

F. COLMET DAAGE
 J. GAUTHEYROU, M. GAUTHEYROU, ET AL.

Publications diverses
 - chimie
 - agronomie: . canne à sucre
 . banane



CENTRE DES ANTILLES

P25, P50, P98, P100
 P8 BIS, P8, P31, P32, P35, P42

/ S O M M A I R E /

- I/- (P 25) - Dosage simultané de l'azote ammoniacal et nitrique p. 3
dans les sols. Contribution à l'étude de la dyna-
mique de l'azote. (1965).
J.GAUTHEYROU, M.GAUTHEYROU
- II/- (P 50) - Dosage des cations échangeables du sol. p. 27
(Rationalisation de l'analyse). (1967)
J.GAUTHEYROU, M.GAUTHEYROU
- III/- (P 98) - Epandage d'effluents de distillerie en plein p. 51
champ. (1978). Version française.
J.GAUTHEYROU, M.GAUTHEYROU, J.F.TURENNE
- IV/- (P 98) - Effect of spreading distillery waste in open p. 67
field. (1978). (version anglaise).
J.GAUTHEYROU, M.GAUTHEYROU, J.F. TURENNE
- V/- (P100) - Etude d'épandage à la distillerie DAMOISEAU p. 77
BELLEVUE-Grande-Terre (Guadeloupe). (1977).
G.ROBERT, D.CHOFARDET, J.GAUTHEYROU, M.GAUTHEYROU
- VI/- (P 8) - Résultats expérimentaux sur la fertilisation de p.117
la canne à sucre en Guadeloupe. (1960).
Y.LEMAIRE, J.GAUTHEYROU, F.COLMET DAAGE
- VII/- (P 8) - Programme essais sol/plante/climat et fertilisa- p.189
bis tion de la canne à sucre. (1961).
F.COLMET DAAGE, J.GAUTHEYROU, M.GAUTHEYROU
- VIII/- (P 42) - Exports of mineral elements in the cane juice p.205
Y.LEMAIRE, F.COLMET DAAGE, J.GAUTHEYROU
- IX/- (P 35) - The ripening of sugarcane. (1966). p.215
F.COLMET DAAGE, J.GAUTHEYROU, Y.LEMAIRE,
M.POMPIGNAN (de), et al.
- X/- (P 32) - Factors affecting quality of bananas in the p.223
West Indies: Finger Drop. Effect of variations in
the nitrogen content of the soil on Finger Drop.
(1965).
J.GUILLEMOT, F.COLMET DAAGE
- XI/- (P 31) - Résultats d'expériences factorielles 3^3 N P K sur p.249
la fertilisation de la canne à sucre en Grande-Terre.
(1965).
F.COLMET DAAGE, J.GAUTHEYROU, Y.LEMAIRE

Publications ORSTOM-Antilles n° P25, P50, P28, P100,
P8 bis, P8, P31, P32, P35, P42

I/- / Dosage simultané de l'azote ammoniacal et nitrique /
dans les sols. Contribution à l'étude de la /
dynamique de l'azote /

Cahiers ORSTOM, Sér.Pédol., 1965, vol.3, 367-388

J. GAUTHEYROU

M. GAUTHEYROU

Publication ORSTOM-Antilles n° P 25

DOSAGE SIMULTANÉ DE L'AZOTE AMMONIACAL ET NITRIQUE DANS LES SOLS. Contribution à l'étude de la dynamique de l'azote

par

J. GAUTHEYROU* et M. GAUTHEYROU**

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION

2 - FICHE TECHNIQUE

- 2.1 - Principe du dosage
- 2.2 - Schéma de la méthode
- 2.3 - Réactions
 - 2.3.1 - Dosage N.NH₄
 - 2.3.2 - Dosage N.NO₃
- 2.4 - Réactifs
- 2.5 - Appareillage
- 2.6 - Echantillon
- 2.7 - Mode opératoire
 - 2.7.1 - Détermination humidité
 - 2.7.2 - Extration NH₄⁺ - NO₃⁻
 - 2.7.3 - Dosage NH₄⁺ - NO₃⁻
 - 2.7.4 - Expression des résultats
 - 2.7.5 - Schéma manifold NH₄ - NO₃
 - 2.7.6 - Courbes obtenues

3 - DISCUSSION DE LA METHODE

- 3.1 - Echantillonnage terrain et laboratoire
- 3.2 - Séchage et délai entre prélèvement et dosage
- 3.3 - Extraction
- 3.4 - Evolution des solutions pendant et après l'extraction

* Chef du laboratoire du Bureau des Sols des Antilles

** Chimiste au laboratoire du Bureau des Sols des Antilles.

Ce travail a été effectué sous la direction scientifique de F. COLMET-DAAGE, Directeur de Recherches de l'O.R.S.T.O.M., Directeur du Bureau des Sols des Antilles.

