

J. DIDIER DE SAINT AMAND

G. CAS

**DOSAGE DES  
ÉLÉMENTS MINÉRAUX MAJEURS  
CHEZ LES VÉGÉTAUX**

***Méthodes appliquées  
au laboratoire de Diagnostic  
foliaire de l'O.R.S.T.O.M.***

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

SERVICES SCIENTIFIQUES CENTRAUX - BONDY



J. DIDIER de SAINT-AMAND  
G. CAS

DOSAGE DES ELEMENTS MINERAUX MAJEURS  
CHEZ LES VEGETAUX

Méthodes appliquées au Laboratoire de  
Diagnostic foliaire de l'O.R.S.T.O.M.

O.R.S.T.O.M.  
PARIS  
1 9 6 7

## PLAN GENERAL

---

### I. PREPARATION DES SOLUTIONS MINERALISEES.

1. Procédé général d'incinération de la matière végétale utilisé pour les dosages de : Potassium - Calcium - Magnésium - Sodium Phosphore ..... p. 5
2. Procédés de minéralisation par voie humide utilisés pour les dosages de Soufre et Azote total ..... p. 6

### II. METHODE DE DOSAGES.

1. Dosages par photométrie de flamme.
  - Potassium - Calcium ..... p. 8
    - Ananas ..... p. 12
    - Arbres fruitiers ..... p. 13
    - Bananier ..... p. 14
    - Caféier ..... p. 15
    - Canne à sucre ..... p. 16
    - Cocotier ..... p. 17
    - Cotonnier ..... p. 18
    - Eucalyptus ..... p. 19
    - Graminées fourragères ..... p. 20
    - Maïs ..... p. 21
    - Manioc ..... p. 22
    - Oranger ..... p. 23
    - Riz ..... p. 24
2. Dosages par complexométrie.
  - Magnésium - Calcium ..... p. 25
3. Dosages par colorimétrie.
  - Phosphore ..... p. 27
4. Dosages par néphélométrie.
  - Soufre ..... p. 28
5. Dosages par distillation.
  - Azote ..... p. 30

### III. COMPOSITIONS MINERALES OBSERVEES SUR QUELQUES VEGETAUX.

- Valeurs limites et moyennes des éléments majeurs ..... p. 31

I. P R E P A R A T I O N D E S S O L U T I O N S  
M I N E R A L I S E E S

1° - PROCÉDE GENERAL D'INCINÉRATION DE LA MATIÈRE VÉGÉTALE UTILISÉ POUR LES  
DOSAGES DE POTASSIUM - CALCIUM - MAGNESIUM ET PHOSPHORE

- Réactifs

Acide chlorhydrique R P concentré.  
Acide chlorhydrique R P au  $\frac{1}{2}$ .

- Matériel nécessaire

Four électrique à moufle en quartz, ventilé.  
Capsules de silice à fond plat.

- Principe

En soumettant une substance végétale à l'incinération, on obtient un résidu de cendres constitué par les éléments minéraux.

Certaines précautions sont nécessaires pour mener à bien cette opération : un chauffage brutal ou trop fort peut entraîner la fusion de sels alcalins, la volatilisation de certains sels; il est aussi nécessaire de travailler à la température la moins élevée possible, mais suffisante cependant pour que l'incinération soit totale, c'est-à-dire entre 480 et 500° C.

- Mode opératoire

L'incinération est opérée sur 500 mg de poudre végétale dans des capsules de silice (voir Nota). Celles-ci sont déposées dans un four froid. La température est élevée en 2 heures environ jusqu'à 480°. Elle est maintenue 2 heures à cette température. On doit obtenir des cendres claires que l'on laisse refroidir. Elles sont humectées par 2 à 3 ml d'eau froide, et par 1 ml

de HCl concentré ajouté lentement.

Evaporer à sec sur plaque chauffante douce sans dépasser une température de 250°. Reprendre par 1 ml de HCl  $\frac{1}{2}$ , laver à l'eau tiède. Filtrer sur fiole jaugée de 50 ml.

- Nota

L'incinération est faite sur la poudre telle qu'elle est conservée au laboratoire, dans des tubes de polyéthylène. Un coefficient d'humidité est fait indépendamment. Il en est tenu compte dans les calculs des teneurs en éléments.

- Cas de végétaux très riches en silice

Pour certains végétaux présentant des teneurs élevées en silice (riz, maïs, palmier par exemple) une reprise par l'acide fluorhydrique est nécessaire. Dans ce cas on procède de la façon suivante :

L'incinération est opérée dans les capsules de platine. Les cendres obtenues sont reprises par 1 à 2 gouttes de  $SO_4 H_2$  concentré et 5 ml de FH. La capsule est portée au bain-marie, puis son contenu est évaporé à sec, avec précaution, sur plaque chauffante.

Le résidu est repris par 2 ml de HCl pur, à nouveau évaporé à sec, puis repris enfin par 1 ml de HCl au  $\frac{1}{2}$  et de l'eau déminéralisée bouillante. Filtrer et amener au volume dans une fiole jaugée.

2° - PROCÉDES DE MINÉRALISATION PAR VOIE HUMIDE UTILISÉS POUR LES DOSAGES DE SOUFRE ET D'AZOTE TOTAL

A. A t t a q u e   n i t r o - p e r c h l o r i q u e

- Réactifs

Acide nitrique fumant : 650 ml  
Acide perchlorique pur : 350 ml  
mélangés pour 1 litre

- Matériel nécessaire

Rampe d'attaque électrique

- Principe

Les méthodes de destruction de la matière végétale par oxydation humide permettent d'éviter des pertes appréciables en soufre qui se produisent lors de l'incinération, par suite des possibilités de réduction des sulfates.

