'empêcher l'appréciation du changement de couleur qui s'opère lors de la réduction. Elle peut fausser à plus forte raison les dosages effectués par colorimétrie. Il est préférable de calciner au moins les échantillons de surface.

- Il est possible de remplacer cette calcination (M. GOUZY à Lomé) par une attaque sulfo-nitrique de la solution, avant réduction, et s'il y a lieu, qui détruit la matière organique pouvant rester présente.

- Les résultats obtenus à la suite d'une attaque chlorhydrique sont inférieurs à ceux obtenus par l'attaque triacide. En tenir compte dans la comparaison et l'interprétation des résultats.

- Pour plus de détails sur la nature, l'extraction, et le dosage des diverses formes de fer, consulter entre autres l'ouvrage de P. SEGALEN : "Le fer dans les sols" - ORSTOM 1964.

---

Effectué par série de : 12 à 15.





# SELS SOLUBLES

Ce dosage est rarement demandé ici. Il est effectué sur certains sols salés dont l'apport d'échantillons est peu fréquent.

Plusieurs méthodes d'extraction peuvent être envisagées, selon la nature des sels à dissoudre. Nous avons affaire ici à des sols contenant surtout du chlorure de sodium, un peu de chlorure de magnésium et parfois un peu de sulfates.

Nous avons donc choisi la méthode utilisant l'extrait de saturation, qui se prête au type de sol étudié et qui n'exige pas de manipulation supplémentaire puisqu'elle intervient après la mesure de conductivité.

Sur la solution obtenue, nous dosons habituellement :

- les chlorures, par la méthode de Mohr
- les sulfates, par la méthode gravimétrique .

Pour ces dosages, se reporter à "L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau" de J. RODIER (Dunod) pages 118 et 125.

- les cations Ca, K, Na, Mg, par photométrie et colorimétrie de la même manière que les bases échangeables.

Pour plus de détails, consulter "Méthodes d'analyses de la salure des eaux et des sols" de A. RUELLAN - Pédologue ORSTOM - Décembre 1962.

# ANALYSE TRIACIDE

Ce poste important n'a jusqu'à présent pas été pourvu à Cayenne. Les manipulations délicates qu'il entraîne requièrent l'emploi d'un chimiste confirmé qui doit y travailler à plein temps vu les nombreuses demandes : 200 à 250 par an.

Il requiert donc également une augmentation de la masse salariale, que nous pensons obtenir.

Cette analyse serait donc effectuée prochainement dans nos laboratoires, et non plus dans ceux de Bondy, où les longs délais exigés retirent beaucoup d'intérêt aux résultats.

La méthode employée sera alors celle décrite par les S.S.C. :  
PROTOCOLE DE LA METHODE DE DETERMINATION DES "ELEMENTS TOTAUX"  
(méthode réduite à la détermination des rapports caractéristiques).

---

RENSEIGNEMENTS  
UTILES

TITRES ET TENEURS

ACIDE P.A.	P.M.	D° BAUME	DENSITE	NORMALITE	Poids en g.		Pour 1000 cc. de Sol N/1 cc.
					Pour 100 g.	Pour 1000 cc.	
HCl	36,5	23	1,19	12	37,2	443	82,3
NO <sub>3</sub> H	63	36	1,33	11,2	52,8	704	89,2
"	"	40	1,38	13,5	62	853	74,1
"	"	48	1,49	21,2	89,6	1335	47,2
SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	98	65,7	1,835	35	93,5	1713	28,6
NH <sub>4</sub> OH (NH <sub>3</sub> )	17	22	0,92	11,8	21,7	200	85
"	"	25	0,90	15	28,3	255	66,7
NaOH	40	36	1,33	10	30	400	100
"	"	40	1,38	12,1	35	484	83
KOH	56	36	1,33	8	33,7	449	125
"	"	40	1,38	9,3	37,8	522	107,5