- 3.5 - Dosage chimique de NH_4^+
 - 3.5.1 - Influence du pH
 - 3.5.2 - Influence de la concentration du phénol et de l'hypochlorite
 - 3.5.3 - Influence de l'addition des réactifs et des délais entre réactifs
 - 3.5.4 - Influence du temps et de la température, vitesse de formation du bleu d'indophénol
 - 3.5.5 - Influence de la longueur d'onde
 - 3.5.6 - Influence de la lumière sur le développement de la réaction
 - 3.5.7 - Influence de la dialyse
 - 3.5.8 - Interférences
 - 3.5.9 - Précision, sensibilité, test de reproductibilité.
- 3.6 - Dosage chimique de NO_3^-
 - 3.6.1 - Influence du pH
 - 3.6.2 - Influence de l'ordre d'addition des réactifs et des délais entre réactifs
 - 3.6.3 - Influence de la température
 - 3.6.4 - Influence de la lumière sur le développement de la réaction
 - 3.6.5 - Interférences
 - 3.6.6 - Précision, sensibilité, test de reproductibilité

4 - BIBLIOGRAPHIE

1 - INTRODUCTION

S'il est possible d'apprécier dans les sols cultivés et fertilisés les réserves en phosphore, potassium, calcium, magnésium, pouvant être rapidement mises à la disposition de la plante, grâce à des analyses saisonnières, il n'en est pas de même pour l'azote, en raison des variations considérables intervenant au cours de l'année sous l'influence des microorganismes. Ces variations sont fonction du climat (température, pluie, humidité relative), des façons culturales (aération, drainage), des propriétés physico-chimiques des sols et de la nature des plantes cultivées. (COLMET-DAAGE 1958-1960, SABEY 1959).

L'azote, en effet, existe sous des formes organiques relativement stables (acides humiques contenant 3 à 5 % d'azote par exemple), sous des formes organiques aisément minéralisables (acides aminés, hexosamines), ou sous des formes minérales (nitrates, nitrites et azote ammoniacal). On distinguera encore l'ammonium libre, faiblement lié, fortement lié et fixé non échangeable (ADAMS 1963-1964, BLANCHET 1963). Il semble que dans les sols recevant d'importantes quantités d'engrais minéraux azotés, ces dernières formes : NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et azote organique aisément minéralisable, puissent, sous l'action de microorganismes spécifiques, passer de l'une à l'autre dans certaines conditions de micro-climat et ceci dans de très fortes proportions (COLMET-DAAGE 1958-1960, SABEY 1959).

L'azote apporté par les engrais peut être ainsi réorganisé sous forme microbienne et réapparaître sous forme minérale lorsque les conditions sont favorables.

Il est difficile de connaître la cinétique de ces transformations qui sont sous la dépendance, dans les conditions naturelles, de très nombreux facteurs. On peut chercher à déterminer périodiquement le niveau d'azote minéral ammoniacal et nitrique, résultante entre la formation de l'azote minéralisé et les pertes du sol en cet élément.

On ne peut connaître avec certitude les quantités et les formes d'azote mises à la disposition de la plante, mais lorsque les niveaux sont élevés, on peut être presque certain que l'alimentation azotée est suffisante ou parfois trop importante.

Il a été observé aux Antilles que, pour des sols de même type, sous un même climat et recevant les mêmes traitements, mais situés à quelques distances, les résultats sont comparables.

On peut donc, au moyen de déterminations effectuées chaque semaine dans des parcelles de référence, extrapoler les variations des niveaux d'azote à des surfaces importantes. Ceci permet, éventuellement, de remédier rapidement à des baisses d'azote minéral jugées trop fortes, soit à une époque donnée pour certaines plantes exigeant une bonne nutrition azotée à certaines périodes de leur cycle, soit tout au long du cycle pour celles qui semblent en avoir besoin durant toute leur végétation.

Pour le bananier, des variations trop brutales à certaines périodes de l'année pourraient être une des causes de mauvaise qualité. Pour la canne à sucre, des niveaux élevés d'azote minéral dans le sol pendant la période de maturation paraissent nuisibles à la formation des sucres, si l'humidité du sol est suffisante pour permettre l'absorption et une reprise de croissance de la plante.

L'automatisation des analyses permet d'améliorer :

- d'une part la qualité des résultats obtenus dans des délais très courts, en limitant les risques de transformation entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse ;
- d'autre part, de permettre la réalisation d'un plus grand nombre de déterminations journalières avec une surveillance réduite.

La présente étude a été réalisée sur quatre types de sols représentatifs en Guadeloupe :

- 1 vertisol à montmorillonite, saturé en calcium, pH d'environ 7,5 ;
- 1 sol à allophane contenant de la gibbsite (alumine libre), pH d'environ 4,5 ;
- 1 sol ferrallitique friable à kaolinite, acide et désaturé, pH d'environ 5,0 ;
- 1 ferrisol compact à kaolinite, pH d'environ 6,0.

Différents problèmes concernant l'échantillonnage, le séchage, l'évolution des solutions, etc. ont été étudiés à l'occasion de l'adaptation et de la mise au point des dosages.

2 - FICHE TECHNIQUE

2.1 - Principe du dosage

Sur un échantillon fraîchement prélevé, homogénéisé et conservant une humidité voisine du sol en place, on extrait l'azote NH_4^+ et NO_3^- par une solution saline.

NH_4^+ est dosé sur l'extrait par colorimétrie (bleu d'indophénol) après complexation de Ca^{+2} par l'EDTA.

NO_3^- est dosé simultanément par mesure de l'interférence des nitrates sur le dosage du rhénium⁺⁷ par l' α -furildioxime en milieu chlorhydrique, chlorure stanneux.

