

LES ETALONS VEGETAUX POUR L'ANALYSE FOLIAIRE ; RESULTATS COMPLEMENTAIRES  
OBTENUS POUR LES ELEMENTS : SODIUM, CHLORE, SOUFRE, BORE, OLIGO-  
ELEMENTS,

par le Comité Inter-Instituts pour l'Analyse Foliaire  
présenté par M. PINTA, ORSTOM, 93140 BONDY - France

avec la collaboration de JCh. VAN SCHOUWENBURG, A. BONVALET, M. LACHICA  
et P. HERMAN

### INTRODUCTION

Le Comité Inter-Instituts (C.I.I.) a préparé une série d'étalons végétaux qui ont été présentés au Colloque de Budapest. Les résultats de l'analyse inter-laboratoires ont fait l'objet d'une publication dans ANALYSIS (1975, Vol. 3, n° 6, p. 345-353) ; ils portaient principalement sur les éléments N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn. Ces échantillons qui ont été préparés en quantité suffisante (25 à 50 kg), ont été distribués depuis à quelque cinquante laboratoires pour servir d'étalonnages.

Le Comité a cherché depuis à étendre la connaissance analytique de ces échantillons. Des méthodes ont été sélectionnées pour les éléments de bases totaux suivants : sodium, chlore, soufre, ainsi que pour le bore. Dans le domaine des oligo-éléments, des résultats complémentaires ont été obtenus par spectrographie d'émission.

### SODIUM, CHLORE, SOUFRE

#### - Sodium :

Nous avons retenu une méthode de référence par émission de flamme. Le sodium est dosé sur la solution qui résulte du mode de minéralisation proposé par le C.I.I. Le dosage est fait par spectrométrie d'émission en flamme air-propane.

Dans cette flamme, les interférences spectrales (Ca) et d'ionisation (K) y sont plus réduites ; il importe toutefois de les corriger. L'interférence spectrale due aux bandes s'émission de CaO est supprimée en flamme air-propane par addition d'aluminium aux solutions d'analyse (Na entre 0 et 25 µg/ml) pour avoir 1500 µg Al/ml ; il est à noter qu'en flamme air-acétylène plus chaude l'interférence n'est pas corrigée totalement.

Les interférences d'ionisation sont compensées par addition de 1000 µg de césium/ml aux solutions d'étalonnage et d'analyse. Les résultats sont donnés tableau 1.

Ces résultats complètent et confirment ceux déjà présentés dans notre précédente publication.

Le coefficient de variation reste de l'ordre de 10-20 % pour des teneurs supérieures à 0,05 % et peut atteindre des valeurs beaucoup plus fortes pour les faibles teneurs (0,01 %) où les risques de contaminations sont particulièrement importants. L'accord entre ces résultats et ceux obtenus dans la chaîne d'analyse "Wageningen" est satisfaisant ; la standardisation de la méthode nous conduit à des coefficients de variation plus faibles.

TABLEAU 1. Dosage du sodium (%)

	N	$\bar{x}$	M	$s^2$	s	C.V.%	$\bar{x}-s$	$\bar{x}+s$	$\bar{x}_1$	$M_1$
Artichaut	17	3,128	3,150	0,2050	0,4527	14,5	2,675	3,581	3,088	3,120
Codia discolor	16	0,134	0,137	0,0002	0,0138	10,3	0,120	0,148	0,137	0,139
Cotonnier	11	0,047	0,045	0,0001	0,0071	15,0	0,040	0,054	0,045	0,043
Eucalyptus	17	0,172	0,171	0,0005	0,0219	12,7	0,150	0,194	0,171	0,171
Hévêa	15	0,010	0,009	0,0000	0,0040	39,5	0,006	0,014	0,010	0,010
Maïs	11	0,175	0,177	0,0003	0,0161	9,2	0,159	0,191	0,178	0,175
Olivier	10	0,010	0,009	0,0001	0,0074	68,4	0,003	0,018	0,008	0,008
Oranger	11	0,037	0,035	0,0001	0,0089	23,5	0,028	0,046	0,034	0,032
Palmier	14	0,017	0,017	0,0000	0,0045	25,4	0,013	0,022	0,017	0,017
Pêcher	10	0,023	0,020	0,0000	0,0067	28,8	0,015	0,030	0,020	0,019
Pommier Golden	15	0,015	0,016	0,0000	0,0045	28,2	0,011	0,020	0,016	0,016
Pommier Cox'orange	11	0,054	0,056	0,0002	0,0141	26,1	0,039	0,068	0,056	0,056
Vigne	11	0,023	0,021	0,0002	0,0048	20,2	0,018	0,028	0,021	0,020