- Mode opératoire

L'attaque nitro-perchlorique est facile et sans danger si l'on opère sur des quantités de matière végétale aussi réduites que possible. Pratiquement, on fait une prise de 125 mg pour des teneurs présumées en soufre de 0,2 à 1% de matière sèche, et une prise de 250 mg pour des teneurs présumées en soufre de 0,1 à 0,25% de matière sèche.

La prise est introduite dans un matras de 100 ml, avec 20 ml de mélange nitro-perchlorique. Chauffer légèrement jusqu'au début de la formation de mousse, laisser alors macérer dix minutes, puis reprendre le chauffage de façon à arriver presque à sec en une demi-heure d'ébullition.

Reprendre à l'eau permutée et filtrer sur fiole jaugée de 50 ml.

B. A t t a q u e   s u l f u r i q u e   p o u r  
l e   d o s a g e   d e   l ' a z o t e

- Réactifs

Acide sulfurique concentré

Acide salicylique

Catalyseur composé d'un mélange de 80 g de SO<sub>4</sub> K<sub>2</sub> RP  
20 g de SO<sub>4</sub> Cu RP  
2 g de sélénium pur ) broyés

- Matériel nécessaire

Rampes d'attaque électriques

- Principe

Méthode de Kjeldahl complétée par une réduction des nitrates.

La matière végétale attaquée par l'acide sulfurique concentré, à chaud, se transforme en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O par oxydation, et l'azote est fixé par l'acide sulfurique à l'état de sulfate d'ammonium que l'on distillera. Cependant, si la matière végétale comporte des nitrates, l'attaque selon Kjeldahl conduit à des pertes d'azote nitrique. L'utilisation d'une substance susceptible de réagir avec l'ion nitrique pour donner un dérivé nitré, que l'on réduit ensuite,

permet d'éviter cet inconvénient. On peut utiliser ainsi l'acide salicylique ou l'acide phénol-sulfurique.

- Mode opératoire

Selon la teneur présumée en azote total, on effectue des prises de 100 mg à 200 mg de matière végétale, pesés sur une feuille de papier à cigarette. L'ensemble est introduit dans un matras de 150 cc avec 50 à 70 mg environ d'acide salicylique et 5 cc d'acide sulfurique.

Chauffer doucement afin de mieux imbiber la poudre, puis laisser reposer une nuit.

Ajouter 100 mg environ de catalyseur, chauffer progressivement et maintenir l'ébullition jusqu'à décoloration complète, le temps nécessaire maximum étant de 2h 30. Laisser refroidir.

## II. METHODES DE DOSAGE

### 1° - DOSAGES PAR PHOTOMETRIE DE FLAMME : POTASSIUM - CALCIUM

- Principe

Si un élément est soumis à une excitation, donnée sous la forme d'énergie calorifique, les électrons de ses atomes peuvent passer d'une orbite à une autre avec une variation d'énergie qui s'accompagne de radiations lumineuses.

La production d'une raie est fonction de la source d'excitation, et l'élément excité produit un nombre de raies qui lui est propre, l'intensité d'une raie étant fonction du nombre d'atomes excités, c'est-à-dire de la concentration en l'élément de la solution à doser.

Dans la photométrie de flamme, on compare l'intensité d'émission d'une solution contenant l'élément à déterminer à celle d'une solution étalon.

L'énergie lumineuse, transformée en énergie électrique par une cellule photo-électrique, est mesurée par un galvanomètre fonctionnant en ampèremètre.

- Matériel utilisé

L'appareil utilisé au laboratoire de Diagnostic Foliaire est un photomètre Eppendorf, dont le fonctionnement se schématise ainsi :

- .1. Nébulisation de l'élément contenu dans la solution
- .2. Excitation calorifique en flamme peu éclairante
- .3. Emission d'énergie lumineuse
- .4. Filtrage optique du rayonnement
- .5. Transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique
- .6. Mesure de l'énergie électrique

(voir figure)

On utilise une flamme air-acétylène pour le dosage du calcium et une flamme air-butane pour les dosages du potassium et du sodium.

Longueur d'onde pour l'émission du potassium =  $768\text{m}\mu$   
 Longueur d'onde pour l'émission du calcium =  $554\text{m}\mu$

Solutions étalons

Etalon	Sel utilisé	Poids à peser	Conditions	Dilution	Titre
K	K Cl (Merck)	1,9069 g	Sécher à 110°	1000 ml	1mg K/ml
Ca	CO <sub>3</sub> Ca (Merck)	2,4972 g	Sécher à 110° Dissoudre dans HCl 1/5. Chasser CO <sub>2</sub> par légère ébullition. Laisser reposer.	1000 ml	1mg Ca/ml
Mg	SO <sub>4</sub> Mg <sub>7</sub> H <sub>2</sub> O (Merck)	4,9547 g	Calciner avant de peser	1000 ml	1mg Mg/ml
P	PO <sub>4</sub> H (NH <sub>4</sub> ) 2	4,2631 g	Peser direct.	1000 ml	1 mg P/ml

Ces solutions sont utilisées pour la préparation des gammes standard complexes.

- Mode opératoire

On mesure les intensités d'émission de K - Ca, aux longueurs d'ondes convenables, et on les compare à celles de solutions standard complexes contenant des quantités connues d'éléments P-K-Ca-Mg-Na, susceptibles de figurer la composition chimique moyenne la plus approchée possible de celle du tissu végétal dont on veut titrer les teneurs.

La gamme standard complexe est passée une première fois au photomètre.