2.2 - Schéma de la méthode (appareillage)

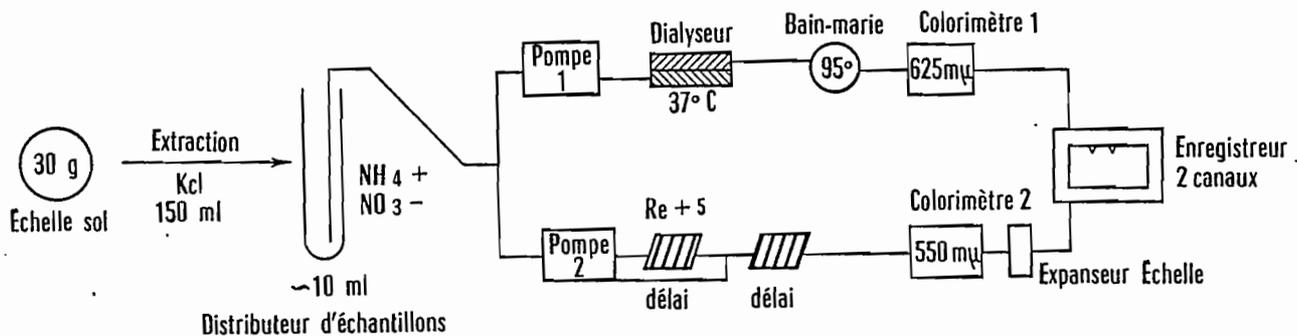


Fig 1 . Schéma de la méthode

La méthode est automatisée grâce au matériel Technicon.

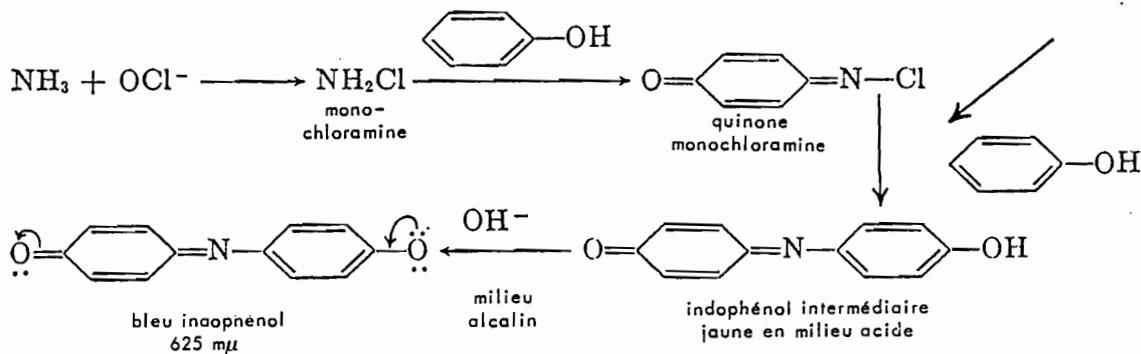
Un distributeur d'échantillons d'une capacité de 200 tubes est utilisé. Il permet un chargement unique, chaque jour. Le reste du matériel est décrit au chapitre "Appareillage".

En raison des grandes variations trouvées dans les sols, il serait intéressant de disposer d'une troisième pompe pouvant recevoir des manifolds réservés uniquement à la dilution automatique. (x 2, x 5, x 10).

2.3 - Réactions

2.3.1 - Dosage N. NH_4^+

- D'après BOLLETER W.T., BUSHMAN G.I. et TIDWELL P.W. (1961), on peut écrire les réactions :