CONCENTRATION - DES SOLUTIONS NORMALES DE QUELQUES PRODUITS

ClH	=	36,47	g. / l.
SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	=	49,043	
PO <sub>4</sub> H <sub>3</sub>	=	32,674	
NO <sub>3</sub> H	=	63,02	
CH <sub>3</sub> COOH	=	60,03	
COOH - (CHOH) <sub>2</sub> COOH	=	75,025	
NaOH	=	40,06	
KOH	=	56,11	
NH <sub>4</sub> OH	=	35,05	
CO <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	=	48,04	
ClNH <sub>4</sub>	=	53,50	
S (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	=	34,075	
(COO) <sub>2</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	=	71,06	
MnO <sub>4</sub> K	=	31,606	
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> K <sub>2</sub>	=	49,03	
NO <sub>2</sub> K	=	85,11	
Fe(CN) <sub>6</sub> K <sub>4</sub> .3H <sub>2</sub> O	=	105,59	
CNK	=	65,10	
IK	=	166	
CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub>	=	53	
CH <sub>3</sub> COONa 3H <sub>2</sub> O	=	136,07	
NO <sub>2</sub> Na	=	69,01	
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> 5H <sub>2</sub> O	=	124,11	
BrNa 2H <sub>2</sub> O	=	138,22	
Cl <sub>2</sub> Ca 6H <sub>2</sub> O	=	109,54	
Cl <sub>2</sub> Mg 6H <sub>2</sub> O	=	101,61	
SO <sub>4</sub> Mg 7H <sub>2</sub> O	=	123,25	
Cl <sub>2</sub> Ba 2H <sub>2</sub> O	=	122,16	
(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> Pb.3H <sub>2</sub> O	=	189,60	
Cl <sub>2</sub> Sn.2H <sub>2</sub> O	=	112,98	
NO <sub>3</sub> Hg.H <sub>2</sub> O	=	280,60	
Cl <sub>2</sub> Hg	=	135,76	
SO <sub>4</sub> Cu.5H <sub>2</sub> O	=	124,86	
NO Ag	=	169,90	

TABLE DE CALCUL POUR TRANSFORMER  
DES MILLIGRAMMES POUR CENT GRAMMES  
EN MILLIEQUIVALENTS POUR CENT

<u>MULTIPLIER</u>		<u>PAR</u>	<u>POUR AVOIR</u>	
$N_2O_5$	mg/100 g.	0,01852	$NO_3^-$	még/100 g.
Cl		0,02817	Cl -	
ClNa		0,0171	Cl -	
$SO_3$		0,0250	$SO_4^{--}$	
$SO_4$		0,02082	$SO_4^{--}$	
$CO_2$		0,02273	$CO_3^H^-$	
$CO_2$		0,04545	$CO_3^{---}$	
$CO_3Ca$		0,02	$CO_3^{--}$	
$Al_2O_3$		0,05882	Al +++	
CaO		0,03566	Ca ++	
$Fe_2O_3$		0,0376	Fe +++	
MgO		0,0496	Mg ++	
$Na_2O$		0,03226	Na +	
$K_2O$		0,02124	K +	
$SO_4Ba$		0,000857	Ba ++	