On procède ensuite au passage de la série des solutions de cendres végétales, en vérifiant fréquemment les mesures par le passage d'un élément de la gamme standard, choisi de telle sorte qu'il soit le plus proche possible de la valeur trouvée dans la solution inconnue.

La gamme standard complexe est passée une nouvelle fois à la fin des mesures.

Le chiffre finalement retenu pour le calcul des teneurs est la moyenne des deux lectures de la gamme.

Des gammes standard complexes sont données ci-après. Elles correspondent à la composition moyenne de plusieurs végétaux, et plus particulièrement de végétaux tropicaux.

La quantité d'éléments à doser dans les échantillons est évaluée en  $\gamma$  /ml par interpolation, d'après les lectures au photomètre correspondant aux divers points de la gamme standard. Compte tenu du poids de matière sèche calciné et du volume de dilution, il est aisé de rapporter par exemple les valeurs à 100 g de matière sèche.

- Note

Pour le dosage du calcium, l'addition de 2% de glycérol dans les solutions à doser permet d'éviter toute interférence éventuelle du phosphore. Il est nécessaire alors d'introduire la même proportion de glycérol dans les standards complexes, car la présence du glycérol modifie la température de la flamme.

- Calculs

Si A = la lecture de l'échantillon

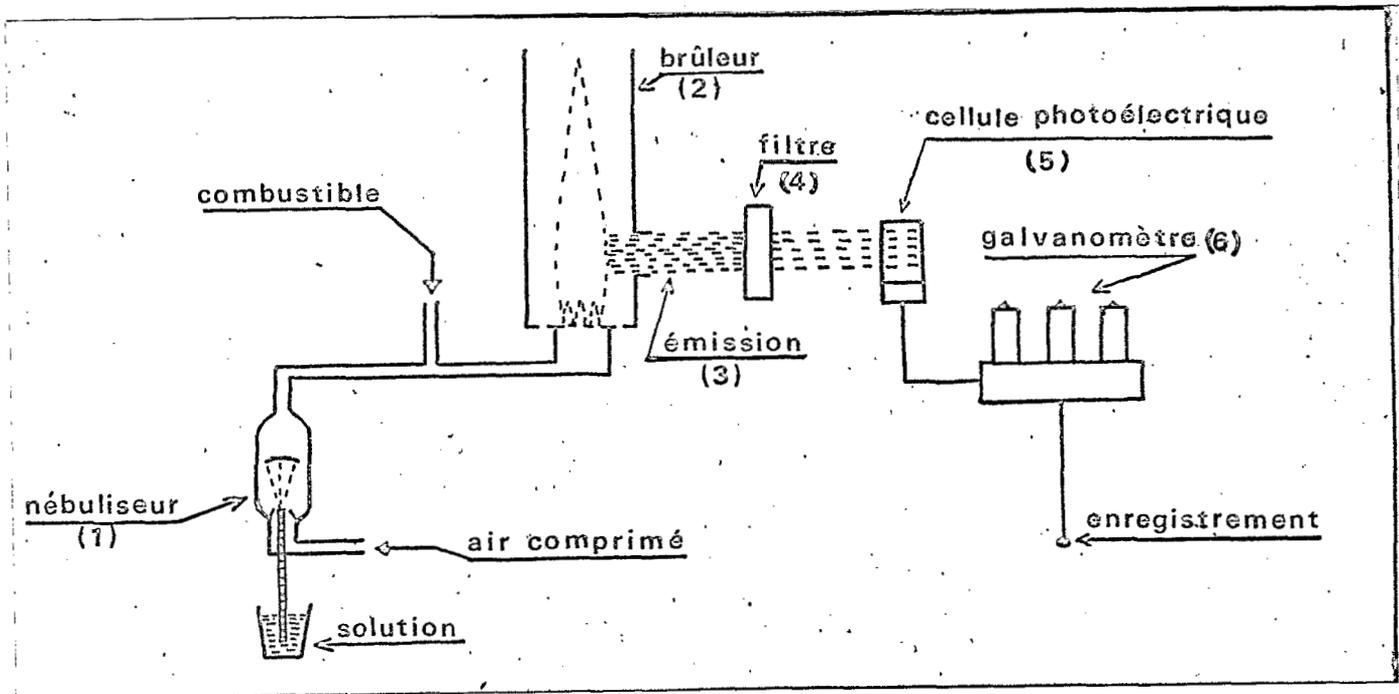
B = la lecture moyenne de l'étalon de référence

C = la lecture instantanée de l'étalon de référence

E, (lecture corrigée de l'échantillon) = (A - C) + B

la concentration en  $\gamma$  /ml dans la solution est :

$$\gamma / \text{ml} = \left[ \frac{E - \text{moy.étalon} \langle}{\text{moy.étal.} \rangle - \text{moy.étal.} \langle} \right] \times (\gamma / \text{ml étalon} \rangle) - (\gamma / \text{ml étal.} \langle) + \gamma / \text{ml étalon} \langle$$



Gammes standards complexes pour feuilles

d' ANANAS

Ces gammes sont valables pour une incinération de 250 mg de matière végétale amenés à 50 ml ou pour une incinération de 500 mg amenés à 50 ml, dilués par moitié.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	3,000
Ca	0,350
Mg	0,350
Na	0,020
P	0,150

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :					
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 ng/ml d'élément							
0	25	50	75	100	150	200	
0 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	
avec : 17 $\gamma$ de Ca (1,7 ml)							
17 $\gamma$ de Mg (1,7 ml)							
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)							
8 $\gamma$ de P (0,8 ml)							
+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$							
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml :					
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution-Etalon à 1 ng/ml d'élément							
0	10	20	25	30	40	50	
0 ml	1 ml	2 ml	2,5 ml	3 ml	4 ml	5 ml	
avec : 150 $\gamma$ de K (15 ml)							
17 $\gamma$ de Mg (1,7 ml)							
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)							
8 $\gamma$ de P (0,8 ml)							
+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$							