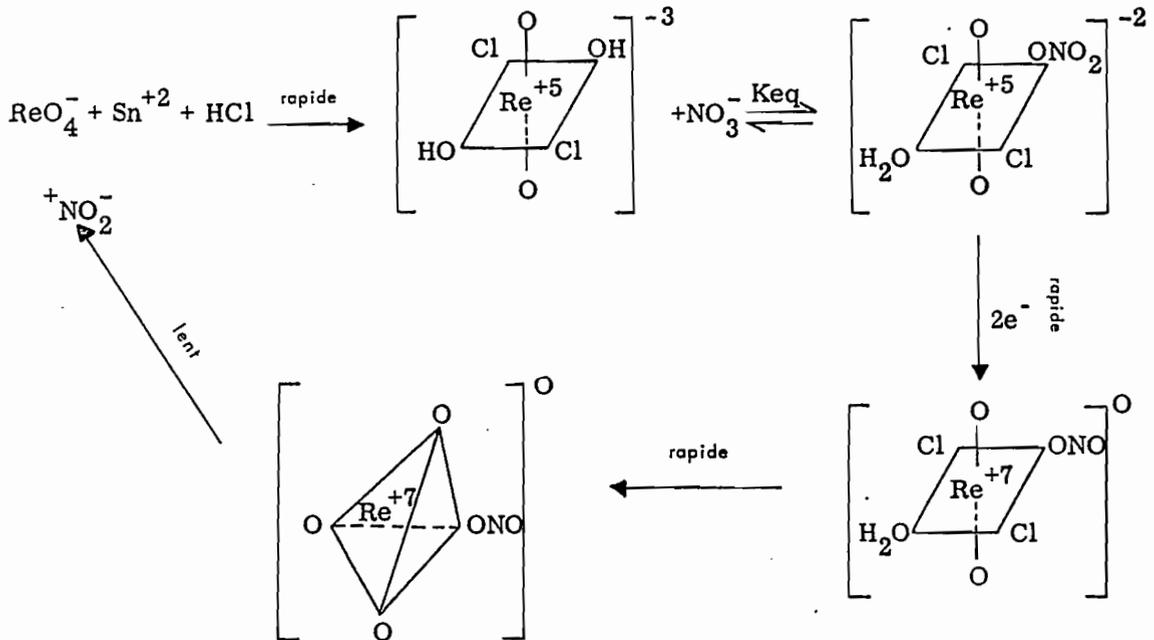


2.3.2 - Dosage N. NO_3^-

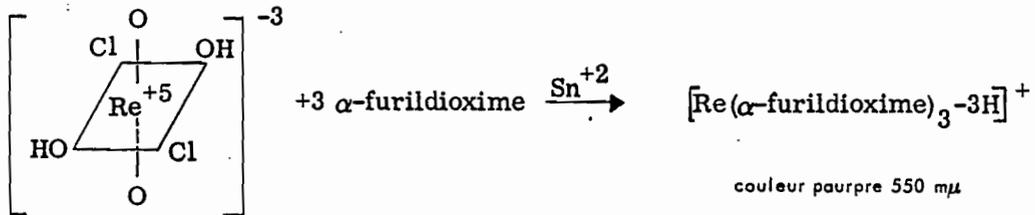
- D'après BLOOMFIELD (R.A.), GUYON (J.C.), MURMANN (R.K.) (1965), on peut admettre le schéma ci-dessous.

On pourra aussi consulter les travaux de MAUN (1950), MELOCHE (1957), BANERJEA (1963), FERGUSON (1964).

2.3.2.1 - Interférence NO_3^-



2.3.2.2 - Rhénium⁺⁵ n'ayant pas réagi avec les nitrates



2.4 - Réactifs

L'eau permutée doit être exempte de traces de NH_4^+ , utiliser une eau fraîchement permutée.

Extraction - CIK P.A. 0,5 N.

Dosage NH_4^+ - Solution de phénol sodique

Phénol P.A.	25 g
Soude P.A.	0,1 g (1 pastille)
Eau q.s.p.	1 000 ml

(Conserver en flacon brun au réfrigérateur. Refaire chaque mois).

- **Solution tampon phosphate-hypochlorite de Na**

Phosphate disodique, 12 H ₂ O P.A.	180 g
Soude P.A.	6 g
Eau q.s.p.	900 ml

Après dissolution, ajouter 55 ml de solution d'hypochlorite de Na P.A. à 10° chloro.

(Conserver en salle climatisée en flacon brun, le phosphate cristallisant au frigidaire. Refaire chaque mois).

- **Solution de nitroprussiate**

- Solution-mère - Solution aqueuse de nitroprussiate de Na P.A. à 10 % 1 partie
Acide acétique cristallisable P.A. 1 partie

(Conserver en flacon brun au réfrigérateur).

- Solution d'utilisation

5 ml de solution-mère de nitroprussiate
jauger à 1 000 ml avec eau permutée

(A refaire chaque semaine).

- **EDTA P.A. M/100**

Dosage NO₃⁻ - Per rhénate de potassium P.A. à 0,005 %

(Conserver en flacon brun au réfrigérateur).

- **Méthanol à 75 %**

Méthanol P.A.	3 parties
Eau	1 partie

- **Chlorure stanneux à 4,25 % dans ClH**

Peser 50 g de Cl₂Sn,2H₂O P.A.
Dissoudre dans 275 ml de ClH P.A. concentré
Amener à 1 l avec H₂O

(Conserver en flacon brun à l'obscurité de préférence, avec une couche de 1 cm d'épaisseur d'huile de paraffine très pure, pour éviter l'oxydation à l'air).

- **α Furil dioxime**

Méthanol P.A.	500 ml
α Furil dioxime P.A.	1,750 g
Eau q.s.p.	1 000 ml

(Conserver au réfrigérateur. Refaire chaque semaine).

Étalons de comparaison

- Solution-mère de nitrate de NH₄ P.A. à 1 000 γ/ml de N(NH₄) et N(NO₃) préparée à partir du produit sec et pesé en boîte à tare à l'abri de l'humidité.
(Stocker au réfrigérateur et à l'obscurité).

- Solution d'utilisation à 100 γ/ml et 10 γ/ml. Préparer une gamme contenant 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0 et 20,0 γ/ml de N.

Les solutions d'utilisation et les gammes doivent être préparées extemporanément.

2.5 - Appareillage

- Pesée sol** - 1 balance Top-loading, précision ± 3 mg.
- Extraction** - bouteilles canettes pyrex de 500 ml,
- 1 distributeur de fraction Héron et Commartin de 150 ml avec réservoir de 50 l.
- Agitation** - 1 agitateur rotatif.
- Filtration** - entonnoirs de 75 mm de \varnothing et rampes de filtration,
- tubes Technicon 30 ml pour distributeur d'échantillons grand modèle.
- Dosage NH_4^+ - NO_3^-** - Distributeur d'échantillons Technicon 200 places,
- 2 pompes proportionnantes,
- 1 dialyseur 37°C,
- 1 bain-marie 95°C,
- 3 bobines de délai normales 28 ml,
- 2 colorimètres à cuve tubulaire 15 mm,
- 1 enregistreur à 2 canaux,
(1 expanseur d'échelle pour NO_3^-)

2.6 - Echantillon

Terre fine 2 mm fraîchement prélevée dans la zone 0-30 cm de profondeur, homogénéisée et conservant une humidité proche de l'humidité d'origine.

Pour les sols très argileux, on ne peut homogénéiser correctement l'échantillon qu'après un jour de séchage à l'air en couche mince (perte de plasticité).

2.7 - Mode opératoire

Toutes les opérations (pesée, extraction, dosages) doivent être effectuées dans une atmosphère exempte de vapeurs ammoniacales et nitriques.