N : effectif ;  $\bar{x}$  : moyenne ; M : médiane ;  $s^2$  : variance ; s : écart-type ;

C.V.% : coefficient de variation ;  $\bar{x}_1$  et  $M_1$  : moyenne et médiane calculées dans l'intervalle  $\bar{x}-s, \bar{x}+s$

- Chlore :

Parmi les méthodes de dosage du chlore essayées dans les laboratoires du Comité Inter-Instituts, nous avons retenu comme méthode de référence un dosage par titrimétrie potentiométrique. Le protocole est le suivant.

- Gamme étalon : 1) Pipetter dans un bécher de 100 ml, 3 ml NaCl 0,05 M et environ 40 ml HNO<sub>3</sub> 0,29 M. Agiter et introduire les électrodes dans la solution. 2) Titrer doucement en ajoutant AgNO<sub>3</sub> 0,05 M jusqu'à 0,5 ml du point théorique d'équivalence, ensuite goutte à goutte 0,5 ml au-delà. 3) Noter le volume correspondant et la différence de potentiel après chaque addition. Les valeurs en ml et mV sont portées sur un graphique. On obtient une courbe en forme de S. 4) Le point d'équivalence réel est le milieu de la partie droite de la courbe et on note le nombre correspondant de mV soit x. 5) Titrer de la même façon 2 et 4 ml de NaCl 0,05 M jusqu'à ce que l'on obtienne sur l'échelle de l'appareil une lecture juste supérieure à x. 6) Porter en graphique les teneurs en Cl par rapport aux volumes de AgNO<sub>3</sub> correspondants.

- Dosage de l'échantillon : 1) Peser dans des béchers de 100 ml 1 g de matière végétale finement moulue. 2) Ajouter environ 40 ml HNO<sub>3</sub> 0,29 N et titrer comme pour la gamme étalon. 3) Noter le volume de AgNO<sub>3</sub> en ml pour obtenir la valeur x mV.

Remarque : les variations de température provoquent un déplacement de la courbe d'étalonnage.

Les résultats sont donnés tableau 2.

Dans nos précédentes publications, nous avons rapporté quelques résultats du chlore résultant de moyennes de différentes méthodes. Les résultats obtenus aujourd'hui sont tout à fait comparables et les coefficients de variation nettement plus bas. Nous avons également testé les méthodes suivantes : fluorescence X, électrode spécifique, colorimétrie "Charpentier Volhard", après calcination ou extraction ; les valeurs sont toujours comparables mais évidemment plus dispersées : tableau 3.

- Soufre :

La détermination du soufre dans les végétaux peut s'envisager sous différents aspects : soufre total, soufre organique, soufre minéral.

Dans un premier temps le C.I.I. s'est intéressé à la détermination du soufre total. Les possibilités aujourd'hui offerte par l'arsenal des méthodes de la chimie analytique sont très vastes. Il est certain qu'un dosage par spectrométrie de fluorescence X, directement sur l'échantillon de poudre pastillée, serait idéal mais l'on n'a pas encore maîtrisé totalement les effets de matrice ni résolu le problème de l'étalonnage. Une autre méthode séduisante est le dosage du soufre par combustion avec détermination de l'anhydride sulfureux formé ; mais les conditions de reproductibilité sont difficiles à établir. Actuellement, s'il fallait définir une méthode de référence, il nous paraîtrait nécessaire de passer par le stade de la minéralisation et de la mise en solution pour poursuivre le dosage par précipitation du sulfate de baryum.