Gammes standards complexes pour feuilles

d'ARBRES FRUITIERS (Rosacées)

Ces gammes sont valables pour une incinération de 250 mg de matière végétale pour un volume de 50 ml ou pour une incinération de 500 mg dans 50 ml dilués de moitié.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	3,000
Ca	2,000 à 3,000
Mg	0,100
Na	0,025
P	0,150

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :					
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 ng/ml d'élément							
0	50	75	100	150	200	250	
0 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml	
avec 150 $\gamma$ de K (15 ml)							
50 $\gamma$ de Mg (5 ml)							
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)							
7 $\gamma$ de P (0,7 ml)							
+ 2 ml de HCl $\frac{1}{2}$							
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml :					
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 ng/ml d'élément							
0	50	100	150	200	250		
0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml		
avec 130 $\gamma$ de Ca (13 ml)							
50 $\gamma$ de Mg (5 ml)							
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)							
7 $\gamma$ de P (0,7 ml)							
+ 2 ml de HCl $\frac{1}{2}$							

Gammas standards complexes pour feuilles

de BANANIER

Ces gammes sont étudiées pour une incinération de 125 mg de matière végétale ramenés à un volume de 50 ml ou pour une incinération de 500 mg ramenés à 50 ml et dilués 3 à 4 fois suivant la richesse en potassium.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche

K	3,500 à 8,000
Ca	0,600 à 1,200
Mg	0,300
Na	0,020
P	0,250

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 ng/ml d'élément						
0	50	100	150	200	250	300
0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml	30 ml
avec 20 $\gamma$ de Ca (2 ml)						
8 $\gamma$ de Mg (0,8 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
6 $\gamma$ de P (0,6 ml)						
+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$						
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 ng/ml d'élément						
0	10	15	20	30	50	
0 ml	1 ml	1,5 ml	2 ml	3 ml	5 ml	
avec 150 $\gamma$ de K (15 ml)						
8 $\gamma$ de Mg (0,8 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
6 $\gamma$ de P (0,6 ml)						
+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$						

Gammes standards complexes pour feuilles  
de CAFETIER (type Arabica)

Ces gammes sont valables pour des incinérations de 500 mg de matière végétale, ramenés à un volume de 50 ml.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	1,000 à 3,000
Ca	0,700 à 1,200
Mg	0,300 à 0,500
Na	0,010
P	0,100 à 0,250

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément						
0	50	100	150	200	250	300
0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml	30 ml
avec 100 $\gamma$ de Ca (10 ml)						
40 $\gamma$ de Mg (4 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
15 $\gamma$ de P (1,5 ml)						
+ 2 ml de HCl $\frac{1}{2}$						
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément						
0	25	50	75	100	150	200
0 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	15 ml	20 ml
avec 200 $\gamma$ de K (20 ml)						
40 $\gamma$ de Mg (4 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
15 $\gamma$ de P (1,5 ml)						
+ 2 ml de HCl $\frac{1}{2}$						

Gammes standards complexes pour feuilles de

CANNE A SUCRE

Ces gammes sont valables pour des incinérations de 500 mg de matière végétale, ramenés à un volume de 50 ml.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	1,000 à 1,500
Ca	0,075 à 0,250
Mg	0,250
Na	0,010
P	0,150

POTASSIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de  
la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément

0	25	50	75	100	150	200	250
0 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml

avec 20  $\gamma$  de Ca (2 ml)  
25  $\gamma$  de Mg (2,5 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,10 ml)  
15  $\gamma$  de P (1,5 ml)

+ 2 ml de H Cl  $\frac{1}{2}$

CALCIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la  
Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément

0	5	15	25	35	50
0 ml	0,5 ml	1,5 ml	2,5 ml	3,5 ml	5 ml

avec 120  $\gamma$  de K (12 ml)  
25  $\gamma$  de Mg (2,5 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,1 ml)  
15  $\gamma$  de P (1,5 ml)

+ 2 ml de H Cl  $\frac{1}{2}$

Gammes standards complexes pour feuilles de

COCOTIER

Ces gammes sont valables pour des incinérations de 500 mg de matière végétale, ramenés à un volume de 50 ml.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	0,700
Ca	0,550
Mg	0,400
Na	0,010
P	0,120

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément						
0	25	50	100	150	200	
0 ml	2,5 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	
avec 55 $\gamma$ de Ca (5,5 ml)						
40 $\gamma$ de Mg (4 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
12 $\gamma$ de P (1,2 ml)						
+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$						
CALCIUM		Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément				
0	25	35	55	75	100	
0 ml	2,5 ml	3,5 ml	5,5 ml	7,5 ml	10 ml	
avec 70 $\gamma$ de K (7 ml)						
40 $\gamma$ de Mg (4 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
12 $\gamma$ de P (1,2 ml)						
+ 2 ml H Cl $\frac{1}{2}$						

Gammes standards complexes pour feuilles de

COTONNIER

Ces gammes sont étudiées pour une incinération de 250 mg de matière végétale, amenés à 50 ml ou pour une incinération de 500 mg dans 50 ml, dilués par moitié.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.  
(Plantes cultivées en milieu hydroponique).