2.7.1 - DÉTERMINATION DE L'HUMIDITÉ DE L'ÉCHANTILLON

Peser 10 g de sol humide homogénéisé dans des plateaux d'aluminium tarés au même poids. Sécher à l'étuve à 105°C pendant 5 heures.

2.7.2 - EXTRACTION DE NH_4^+ - NO_3^-

Peser 30 g de sol humide sur Mettler P. 120 dans une main en nickel.

Verser dans une bouteille Pyrex de 500 ml à col large.

Ajouter, au moyen d'un distributeur de fraction Héron et Commartin, 150 ml de ClK 0,5 N. Fermer et agiter pendant 30' à l'agitateur rotatif (40 t/mn).

Éliminer les premières fractions qui peuvent être légèrement troubles.

Recueillir 10 ml environ de filtrat limpide dans un tube Pyrex Technicon (pour distributeur d'échantillons grand modèle).

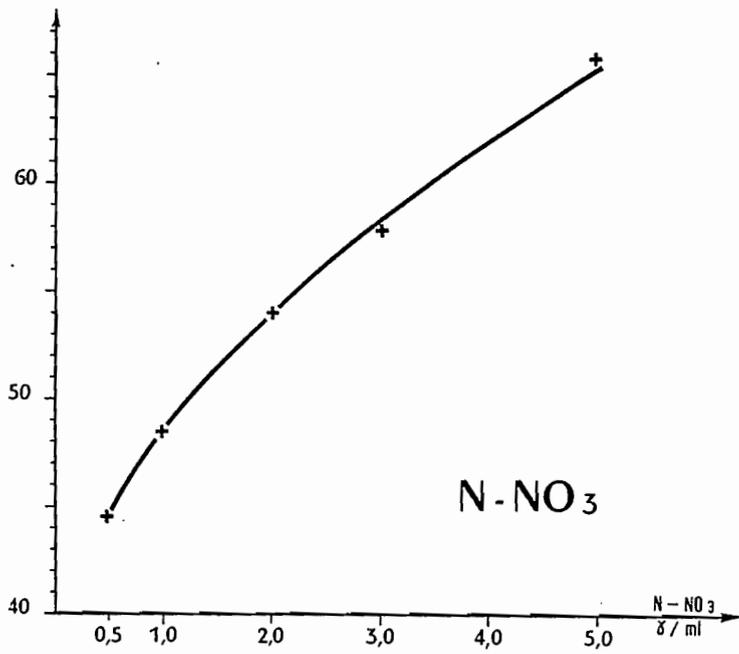


Figure 2

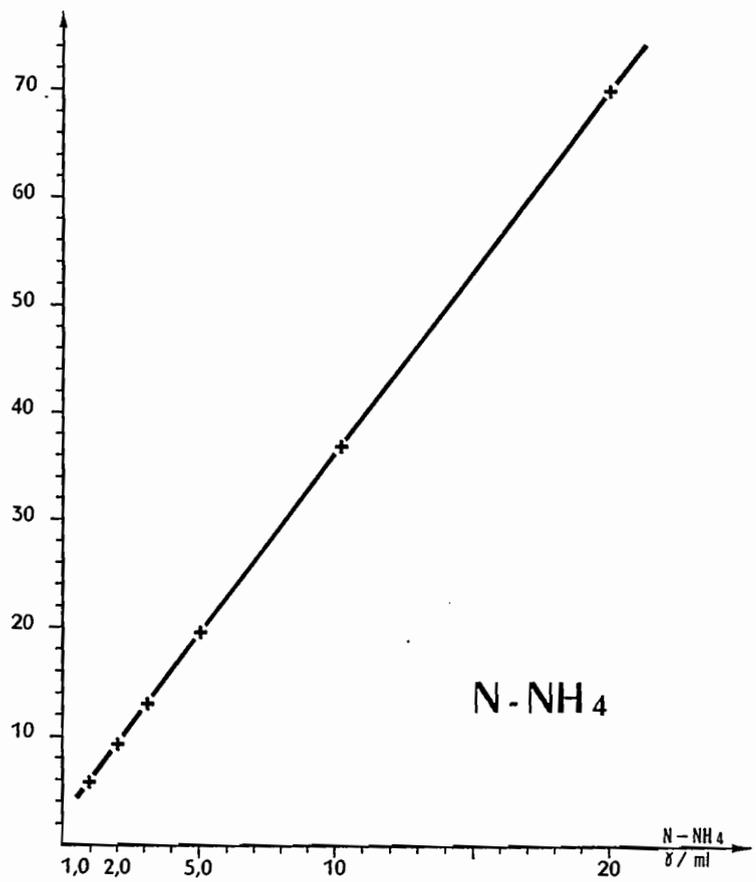


Figure 3

(Si le dosage doit être différé au lendemain, prélever 100 ml de filtrat dans une fiole jaugée. Ajouter 1 ml d'acide trichloracétique à 10%. Réaliser les standards dans les mêmes conditions et stocker à l'obscurité au réfrigérateur).

2.7.3 - DOSAGE TECHNICON AUTOANALYZER

Charger le distributeur d'échantillons. Mettre en place une gamme de standards mixtes $\text{NH}_4^+\text{NO}_3^-$ + 1 blanc réactif, puis les échantillons, en intercalant un tube d'eau pour éviter la contamination éventuelle par un échantillon trop fort.

Inclure un standard 5 γ /ml tous les dix échantillons qui permettra de contrôler la constance du dosage et faciliter le repérage dans les grandes séries.