La minéralisation peut se faire, soit par voie sèche ; calcination en présence de nitrate de magnésium, soit par voie humide : attaque nitroperchlorique ; quant au dosage proprement dit, deux méthodes sont à

TABLEAU 2. Détermination du chlore (%)

	N	$\bar{x}$	$s^2$	s	C.V. %	$\bar{x}-s$	$\bar{x}+s$
Artichaut	7	0,925	0,0125	0,112	12,1	0,813	1,037
Codia discolor	8	0,374	0,0007	0,026	6,9	0,348	0,400
Cotonnier	9	0,535	0,0002	0,014	2,65	0,521	0,549
Eucalyptus	8	0,302	0,0004	0,019	6,3	0,283	0,321
Hévéa	9	0,023	0,0000	0,004	18,3	0,019	0,027
Maïs	7	0,834	0,0048	0,069	8,3	0,765	0,903
Olivier	8	0,033	0,0000	0,005	15,2	0,028	0,038
Oranger	7	0,074	0,0000	0,003	4,1	0,071	0,077
Palmier	7	0,611	0,0022	0,015	2,5	0,596	0,626
Pêche	8	0,073	0,0001	0,012	16,4	0,061	0,085
Pommier Golden	8	0,085	0,0000	0,005	5,9	0,080	0,090
Pommier Cox'Orange	9	0,100	0,0000	0,007	7	0,093	0,107
Vigne	8	0,076	0,0000	0,005	6,6	0,071	0,081

TABLEAU 3. Dosage du chlore selon diverses méthodes (%)

	Méthode CII (titrimétrie)	Charpentier Volhard	Electrode spécifique	Fluorescence X
Artichaut	0,925	0,99	0,76 1,05	0,80
Coton	0,535	0,53	0,49 0,50	0,50
Maïs	0,834	0,84	0,81 1,00	0,52
Oranger	0,074	0,07	0,07 0,07	0,06
Palmier	0,611	0,65	0,58 0,50	0,66
Pêcher	0,073	0,05	0,057 0,065	0,08
Pommier Cox'orange	0,100	0,07	0,10 0,15	0,10
Vigne	0,076	0,09	0,06 0,07	0,08

retenir : la turbidimétrie du sulfate de baryum, le dosage indirect du baryum par absorption atomique.

Actuellement, le choix d'une méthode précise de minéralisation ne semble pas encore justifié. Nous donnons tableau 4 les moyennes des valeurs obtenues dans nos laboratoires lorsque le dosage est fait par turbidimétrie, la minéralisation étant faite, soit par calcination, soit par attaque nitroperchlorique ; nous donnons ces résultats comme valeurs d'orientation ou valeurs recommandées et non comme valeurs de référence.

A titre d'information, nous donnons tableau 5 une comparaison des valeurs précédentes avec celles obtenues par fluorescence X, par combustion et par absorption atomique (après mise en solution).

### BORE

Plusieurs méthodes ont été étudiées ; toutes sont fondées sur la mesure colorimétrique du complexe que peut former le bore avec un réactif spécifique : curcumin, SPADN, dianthrimide, azométhine H. C'est finalement ce dernier réactif qui a été retenu, les premiers exigeant une mesure colorimétrique en milieu sulfurique concentré ; la méthode de l'azométhine H, en revanche, est beaucoup plus simple d'emploi puisque l'on travaille en milieu  $H_2SO_4$ , N. Elle présente une reproductibilité satisfaisante ; les résultats sont en accord avec les autres méthodes testées.