K	3,500
Ca	3,000
Mg	0,500
Na	0,010
P	0,500

POTASSIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$  /ml et en vol. correspondant de  
la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément

0	50	100	150	200	250
0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml

avec 150  $\gamma$  de Ca (15 ml)  
25  $\gamma$  de Mg (2,5 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,1 ml)  
25  $\gamma$  de P (2,5 ml)  
+ 2 ml de HCl  $\frac{1}{2}$

CALCIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$  /ml et en vol. correspondant de  
la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément

0	75	100	125	150	175	200
0 ml	7,5 ml	10 ml	12,5 ml	15 ml	17,5 ml	20 ml

avec 170  $\gamma$  de K (17 ml)  
25  $\gamma$  de Mg (2,5 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,1 ml)  
25  $\gamma$  de P (2,5 ml)  
+ 2 ml de HCl  $\frac{1}{2}$

Gammes standards complexes pour feuilles

d' EUCALYPTUS

Ces gammes sont valables pour des incinérations de 500 mg de matière végétale, ramenés à un volume de 50 ml

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	0,400
Ca	0,500
Mg	0,400
Na	0,010
P	0,180

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :					
		Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément					
0	15	25	35	50	75	100	
0 ml	1,5 ml	2,5 ml	3,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	
		avec 50 $\gamma$ de Ca (5 ml)					
		40 $\gamma$ de Mg (4 ml)					
		1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)					
		18 $\gamma$ de P (1,8 ml)					
		+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$					
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml :					
		Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément					
0	25	50	75	100	125	150	
0 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	12,5 ml	15 ml	
		avec 40 $\gamma$ de K (4 ml)					
		40 $\gamma$ de Mg (4 ml)					
		1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)					
		18 $\gamma$ de P (1,8 ml)					
		+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$					

Gammes standards complexes pour feuilles de

GRAMINEES FOURRAGERES

(Ex. *Digitaria umpholzi*, *Setaria sphacelata*, *Panicum maximum*)

Ces gammes sont valables pour des incinérations de 500 mg de matière végétale ramenés à un volume de 50 ml.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche

K	2,000
Ca	0,200
Mg	0,200
Na	0,010
P	0,200

POTASSIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de  
la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément

0	100	150	200	250	300
0 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml	30 ml

avec 20  $\gamma$  de Ca (2 ml)  
20  $\gamma$  de Mg (2 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,1 ml)  
20  $\gamma$  de P (2 ml)  
+ 2 ml de H Cl  $\frac{1}{2}$

CALCIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de  
la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément

0	5	15	25	35	50	100
0 ml	0,5 ml	1,5 ml	2,5 ml	3,5 ml	5 ml	10 ml

avec 200  $\gamma$  de K (20 ml)  
20  $\gamma$  de Mg (2 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,1 ml)  
20  $\gamma$  de P (2 ml)  
+ 2 ml de H Cl  $\frac{1}{2}$

Gammes standards complexes pour feuilles de

MAIS

Ces gammes sont valables pour des incinérations de 500mg de matière végétale, ramenés à un volume de 50 ml.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	1,500
Ca	0,600
Mg	0,400
Na	0,010
P	0,300

POTASSIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de  
la Solution-Etalon à 1 mg/ml d'élément

0	50	100	150	200	250
0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml

avec 60  $\gamma$  de Ca (6 ml)  
40  $\gamma$  de Mg (4 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,1 ml)  
30  $\gamma$  de P (3 ml)

+ 2 ml de H Cl  $\frac{1}{2}$

CALCIUM

Pour un volume de 100 ml :

Teneurs en  $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de  
la Solution - Etalon à 1mg/ml d'élément

0	25	50	75	100	125
0 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	12,5 ml

avec 150  $\gamma$  de K (15 ml)  
40  $\gamma$  de Mg (4 ml)  
1  $\gamma$  de Na (0,1 ml)  
30  $\gamma$  de P (3 ml)

+ 2 ml de H Cl  $\frac{1}{2}$

Gammes standards complexes pour feuilles de  
MANIOC

Ces gammes sont valables pour des incinérations de 500 mg de matière végétale, ramenés à un volume de 50 ml.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.

K	1,500
Ca	0,750
Mg	0,350
Na	0,010
P	0,350

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément						
0	50	100	150	200	250	
0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml	
avec 75 $\gamma$ de Ca (7,5 ml)						
35 $\gamma$ de Mg (3,5 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
35 $\gamma$ de P (3,5 ml)						
+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$						
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément						
0	25	50	75	100	125	
0 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml	12,5 ml	
avec 150 $\gamma$ de K (15 ml)						
35 $\gamma$ de Mg (3,5 ml)						
1 $\gamma$ de Na (0,1 ml)						
35 $\gamma$ de P (3,5 ml)						
+ 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$						

Gammes standards complexes pour feuilles

d'ORANGER  
(Maltaise demi-sanguine 6 ans)

Ces gammes sont étudiées pour une incinération de 250 mg de matière végétale ramenés à un volume de 50 ml ou pour une incinération de 500 mg dans 50 ml, dilués par moitié.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche

K	0,800
Ca	2,500 à 8,500
Mg	0,250
Na	0,100
P	0,150

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml :					
		Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément					
0	10	25	50	75	100		
0 ml	1 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	10 ml		
		avec 200 $\gamma$ de Ca (2 ml) 12 $\gamma$ de Mg (1,2 ml) 25 $\gamma$ de Na (0,25 ml) 8 $\gamma$ de P (0,8 ml) + 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$					
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml :					
		Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 mg/ml d'élément					
0	50	100	150	200	250	300	
0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml	30 ml	
		avec 20 $\gamma$ de K (2 ml) 6 $\gamma$ de Mg (0,6 ml) 25 $\gamma$ de Na (0,25 ml) 4 $\gamma$ de P (0,4 ml) + 2 ml de H Cl $\frac{1}{2}$					

Gammes standards complexes pour feuilles de

R I Z

Ces gammes sont étudiées pour une incinération de 250 mg de matière végétale ramenés à un volume de 50 ml ou pour une incinération de 500 mg de matière végétale dans 50 ml, dilués par moitié.