Teneurs en alcool des solutions diluées	Teneur en alcool des solutions mères à diluer															
	96	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	
	Nombre de cc. d'eau à ajouter à 100 cc. d'alcool pour obtenir l'alcool de titre désiré															
95	1,25															
90	7,7	6,4														
85	14,7	13,4	6,6													
80	22,4	21,0	13,8	6,8												
75	31,1	29,5	21,9	14,5	7,2											
70	40,8	39,2	31,1	23,1	15,3	7,6										
65	52,0	50,2	41,6	33,0	24,6	16,4	8,1									
60	64,9	63,0	53,6	44,4	35,4	26,4	17,3	8,7								
55	80,1	78,1	67,9	58,0	48,1	38,3	28,6	19,0	9,5							
50	98,1	96,0	84,7	73,9	63,1	52,4	41,8	31,3	20,8	10,3						
45	120,1	117,6	105,3	93,3	81,3	69,5	57,7	46,1	34,5	22,9	11,4					
40	147,2	144,5	130,8	117,3	104,0	90,8	77,6	64,5	51,5	38,4	25,5	12,7				
35	181,8	178,7	163,2	147,9	132,8	117,8	102,8	87,9	73,0	58,2	43,5	28,9	14,4			
30	227,7	224,1	206,2	188,5	171,0	153,6	136,2	119,0	101,7	84,3	67,4	50,4	33,5	16,7		
25	291,6	287,4	266,1	245,1	224,3	203,6	182,9	162,2	141,7	121,2	100,7	80,4	60,1	40,0	20,0	
20	387,2	382,4	356,2	330,1	304,1	278,3	252,6	227,0	201,5	176,0	150,5	125,3	100,0	74,9	49,9	
15	546,6	539,5	505,2	471,0	436,9	402,8	368,8	334,9	301,1	267,3	233,6	200,0	166,4	133,0	99,7	

RICHESSSES ALCOOLIQUES de 51° à 66°

en fonction de la température

t°	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
0	57.1	58	59	59.9	60.9	61.9	62.9	63.9	64.9	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.7
1	56.7	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.5	63.5	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.4	70.4	71.3
2	56.3	57.2	58.2	59.2	60.2	61.2	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1	70.1	71
3	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.7	62.7	63.7	64.7	65.6	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6
4	55.5	56.5	57.4	58.4	59.4	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.2
5	55	56	57	58	59	60	60.9	61.9	62.9	63.9	64.9	65.9	66.9	67.9	68.9	69.8
6	54.7	55.6	56.6	57.5	58.5	59.5	60.5	61.5	62.5	63.5	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5
7	54.2	55.2	56.2	57.1	58.1	59.1	60.1	61.1	62.1	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1
8	53.9	54.9	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8	67.7	68.7
9	53.5	54.5	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.3	68.3
10	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	67.9
11	52.7	53.7	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6	66.6	67.6
12	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2	60.2	61.2	62.2	63.2	64.2	65.2	66.2	67.2
13	51.9	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8	65.8	66.8
14	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4
15	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
16	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.6	62.6	63.6	64.6	65.6
17	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2	60.2	61.2	62.2	63.2	64.2	65.2
18	49.8	50.8	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.8	61.8	62.8	63.8	64.8
19	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.5	63.5	64.5
20	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
21	48.6	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.7	61.7	62.7	63.7
22	48.1	49.1	50.1	51.1	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2	60.3	61.3	62.3	63.3
23	47.7	48.8	49.8	50.8	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.8	60.9	61.9	62.9
24	47.3	48.4	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.5	61.5	62.5
25	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60.1	61.1	62.1
26	46.5	47.5	48.5	49.5	50.5	51.5	52.5	53.5	54.5	55.6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.7	61.7
27	46.1	47.1	48.1	49.1	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.3	59.3	60.3	61.3
28	45.7	46.7	47.7	48.7	49.8	50.8	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.9	60.9
29	45.3	46.3	47.3	48.4	49.4	50.4	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.4	57.4	58.5	59.5	60.5
30	44.9	45.9	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57.1	58.1	59.1	60.1
31	44.5	45.5	46.6	47.6	48.6	49.6	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.7	57.7	58.7	59.7
32	44.1	45.1	46.2	47.2	48.2	49.2	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.3	57.3	58.3	59.3