Nous proposons une méthode de référence pour la détermination du bore dans les milieux végétaux, fondée sur la mesure spectrométrique à 410 nm du complexe bore-azométhine H (WOLF, B., Soil. Sci. Plant. Anal., 1971, 2, 363 et 1974, 5, 39). Le réactif est préparé comme suit :

1) Dissoudre 10 g de "monosodium 8-amino-1-naphtol-3,6-disulphonic acid dans 500 ml d'eau distillée. 2) Neutraliser jusqu'à pH 7 avec NaOH 10%,

TABLEAU 4: Dosage du soufre (%). Valeurs recommandées.

	N	$\bar{x}$	$s^2$	s	C.V. %	$\bar{x}-s$	$\bar{x}+s$
Artichaut	7	0,572	0,0071	0,0840	14,7	0,488	0,656
Codia discolor	7	0,164	0,0004	0,0207	12,6	0,143	0,185
Cotonnier	7	0,632	0,0078	0,0881	13,9	0,544	0,720
Eucalyptus	7	0,117	0,0005	0,0214	13,3	0,095	0,138
Hévéa	7	0,292	0,0021	0,0461	15,7	0,246	0,338
Maïs	7	0,228	0,0023	0,0485	21,2	0,180	0,277
Olivier	7	0,157	0,0005	0,0229	14,6	0,134	0,130
Oranger	7	0,270	0,0019	0,0432	16,0	0,226	0,313
Palmier	7	0,214	0,0010	0,0310	14,5	0,183	0,245
Pêcher	6	0,253	0,0016	0,0398	15,7	0,213	0,293
Pommier Golden	7	0,198	0,0008	0,0279	14,1	0,170	0,226
Pommier Cox'orange	7	0,342	0,0025	0,0499	14,6	0,293	0,392
Vigne	7	0,354	0,0019	0,0435	12,3	0,310	0,397

TABLEAU 5. Dosage du soufre (%)

	Valeurs recommandées	Fluorescence X	Combustion	Absorption atomique
Artichaut	0,57	0,58	0,52	—
Codia discolor	0,16	0,18	0,17	—
Cotonnier	0,63	0,64	0,59	0,62
Eucalyptus	0,12	0,11	0,12	—
Hévéa	0,29	0,32	0,28	0,28
Maïs	0,23	0,22	0,21	—
Olivier	0,16	0,20	0,18	—
Oranger	0,27	0,29	0,26	—
Palmier	0,21	0,20	0,20	—
Pêcher	0,25	0,26	0,24	0,22
Pommier Golden	0,20	0,23	0,19	0,17
Pommier Cox'orange	0,34	0,34	0,35	—
Vigne	0,35	0,40	0,37	0,36

puis acidifier avec HCl concentré jusqu'à pH 1,5. 3) Introduire 10 ml de salicylaldehyde, agiter vigoureusement pendant une heure en chauffant doucement à 40-50°C. 4) Pour réaliser une séparation complète, laisser reposer la solution pendant 16 heures. Filtrer sur entonnoir, boucher et laver 5 fois avec de l'éthanol à 96 % (le filtrat doit devenir incolore). 5) Sécher le produit orange au four à 100°C pendant 3 heures et le conserver au dessiccateur (la quantité obtenue est d'environ 9 grammes).

Une solution d'azométhine est préparée chaque jour : dissoudre 0,9 g d'azométhine H et 2 g d'acide ascorbique dans 100 ml d'eau.

Les autres réactifs sont : 1) de l'acide sulfurique N ; 2) une solution masquante : dans 500 ml d'eau, dissoudre 250 ml d'acétate d'ammonium, ajouter 125 ml d'acide acétique à 99 %, 6,7 g d'EDTA sodique et 6 ml d'acide thioglycolique à 80 %.

La mise en solution de l'échantillon suppose une minéralisation par voie sèche : 1 g d'échantillon est calciné en présence de 0,1 g de CaO, les cendres sont reprises dans 10 ml d'acide sulfurique N.

Dosage : introduire dans des tubes à essais 2 ml de l'échantillon solubilisé. Ajouter 4 ml de la solution masquante et après agitation 2 ml de la solution d'azométhine. Agiter. Après 2 heures mesurer l'absorption (sous 1 cm) à la longueur d'onde 410 nm.