Composition moyenne en g d'élément pour 100 g de matière sèche.  
(Plantes cultivées en milieu hydroponique).

K	4,000 à 5,000
Ca	0,100 à 0,400
Mg	0,200
Na	0,050
P	0,600

POTASSIUM		Pour un volume de 100 ml avec 2 ml de glycérol :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 1 ng/ml d'élément						
0	100	150	200	250	300	
0 ml	10 ml	15 ml	20 ml	25 ml	30 ml	
avec 15 $\gamma$ de Ca (1,5 ml) 10 $\gamma$ de Mg (1 ml) 1 $\gamma$ de Na (0,1 ml) 30 $\gamma$ de P (3 ml) + 2 ml de HCl $\frac{1}{2}$						
CALCIUM		Pour un volume de 100 ml avec 2 ml de glycérol :				
Teneurs en $\gamma$ /ml et en vol. correspondant de la Solution - Etalon à 2 ng/ml d'élément						
0	5	10	25	50	75	
0 ml	0,5 ml	1 ml	2,5 ml	5 ml	7,5 ml	
avec 200 $\gamma$ de K (20 ml) 10 $\gamma$ de Mg (1 ml) 1 $\gamma$ de Na (0,1 ml) 30 $\gamma$ de P (3 ml) + 2 ml de HCl $\frac{1}{2}$						

## 2° - DOSAGE PAR COMPLEXOMETRIE : MAGNESIUM

Cette méthode est utilisée pour la détermination de la somme calcium + magnésium. Les dosages de calcium seul, faits par photométrie de flamme, permettent par différence de connaître les teneurs en magnésium. Le titrage est effectué avec le sel disodique de l'acide éthylène - diamine - tétraacétique, (ou E.D.T.A. ou complexon III) en présence de Noir Eriochrome T, qui sert d'indicateur de fin de réaction.

### - Réactifs

- Solution étalon de calcium N/5, puis N/50 préparée à partir de  $\text{CO}_3 \text{ Ca}$  RP avec  $\text{HCl } \frac{1}{2}$ .
- Solution d'E.D.T.A. ou complexon III N/100, préparée par dilution d'une solution N/5 exactement titrée par la solution étalon de calcium.
- Solution étalon de magnésium N/5  
puis solution de magnésium / N/50.

Les solutions étalons de Mg sont préparées à partir de  $\text{SO}_4 \text{ Mg}_7 \text{ H}_2\text{O}$  que l'on calcine préalablement en creuset de silice, les molécules d'eau de ce sel pouvant varier suivant son état de conservation. La calcination se fait à  $700^\circ$  en montant progressivement la température du four.

### - Solution-tampon pH 10,1.

- 67,5 g de  $\text{Cl NH}_4$  dans 200 ml d'eau distillée.
- 570 ml de  $\text{NH}_4 \text{ OH}$  RP à  $22^\circ$  Baumé  
pour 1000 ml.

### - Indicateur

Mélanger 0,2 g de Noir Eriochrome T avec 50 g de  $\text{Cl Na}$  RP, finement broyé.

### - Agents de masquage

Leur utilisation est indispensable, car l'E.D.T.A. complexe outre les ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ , des ions tels que  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$  et  $\text{Fe}^{+++}$ , ce qui peut gêner les dosages. Leur élimination est convenable par l'addition du mélange suivant :



Le N.E.T. a trois zones de virage. Pour les pH < 10, il est rose, passe au bleu entre pH 10 et 11, puis à l'orange à pH > 11. Il est nécessaire d'opérer en milieu tamponné.

- Calcul.

Les chélats renferment l'E.D.T.A. et le métal, quelle que soit sa valence dans le rapport 1/1.

1 ml d'E.D.T.A.  $\frac{N}{100}$  équivaut à

$\frac{1}{2}$  0,0100 x 40,08 mg de  $\text{Ca}^{++}$  soit 0,2004 mg de  $\text{Ca}^{++}$   
 $\frac{1}{2}$  0,0100 x 24,32 mg de  $\text{Mg}^{++}$  soit 0,1216 mg de  $\text{Mg}^{++}$

Si :  $x$  = le volume d'E.D.T.A. correspondant au Calcium déterminé par photométrie de flamme ( 1 ml d'E.D.T.A.  $\frac{N}{100} = 0.2004$  mg de Ca),

$y$  = le volume d'E.D.T.A. correspondant au Magnésium,

$z$  = le volume d'E.D.T.A. correspondant à la somme Ca + Mg;

$$y = z - x$$

Le titre en Mg de la solution, pour une prise de 5 ml à partir d'un volume total de 50 ml correspondant à 500 mg de poudre sèche est :

$$\text{Mg \%} = \frac{y \times 0,1216 \times 50 \times 100}{5 \times 0,500 \times 1000}$$

3° - DOSAGE PAR COLORIMETRIE : PHOSPHORE

La colorimétrie est utilisée pour la détermination du Phosphore dans les solutions de cendres végétales.

- Réactifs

Réactif nitrovanadomolybdique préparé en mélangeant :

a. 100 ml de molybdate d' $\text{NH}_4$  à 5 %;

b. 100 ml de vanadate d' $\text{NH}_4$  ainsi préparé : 2,5 g de vanadate d' $\text{NH}_4$  pour 500 ml d'eau chaude.