Avec une série d'étalons + un blanc réactif en fin de plateau, une série de 80 échantillons représente 200 tubes.

(Le nouveau dispositif de prélèvement du distributeur grand modèle effectuant le rinçage intérieur et extérieur du tube permettrait d'éliminer le tube d'eau intermédiaire en augmentant le temps de rinçage entre les échantillons).

Régler la cadence à 48 échantillons/heure : 1'15" pour T.C.
1'00 pour S.T.

La cadence utile est donc de 24 échantillons/heure.

2.7.4 - EXPRESSION DES RÉSULTATS

Les résultats sont exprimés en mg de $\text{N}(\text{NH}_4^+)$ et de $\text{N}(\text{NO}_3^-)$ pour 100 g de sol séché à 105°C.

2.7.5 - SCHÉMA MANIFOLD NH_4^+ - SCHÉMA MANIFOLD NO_3^-

Figures 4 et 5.

2.7.6 - COURBES OBTENUES

Figures 2, 3, 6, 7.

3 - DISCUSSION DE LA MÉTHODE

3.1 - Echantillonnage

3.1.1 - ÉCHANTILLONNAGE TERRAIN

Des variations pouvant atteindre 30 à 40% et plus peuvent se produire si on se limite à un seul carottage. Il est nécessaire d'effectuer sept ou huit carottages représentant 1 à 2 kg de sol humide.

manifold : NO₃ Sols (mars 1965)

Solutions : 0,5 à 5 γ/ml. N (NO₃)

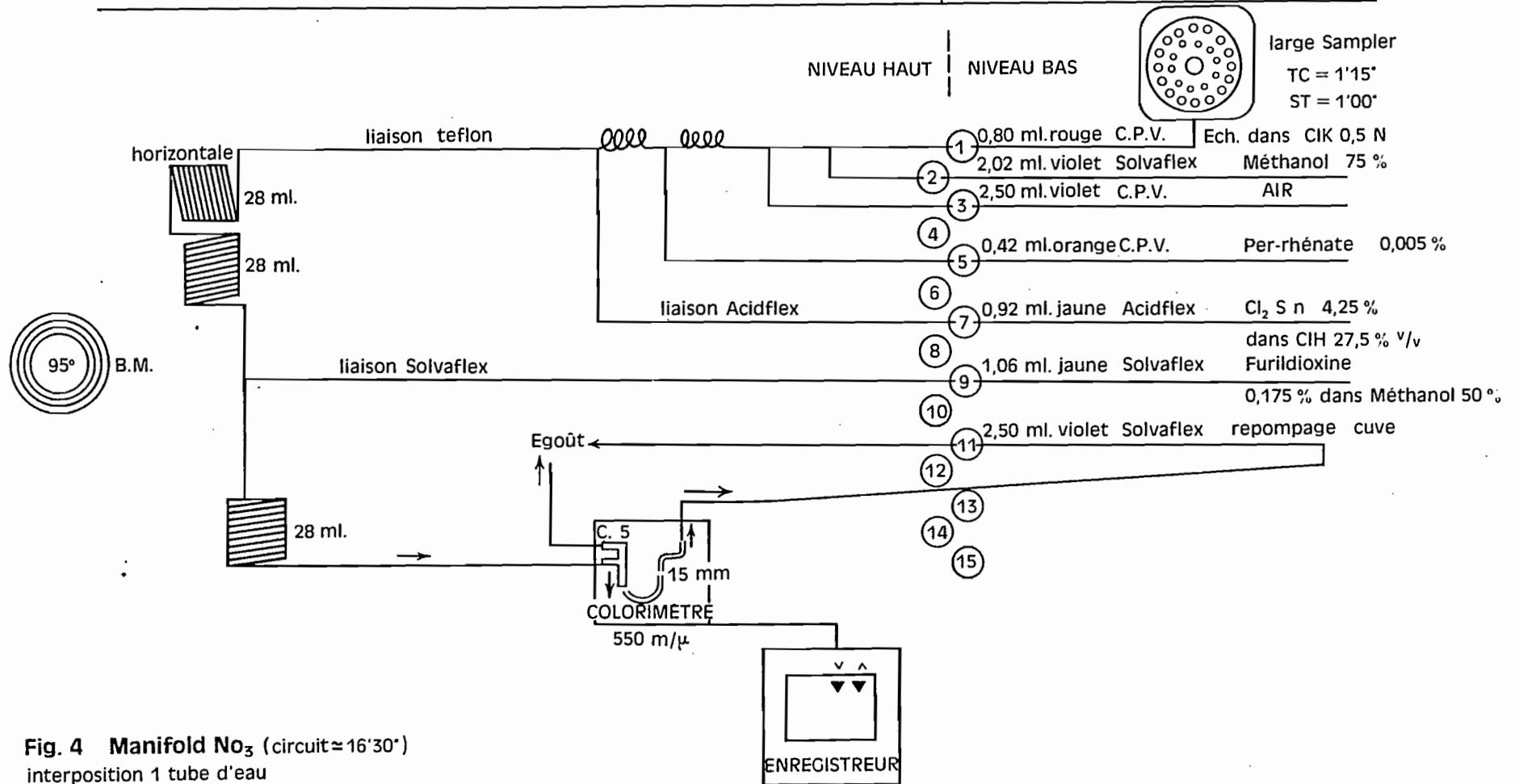


Fig. 4 Manifold NO₃ (circuit ≈ 16'30")
interposition 1 tube d'eau
entre chaque échantillon

3.1.2 - ÉCHANTILLONNAGE LABORATOIRE

L'échantillon est divisé finement par émiettage à la main, puis homogénéisé. L'analyse est effectuée sur une grosse prise (30 g) pour permettre l'application de la méthode à tous les types de sols de Guadeloupe dans des conditions de précision satisfaisantes.