Les résultats inter-laboratoires sont donnés tableau 6.

La présence de cuivre (Cu > 2µg/ml dans la solution mesurée) donne une interférence positive sur le dosage du bore. Dans ce cas, on peut envisager une extraction du bore de la solution végétale sous forme de complexe bore-(2-éthyl-1,3 hexanediol) dans le benzène, suivie d'une ré-extraction au bore en milieu alcalin avant le dosage à l'azométhine.

#### DETERMINATION SPECTROGRAPHIQUE DES ELEMENTS TRACES

Les instituts et les laboratoires suivants : CNABRL (Nîmes), ORSTOM (Bondy), Faculté des Sciences (Gand), Institut de Recherches Chimiques

TABEAU 6 : Dosage du bore ppm.

	N	$\bar{x}$	M	$s^2$	s	C.V. %	x-s	x+s	$\bar{x}_1$	$M_1$
Artichaut	18	59,63	60,50	41,3637	6,4315	10,8	53,20	66,07	60,37	60,50
Codia discolor	18	25,27	25,00	10,7877	3,2845	13,0	21,99	28,56	25,43	25,00
Cotonnier	18	24,87	25,00	10,4445	3,2318	13,0	21,64	28,10	25,22	25,00
Eucalyptus	18	34,12	35,00	14,4762	3,8048	11,1	30,32	37,93	34,64	35,00
Hévéa	18	55,86	57,00	41,1990	6,4186	11,5	49,44	62,27	57,67	57,50
Mai's	18	23,22	23,00	12,6539	3,5572	15,3	19,67	26,78	22,70	23,00
Olivier	18	17,91	17,75	8,5591	2,9256	16,3	14,99	20,84	17,72	17,50
Oranger	18	40,04	39,50	22,2156	4,7133	11,8	35,33	44,75	39,54	39,00
Palmier	18	14,51	14,50	6,2352	2,4970	17,2	12,01	17,00	14,65	15,00
Pêcher	18	37,33	37,00	23,7059	4,8689	13,0	32,46	42,20	38,11	37,00
Pommier Cox'orange	18	32,87	33,75	19,1101	4,3715	13,3	28,50	37,24	32,75	33,50
Pommier Golden	18	28,35	29,00	12,8226	3,5809	12,6	24,76	31,93	29,00	29,00
Vigne	18	49,28	48,00	140,3109	11,8453	24,0	37,43	61,12	48,16	46,00



(Tervuren), SOMIVAC (Bastia), ont déterminé les éléments traces des étalons végétaux par spectrographie d'émission selon une méthode semiquantitative. Les échantillons sont calcinés à 450°C, une quantité convenable de cendres (50 à 100 mg) est mélangée en parties égales avec un tampon spectral composé soit d'une partie de sulfate de potassium et de deux parties de poudre de graphite, soit seulement de poudre de graphite. Le mélange (ou une fraction) est disposé dans une électrode de graphite (type SCRIBNER). Le spectre est photographié sur plaque pendant une minute, entre 240 et 350 nm. Six étalons de compositions synthétiques couvrant une gamme convenable sont spectrographiés dans les mêmes conditions. Les spectres sont comparés au microdensitomètre.

L'un de nous (Faculté des Sciences - Gand) a utilisé un spectromètre à lecture directe, l'excitation étant faite dans un arc interruptif.

Il s'agit d'une méthode semiquantitative faisant appel à un étalonnage externe ; l'erreur admise est de l'ordre de 30 à 35%. Les résultats donnés tableau 7 ne peuvent être considérés que comme des valeurs d'orientation ; il s'agit de moyennes entre trois et cinq laboratoires généralement. Il n'est donc pas possible de donner des coefficients de variation. Dans le tableau, les valeurs entre parenthèses correspondent aux résultats de un ou deux laboratoires seulement.