RICHESSSES ALCOOLIQUES de 67° à 83°

en fonction de la température

t°	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	7	78	79	80	81	82	83
0	72.7	73.7	74.7	75.7	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.5	85.5	86.4	87.4	88.3
1	72.3	73.3	74.3	75.3	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2	84.2	85.1	86.1	87	88
2	71.9	72.9	73.9	74.9	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.9	83.8	84.7	85.7	86.6	87.6
3	71.6	72.6	73.6	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.5	83.4	84.4	85.3	86.3	87.3
4	71.2	72.2	73.2	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.1	82.1	83	84	85	86	87
5	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.7	76.7	77.7	78.7	79.7	80.7	81.7	82.7	83.7	84.7	85.6	86.6
6	70.5	71.5	72.5	73.4	74.4	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3	81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.3
7	70.1	71.1	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	82.9	83.9	84.9	85.9
8	69.7	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6
9	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.2	84.2	85.2
10	68.9	69.9	70.9	71.9	72.9	73.9	74.9	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.8	83.8	84.8
11	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.5	83.4	84.4
12	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.1	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.1	82.1	83.1	84.1
13	67.8	68.8	69.8	70.4	71.8	72.8	73.8	74.8	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.8	82.8	83.8
14	67.4	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4	83.4
15	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
16	66.6	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.6	80.6	81.6	82.6
17	66.2	67.2	68.2	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2
18	65.8	66.8	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.9	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9
19	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.6
20	65.1	66.1	67.1	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1	74.1	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.2
21	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.8	76.8	77.8	78.7	79.7	80.8
22	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4
23	63.9	64.9	65.9	66.9	67.9	68.9	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80.1
24	63.5	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.6	70.6	71.6	72.6	73.6	74.6	75.6	76.6	77.6	78.6	79.7
25	63.1	64.1	65.1	66.1	67.1	68.1	69.2	70.2	71.2	72.2	73.2	74.2	75.3	76.3	77.3	78.3	79.3
26	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8	73.8	74.8	75.9	76.9	77.9	78.9
27	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.4	69.4	70.4	71.4	72.4	73.4	74.4	75.5	76.5	77.5	78.5
28	61.9	62.9	63.9	64.9	66	67	68	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1	74.1	75.1	76.1	77.1	78.2
29	61.5	62.5	63.5	64.5	65.6	66.6	67.7	68.7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7	75.7	76.8	77.8
30	61.1	62.1	63.1	64.1	65.2	66.2	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3	75.3	76.4	77.4
31	60.7	61.7	62.7	63.7	64.8	65.8	66.9	67.9	68.9	69.9	70.9	71.9	72.9	73.9	74.9	76	77
32	60.3	61.3	62.3	63.3	64.4	65.4	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5	73.5	74.5	75.6	76.6