20 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  d = 1,33

(après refroidissement) amener à 1 l.

c. 67 ml de  $\text{NO}_3\text{H}$  d = 1,33  
 amener à 500 ml.

Solution - étalon de P :  $\text{PO}_4\text{H}(\text{NH}_4)^2$  - Solution mère à 1 mg  
de P/ml,  
à partir de laquelle on prépare par dilution une solution à 20  $\gamma$   
/ml de P

- Principe

En milieu acide, en présence de  $\text{V}^{5+}$  et  $\text{Mo}^{6+}$ , l'acide phosphorique donne un complexe phosphovanadomolybdique jaune, dont la densité optique est mesurée au photocolorimètre à 468 m $\mu$  avec filtre bleu.

- Mode opératoire

Introduire une prise de 5 à 10 ml suivant la concentration présumée en Phosphore de la solution de cendres dans un ballon jaugé de 25 ml.

Ajouter 5 ml de réactif nitrovanadomolybdique.

Compléter le volume avec de l'eau déminéralisée. Attendre une heure avant de passer au photocolorimètre. Pour le photocolorimètre Eppendorf, utiliser :

filtre bleu Cadmium 468 m $\mu$

cellule 90 B

lampe mercure Cadmium

Les lectures sont comparées à celles données par une gamme étalon de Phosphore traitée dans les mêmes conditions et qui comprend généralement les points suivants :

0-2-4-6-8-10-12 -  $\gamma$ /ml de P.

La coloration reste stable plusieurs heures.

- Calculs

Sur une prise de 10 ml, ramenée à 25 ml dans la solution correspondant à 500 mg pour un volume de 50 ml, le pourcentage de P est :

$$P \% = \frac{\gamma/\text{ml de P échantillon} \times 50 \times 25 \times 100}{10^6 \times 10 \times 0,500}$$

4° - DOSAGE PAR NEPHELOMETRIE : SOUFRE

- Réactifs

- . Mélange d'attaque : Acide nitrique fumant : 650 ml  
Acide perchlorique : 350 ml
- . Na OH : solution à 5 %



## 5° - DOSAGE PAR VOLUMETRIE : AZOTE TOTAL

### - Réactifs

- Lessive de soude à 36° B<sup>é</sup>
- Indicateur, 66 mg rouge de méthyle + 33 mg de vert de Bromocrésol, pour 100 ml d'alcool
- SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> N/14
- Acide Borique à 2 %

### - Mode opératoire

La distillation de NH<sub>4</sub> se fait directement dans les matras d'attaque. Ajouter environ 20 ml d'eau distillée, puis suffisamment de lessive de soude concentrée pour obtenir la précipitation d'hydrate de cuivre; la quantité à ajouter est de l'ordre de 20 à 30 ml. Le précipité ne doit pas se dissoudre lorsqu'on agite ou lorsqu'on chauffe.

Dès que la Soude a été ajoutée, distiller à l'appareil à distillation. Recueillir le distillat dans 5 ml d'acide borique à 2 %. Il se forme du Borate d'NH<sub>4</sub>, sel fortement hydrolysé dont on titre l'alcalinité par de l'acide sulfurique N/14 (1 ml de cette solution correspond à 1 mg d'azote). Les 5 ml d'acide borique à 2 % permettent de fixer 19 mg de N, ce qui laisse une bonne marge de sécurité pour des prises de l'ordre indiqué plus haut.

Un blanc doit être fait indépendamment des dosages.

### - Calcul

$$N \% = \frac{\text{ml SO}_4\text{H}_2 \text{ dosage} - \text{ml SO}_4\text{H}_2 \text{ Blanc} \times 100 \times \text{titre SO}_4\text{H}_2}{\text{Poids de Prise en mg}}$$

III. VALEURS LIMITES ET MOYENNES  
DES ELEMENTS MAJEURS OBSERVEES  
SUR QUELQUES VEGETAUX ANALYSES  
DANS NOS LABORATOIRES

BANANIER

Espèce et variété Lieu de prélèvement. Echantillonnage	Musa sinensis var. Petite naine. Origine Guinée. Guinée. Type IFAC. Sur la dernière feuille entièrement déroulée, une bande de 15 cm de large est prélevée du côté gauche de la nervure centrale dans la partie la plus large de la feuille. Le 1/5 proche de la nervure constitue la partie analysée de cette bande.
Type d'essai	Essai de fertilisation azotée.

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
1,85	3,71	0,132	0,368	3,48	6,62	0,58	1,97	0,22	0,42
2,77		Moyennes observées sur 64 échantillons témoins							
		0,200	4,88		1,19		0,33		

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

CAFFÉIER

Espèce et variété	Coffea canephora var. robusta A 1 d'Akandjé (Côte d'Ivoire)
Lieu et époque du prélèvement	Abengourou, entre 11 h et 13 h (saison sèche)
Echantillonnage	3e ou 4e feuille à partir de l'extrémité d'une branche fructifère
Type d'essai	Essai de fertilisation N-P-K. "Relations hydriques entre économie d'eau et nutrition minérale".

N.		P.		K.	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
2,18	2,81	0,099	0,124	1,75	2,34
Moyennes observées sur 24 échantillons					
2,51		0,113		1,94	

CAFETIER

Espèce et variété	Coffea canephora var. arabica
Lieu et époque du prélèvement	Pays Bamoun. Cameroun. Mois de mai
Echantillonnage	3e feuille en partant de l'extrémité d'une branche fructifère, cette feuille ne portant pas de bourgeon à fleur à son aisselle.