L'interprétation et l'utilisation de ces valeurs seront faites avec prudence, en ce qui concerne la justesse en particulier car, pour les éléments du tableau 7, nous n'avons pas actuellement de valeurs obtenues par d'autres méthodes. Des comparaisons sont actuellement en cours par absorption atomique pour Li, Sr, Co... et par radioactivation (Cr, Ni, Mo...). Les éléments Fe, Cu, Mn, Zn et B, déterminés selon les méthodes de références du C.I.I., l'ont été également par spectrographie d'émission. Une comparaison des valeurs obtenues est donnée tableau 8 mais nous précisons, là encore, que les données spectrographiques sont des résultats d'analyse semiquantitative alors que les valeurs de références peuvent être considérées comme proches des valeurs vraies. Il est néanmoins intéressant de constater que l'écart dans les couples de résultats est souvent très inférieur à 20 %.

## CONCLUSIONS

Le bulletin analytique des étalons végétaux du Comité Inter-Instituts dont la plupart sont encore disponibles, est complété par les résultats de sodium, chlore et bore qui peuvent être considérés comme valeurs de référence, compte tenu, bien entendu, d'un coefficient de variation et par des valeurs de soufre total considérées comme valeurs d'orientation. L'analyse spectrographique pratiquée par plusieurs des laboratoires du C.I.I. s'est révélée être une excellente méthode semiquantitative d'orientation, intéressante pour des éléments tels que Al, Co, Cr, Li, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr, Ti, V... ; éléments souvent rencontrés à des teneurs non négligeables dans le milieu végétal.

Le Comité Inter-Instituts étudie actuellement la détermination des différentes formes d'azote, en particulier de l'azote nitrique, des différentes formes de soufre (soufre minéral et soufre organique), du fluor (fluor présent naturellement dans les plantes et fluor fixé par contamination). Le C.I.I. souhaite également étendre son domaine d'investigation au sol et à l'eau, dans le cadre des rapports sol/eau/plante où des méthodes analytiques font souvent défaut pour les oligo-éléments en particulier.

TABLEAU 7.

	As	Al	Co	Cr	Li	Mo	Ni	Pb	Sn	Sr	Ti	V
Artichaut	(18)	350	< 1	< 3	(< 40)	< 1	2	100	< 1	(250)	70	5
Codia discolor	( 5)	300	45	12	(100)	< 0,3	170	2	< 0,3	( 90)	(< 2)	5
Cotonnier	(13)	300	< 2	1	(< 30)	(2)	4	5	7	(160)	5	(5)
Eucalyptus	( 6)	200	ind.	(1)	(< 10)	ind.	6	4	0,5	( 25)	40	(3)
Hévéa	( 6)	100	(1)	1	(< 10)	(< 0,3)	2	3	1	( 45)	25	(1)
Maïs	(12)	200	< 1	3	(< 30)	3	0,5	5	1	(100)	30	(4)
Olivier	( 8)	300	ind.	< 2	(15)	ind.	3	8	0,5	( 15)	25	(5)
Oranger	(17)	800	ind.	3	(< 40)	(< 1)	7	8	0,5	(220)	100	(10)
Palmier	( 7)	150	< 1	< 2	(15)	< 1	1	3	0,5	( 20)	40	(5)
Pêcher	-	500	< 0,5	3	(< 20)	< 0,5	1	5	0,5	( 30)	40	(3)
Pommier Cox'orange	(12)	> 2000	2	7	(5)	< 1	10	25	4	( 60)	200	(3)
Pommier Golden	( 7)	200	ind.	1	(210)	< 1	6	16	1	( 20)	25	2
Vigne	(10)	300	ind.	2	(20)	ind.	5	20	7	( 40)	50	(3)

TABLEAU 8.

Comparaison des résultats spectrographiques (1) avec les valeurs de référence (2): Fe, Cu, Mn, Zn, B.