RICHESSES ALCOOLIQUES de 84° à 100°

en fonction de la température

t°	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
0	89.2	90.2	91.2	92.2	93.1	94	95	95.9	96.8	97.7	98.6	99.5					
1	89	89.9	90.8	91.8	92.8	93.7	94.6	95.6	96.5	97.4	98.3	99.2	100				
2	88.6	89.6	90.5	91.5	92.4	93.4	94.3	95.2	96.1	97	97.9	98.9	99.8				
3	88.3	89.2	90.2	91.2	92.1	93	94	94.9	95.8	96.7	97.7	98.6	99.5				
4	88	88.9	89.9	90.8	91.8	92.7	93.7	94.6	95.5	96.4	97.4	98.3	99.2				
5	87.6	88.5	89.5	90.5	91.4	92.4	93.3	94.3	95.2	96.2	97.1	98	98.9	99.8			
6	87.3	88.2	89.2	90.1	91	92	93	93.9	94.9	95.9	96.8	97.7	98.7	99.6			
7	86.9	87.9	88.8	89.8	90.7	91.7	92.6	93.6	94.6	95.6	96.5	97.4	98.4	99.3			
8	86.5	87.5	88.5	89.4	90.4	91.3	92.3	93.3	94.3	95.3	96.2	97.1	98.1	99	99.9		
9	86.2	87.1	88.1	89.1	90	91	92	93	94	95	95.9	96.8	97.8	98.7	99.7		
10	85.8	86.8	87.8	88.7	89.7	90.7	91.7	92.7	93.7	94.7	95.6	96.5	97.5	98.5	99.4		
11	85.4	86.4	87.4	88.4	89.4	90.4	91.4	92.4	93.3	94.3	95.3	96.2	97.2	98.2	99.1		
12	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	95.9	96.9	97.9	98.8	99.8	
13	84.8	85.7	86.7	87.7	88.7	89.7	90.7	91.7	92.7	93.7	94.6	95.6	96.6	97.6	98.6	99.5	
14	84.4	85.4	86.4	87.4	88.3	89.3	90.3	91.3	92.3	93.3	94.3	95.3	96.3	97.3	98.3	99.3	
15	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
16	83.6	84.6	85.6	86.6	87.6	88.6	89.6	90.7	91.7	92.7	93.7	94.7	95.7	96.7	97.7	98.7	99.7
17	83.2	84.2	85.2	86.2	87.2	88.2	89.3	90.3	91.3	92.4	93.4	94.4	95.4	96.4	97.4	98.5	99.5
18	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	87.9	88.9	89.9	91	92	93	94	95.1	96.1	97.1	98.2	99.2
19	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.6	88.6	89.6	90.7	91.7	92.7	93.7	94.8	95.8	96.9	97.9	98.9
20	82.2	83.2	84.2	85.2	86.2	87.2	88.2	89.2	90.3	91.3	92.4	93.4	94.5	95.5	96.6	97.6	98.6
21	81.8	82.8	83.8	84.8	85.9	86.9	87.9	88.9	90	91	92	93.1	94.1	95.2	96.3	97.3	98.4
22	81.4	82.4	83.4	84.4	85.5	86.5	87.6	88.6	89.6	90.7	91.8	92.8	93.9	94.9	96	97	98.1
23	81.1	82.1	83.1	84.1	85.1	86.1	87.2	88.3	89.3	90.4	91.4	92.4	93.5	94.6	95.7	96.7	97.8
24	80.7	81.7	82.7	83.7	84.7	85.7	86.8	87.9	88.9	90	91.1	92.1	93.2	94.3	95.3	96.4	97.5
25	80.3	81.3	82.3	83.4	84.4	85.4	86.5	87.5	88.6	89.7	90.7	91.8	92.9	93.9	95	96.1	97.2
26	79.9	80.9	81.9	82.9	84	85	86.1	87.2	88.2	89.3	90.4	91.5	92.5	93.6	94.7	95.8	97
27	79.5	80.5	81.6	82.6	83.6	84.7	85.7	86.8	87.9	89	90	91.1	92.2	93.3	94.4	95.5	96.7
28	79.2	80.2	81.3	82.3	83.3	84.3	85.4	86.5	87.5	88.6	89.7	90.8	91.9	93	94.1	95.2	96.4
29	78.8	79.8	80.9	81.9	83	84	85	86.1	87.2	88.2	89.3	90.4	91.6	92.7	93.8	94.9	96.1
30	78.4	79.4	80.5	81.5	82.6	83.6	84.7	85.8	86.9	87.9	89	90.1	91.2	92.4	93.5	94.6	95.8
31	78	79	80.1	81.1	82.2	83.2	84.3	85.4	86.5	87.5	88.6	89.7	90.8	92	93.1	94.2	95.4
32	79.6	78.6	79.7	80.7	81.8	82.8	83.9	85	86.1	87.1	88.2	89.3	90.4	91.6	92.7	93.8	95

PREPARATION D'ACIDE POUR BATTERIE

A partir d'acide sulfurique pur

Pour 10 l.

	d. à 15°	Acide 1,835	Acide 1,830
Acide à 14° Bé	1,11	1.020 cc.	1.025 cc.
27° "	1,23	2.235 cc.	2.270 cc.
28° "	1,24	2.340 cc.	2.375 cc.
29° "	1,25	2.460 cc.	2.500 cc.

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

*Direction générale :*

24, rue Bayard, PARIS 8<sup>e</sup>

*Services Scientifiques Centraux :*

*Service Central de Documentation :*

70-74, route d'Aulnay - 93 - BONDY

*Centre O.R.S.T.O.M. de Cayenne :*

B. P. 165 - CAYENNE (Guyane)

---