	N°	N - NH ₄ ⁺			N - NO ₃ ⁻		
		mg % g	+ -		mg % g	+ -	
LAMENTIN	401	2.09	+ 13.9	v = 0.012 σ = ± 0.103 σ _m = ± 0.036 valeur moyenne vraie P = 0.05 1.95 ± 0.083 Erreur relative moyenne ± 4.25 %	4.96	+ 13.7	v = 0.012 σ = ± 0.11 σ _m = ± 0.037 valeur moyenne vraie P = 0.05 4.82 ± 0.085 Erreur relative moyenne ± 1.76 %
	402	1.85	- 10.1		4.71	- 11.3	
	403	1.92	- 3.1		4.71	- 11.3	
	501	1.90	- 5.1		4.73	- 9.3	
	502	2.13	+ 17.9		4.90	+ 7.7	
	503	1.87	- 8.1		5.00	+ 17.7	
	601	1.85	- 10.11		4.85	+ 2.7	
	602	1.90	- 5.1		4.75	- 7.3	
	603	2.05	+ 9.9		4.80	- 2.3	
	Σ	17.56			43.41		
\bar{x}	1.95		4.82				

	N°	N - NH ₄ ⁺			N - NO ₃ ⁻		
		mg % g	+ -		mg % g	+ -	
LA DIGUE	401	1.71	- 3.5	v = 0.009 σ = ± 0.097 σ _m = ± 0.032 valeur moyenne vraie P = 0.05 1.745 ± 0.074 Erreur relative moyenne ± 4.29 %	2.52	- 7.4	v = 0.009 σ = ± 0.097 σ _m = ± 0.032 valeur moyenne vraie P = 0.05 2.59 ± 0.075 Erreur relative moyenne ± 2.89 %
	402	1.71	- 3.5		2.83	+ 23.6	
	403	1.91	+ 16.5		2.52	- 7.4	
	501	1.67	- 7.5		2.56	- 3.4	
	502	1.77	+ 2.5		2.56	- 3.4	
	503	1.66	- 8.5		2.56	- 3.4	
	601	1.90	+ 15.5		2.60	+ 0.6	
	602	1.65	- 9.5		2.55	- 4.4	
	603	1.73	- 1.5		2.65	+ 5.6	
	Σ	15.71			23.35		
\bar{x}	1.74		2.59				

	N°	N - NH ₄ ⁺			N - NO ₃ ⁻		
		mg % g	+ -		mg % g	+ -	
ABYMES	401	1.39	+ 8.1	v = 0.004 σ = ± 0.061 σ _m = ± 0.020 valeur moyenne vraie P = 0.05 1.31 ± 0.047 Erreur relative moyenne ± 3.58 %	1.33	- 7.5	v = 0.020 σ = ± 0.143 σ _m = ± 0.047 valeur moyenne vraie P = 0.05 1.40 ± 0.047 Erreur relative moyenne ± 7.68 %
	402	1.33	+ 2.1		1.39	- 1.5	
	403	1.39	+ 8.1		1.30	- 10.5	
	501	1.28	- 2.9		1.40	- 0.5	
	502	1.31	+ 0.9		1.33	- 7.5	
	503	1.25	- 5.9		1.75	+ 34.5	
	601	1.20	- 10.9		1.30	- 10.5	
	602	1.30	- 0.9		1.35	- 5.5	
	603	1.33	+ 2.1		1.50	+ 9.5	
	Σ	11.78			12.65		
\bar{x}	1.31		1.40				

Concentration : 0,5 à 20 Y/ml. N (NH₄)

avec sol 30 g - 150 ml. CIK 0,5 N → 0 à 10 mg N - NH₄ pour 100 g de sol.