	Fe		Cu		Mn		Zn		B	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Artichaut	200	323	5	7,6	110	111	10	16	40	59,6
Codia discolor	70	86,7	5	4,7	800	650	15	11,5	25	25
Cotonnier	300	417	15	15	250	218	90	125	25	25
Eucalyptus	100	103	6	8	650	570	13	13	25	34
Hévéa	150	159	12	15	210	160	40	40	40	55
Mai's	250	259	14	11,8	80	60	40	28	25	23
Olivier	190	171	24	36	60	49	20	16	13	18
Oranger	450	465	8	8,5	90	75	90	68,5	40	40
Palmier	260	200	11	8,7	650	630	35	23	15	14,5
Pêcher	220	299	12	15	90	83	<90	28	28	37
Pommier Cox'orange	≥1200	1155	>100	177	210	136	100	77	35	33
Pommier Golden	210	311	6	8,4	50	47	30	30	25	28
Vigne	280	272	>100	886	250	194	90	74	40	49

BIBLIOGRAPHIE.

Travaux du Comité Inter-Instituts :

- C.I.I. - Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux : N, P, K, Na, Ca, Mg. Agron. Trop., 1969, 9, p. 827-835.
- M. PINTA et C.I.I. - Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. Détermination de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu par absorption atomique. Oléagineux, 1973, 28, p. 87-92.
- C.I.I., M. PINTA, DE WAELE - Etalons végétaux pour l'analyse foliaire. 3ème Coll. Internation. Cont. Alim. Plantes cultivées, 1972, Budapest C.R. p. 159-172.
- M. PINTA et C.I.I. - Etalons végétaux pour l'analyse foliaire. Analisis, 1975, 6, p. 345-353.

Détermination du sodium :

W. SCHUHKNECHT, H. SCHINKEL - Analyt. Chem., 1963, 194, p. 161-183.

Détermination du bore :

- B. WOLF - Soil Sci. Plant. Anal., 1971, 2, 363 et 1974, 5, 39.
- W.D. BASSON, R.G. BÖHMER, D.A. STANTON - Analyst, 1969, 94, p. 1135.

Détermination du soufre

F. ECREMENT et coll. Méthode de dosage indirecte des ions sulfates dans les végétaux par spectrométrie d'absorption atomique. Résultats d'une étude coopérative. 3rd Internation. Congress of AAS - PARIS 1971, Adam-Hilger, London pp. 443-451.

LABORATOIRES MEMBRES DU COMITE INTER-INSTITUTS.

ENSAM-Montpellier ; ORSTOM-Paris ; INRA-Amiens ; INRA-Bordeaux ; GERDAT-Montpellier ; CEA-Pierrelatte ; CNRS-CEPE-Montpellier ; SOMIVAC-Bastia ; CNABRL-Nîmes ; SCPA-Mulhouse ; LCAV-Montpellier ; RHONE-PROGIL-Antony ; Centre de Recherches-Gorsein ; Faculté des Sciences Agronomiques-Gand ; IRC-Tervuren ; CNECF-Gembloux ; Université Agronomique-Wageningen ; Centro de Edafologia-Séville ; Estacion Experimental-Grenade ; Istituto sperimentale per la Cerealicoltura-Rome ; Station Fédérale de Recherches Chimiques et Agricoles-Berne ; Institute Ornamental Plant Growing-Melle.

Pour tous renseignements s'adresser à M. PINTA, ORSTOM,  
70-74 route d'Aulnay, 93140 - BONDY, FRANCE.

TIRÉ-A-PART DES  
OFFPRINT FROM

COMPTES-RENDUS - VOL. II

**4e Colloque International sur le Contrôle de  
l'Alimentation des Plantes Cultivées**

PROCEEDINGS - VOL. II

**4th International Colloquium on the Control  
of Plant Nutrition**

GENT 1976

Ed. : . Rijksuniversiteit  
Coupure links 533  
B - 9000 GENT

U. R. S. T. O. M. 31 AOUT 1977

Collection de Référence

no B 8685 Peds.  
ex