N		P		K		Ca		Mg		S	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
2,37	3,96	0,131	0,296	2,14	4,08	0,70	1,29	0,27	0,49	0,146	0,317
Moyennes observées sur 61 échantillons											
3,11		0,181		3,01		0,96		0,39		0,243	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

CANNE A SUCRE (1)

Espèce et variété	Canne à sucre - var. B 46 364
Lieu et époque de prélèvement	Guadeloupe. Novembre, décembre, janvier
Echantillonnage	Feuille dite de "Diagnostic Foliaire" soit la dernière feuille complètement dépliée d'une canne
Type d'essai	Exportations minérales de diverses variétés de Cannes sur sol volcanique (Essais Sols/Plante)

a. Feuilles.

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
1,56	1,97	0,17	0,239	1,11	1,42	0,29	0,46	0,14	0,28
Moyennes observées sur 50 échantillons									
1,76		0,205		1,28		0,36		0,20	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

CANNE A SUCRE (2)

b. Cannes.

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
0,19	0,46	0,03	0,088	0,39	0,97	0,07	0,21	0,07	0,14
Moyennes observées sur 22 échantillons									
0,29		0,052		0,61		0,11		0,096	

c. Racines.

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
0,37	0,54	0,052	0,07	0,21	0,45	0,10	0,34	0,09	0,32
Moyennes observées sur 22 échantillons									
0,48		0,059		0,310		0,18		0,18	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

EUCALYPTUS

Espèce et variété	Eucalyptussaligna Sm originaire d'Afrique du Sud.
Lieu et époque du prélèvement	Congo. Prélèvement en novembre, entre 7 et 10 heures.
Echantillonnage	2ème feuille adulte sur rameau de l'année. 14 feuilles par arbre. 20 arbres par échantillon. Exposition sud.
Type d'essai	Observation sur champs, de carences en oligo-éléments (plus particulièrement en Bore).

N		P		K		Ca		Mg		S	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
1,66	2,28	0,117	0,216	0,34	0,51	0,43	0,52	0,41	0,47	0,127	0,197
Moyennes observées sur 40 échantillons											
1,98		0,179		0,44		0,48		0,43		0,159	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

GRAMINEES FOURRAGERES

Espèce et variété	Panicum maximum
Lieu et époque du prélèvement	Adiopodoumé (Côte d'Ivoire). Coupé à 6 semaines environ.
Echantillonnage	Ensemble des éléments verts
Type d'essai	Essai de rythme de fauche pour la connaissance des exportations minérales.

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
1,09	3,35	0,148	0,434	0,13	2,73	0,27	1,18	0,25	0,94
Moyennes observées sur 290 échantillons									
2,34		0,272		0,76		0,70		0,55	

MAIS

Espèce et variété	Zea mays:var. Scar III.
Lieu et époque du prélèvement	Dahomey (Agoncamey et Sékou) Août entre 7 et 11 h.
Echantillonnage	Feuille située immédiatement au-dessous de l'épi principal - Grains.
Type d'essai	Prélèvements sur champs de paysans.

a. Feuilles.

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
2,50	3,40	0,189	0,307	0,63	1,07	0,50	0,68	0,44	0,73
Moyennes observées sur 74 échantillons									
3,09		0,246		0,83		0,61		0,50	

b. Grains de l'épi.

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
1,56	1,93	0,169	0,242	0,40	0,47	0,01	0,01	0,14	0,16
Moyennes observées sur 12 échantillons									
1,82		0,214		0,44		0,01		0,144	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

MANIOC

Espèce et variété	Manihot utilissima var. Tabouka
Lieu et époque du prélèvement	Côte d'Ivoire, station d'Adiopodoumé. Prélèvement en janvier.
Echantillonnage	Feuilles prélevées en 5ème position à partir du sommet de la tige. Enlèvement du pétiole. Pas de dénervation (1 feuille par pied). Au total, 24 feuilles par échantillon moyen.
Type d'essai	Essai de fertilisation N - P - K

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
5,03	5,74	0,348	0,463	0,94	2,02	0,56	1,01	0,22	0,50
Moyennes observées sur 128 échantillons témoins									
5,48		0,392		1,51		0,78		0,36	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

ORANGER

Espèce et variété	Maltaise demi sanguine (6 ans)
Lieu et époque du prélèvement	Tunisie sur limon argileux. Prélèvement en février, entre 9 h 30 et 11 h 30.
Echantillonnage	Feuilles avec leur pétiole, prélevées sur rameaux fructifères et pousses jeunes. Feuilles "a" choisies à la base des petits rameaux au-dessus du fruit. Sur 3 rameaux, autour de l'arbre (9 feuilles par échantillon).
Type d'essai	Essai d'irrigation à l'eau salée.

N		P		K		Ca		Mg		S		Na		Cl	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
2,07	2,17	0,13	0,249	0,84	1,12	2,37	7,43	0,14	0,26	0,135	0,28	0,07	0,16	0,149	0,197
Moyennes obtenues sur 39 échantillons															
2,13		0,161		0,95		5,62		0,21		0,217		0,12		0,195	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

RIZ

Espèce et variété	Orizae saliva var. Makalioka 823
Lieu et époque de prélèvement	Hauts Plateaux malgaches - Prélèvements en Janvier (montaison)
Echantillonnage	Feuille paniculaire
Type d'essai	Essais de fertilisation N P K

N		P		K		Ca		Mg	
Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.	Taux min.	Taux max.
2,8	3,3	0,13	0,17	2,7	2,9	0,26	0,40	0,17	0,24
Moyennes observées sur 40 échantillons									
2,95		0,15		2,87		0,35		0,22	

Résultats exprimés en g. d'élément pour 100 g. de matière sèche.

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

---

IMP. S. S. C. Bondy