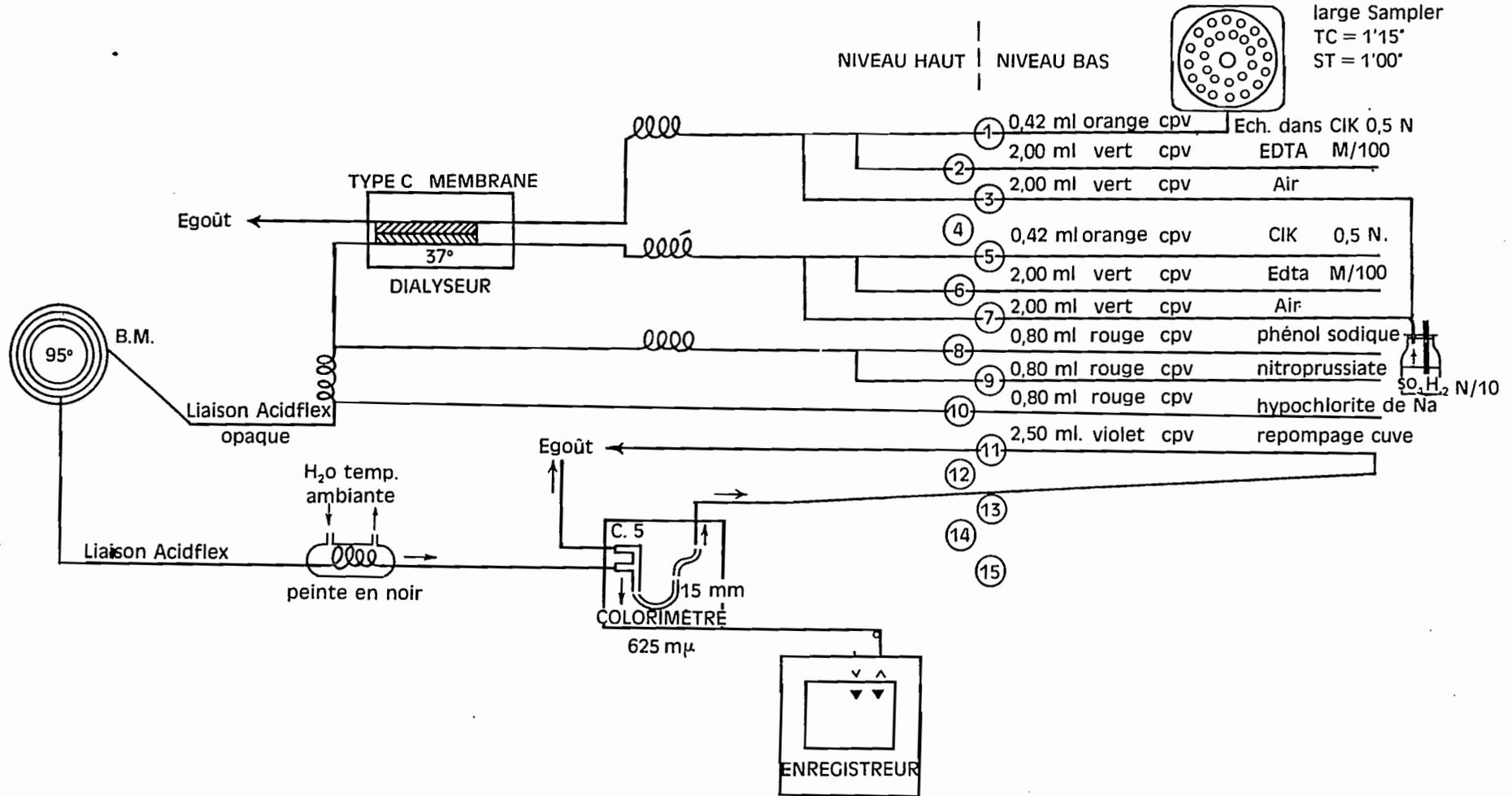


Fig. 5 Manifold : NH₄

interposition 1 tube d'eau entre chaque échantillon

	N°	N - NH ₄ ⁺			N - NO ₃ ⁻		
		mg % g	+ -		mg % g	+ -	
BEAUPORT	401	1.67	+ 0.2	$v = 0.10$ $\sigma = \pm 0.102$ $\sigma_m = \pm 0.034$ valeur moyenne vraie $P = 0.05$ 1.67 ± 0.078 Erreur relative moyenne $\pm 4.67\%$	0.95	- 13.3	$v = 0.011$ $\sigma = \pm 0.107$ $\sigma_m = \pm 0.036$ valeur moyenne vraie $P = 0.05$ 1.083 ± 0.083 Erreur relative moyenne $\pm 7.66\%$
	402	1.60	- 8.8		1.25	+ 16.7	
	403	1.85	+ 18.2		0.95	- 13.3	
	501	1.60	- 6.8		1.11	+ 2.7	
	502	1.71	+ 4.2		1.20	+ 11.7	
	503	1.54	- 12.8		1.11	+ 2.7	
	601	1.60	- 6.8		1.15	+ 6.7	
	602	1.80	+ 13.2		1.00	- 8.3	
	603	1.64	- 2.8		1.05	- 3.3	
		Σ	15.01			9.75	
	\bar{x}	1.67		1.08			

Ces résultats montrent que l'échantillonnage pour l'azote dans les sols à allophanes est plus délicat, en raison sans doute d'une activité microbienne intense, des pertes d'eau importantes lors de la détermination de l'humidité à 105°C (pour la correction des résultats), le temps de séchage et la température influant fortement.

3.2 - Séchage et délai entre prélèvement et dosage

Certains sols argileux ne peuvent être divisés et homogénéisés dans leur humidité naturelle, en raison de leur plasticité. Il est donc nécessaire de les dessécher légèrement pour permettre une homogénéisation correcte de l'échantillon en vue de l'analyse. L'évolution de l'azote étant sous la dépendance directe de phénomènes microbiens complexes, cette dessiccation entraîne des modifications sur le niveau NH₄⁺-NO₃⁻ trouvé.

La désamination des acides aminés par voie biologique conduit, soit à la formation d'acide-alcool et à une libération de NH₃, soit, si un phénomène de déshydratation se produit, à des acides éthyléniques + NH₃, soit enfin, en milieu oxydant, à des acides-cétone + NH₃. Ce NH₃ peut venir surcharger le niveau initial du sol.

En Guadeloupe, la teneur des sols en nitrite est en général suffisamment peu élevée pour autoriser l'analyste à les négliger, eu égard aux problèmes d'échantillonnage ; mais, dans les sols hydromorphes, où le niveau de NO₂⁻ peut être notable, on risque de trouver un taux de nitrates trop élevé par oxydation, lors du séchage, des nitrites en nitrates.

La stérilisation effective du milieu est pratiquement impossible dans les conditions de prélèvements (points distants de 60 km du laboratoire par exemple). Les essais menés avec le toluène ont donné des résultats peu encourageants.

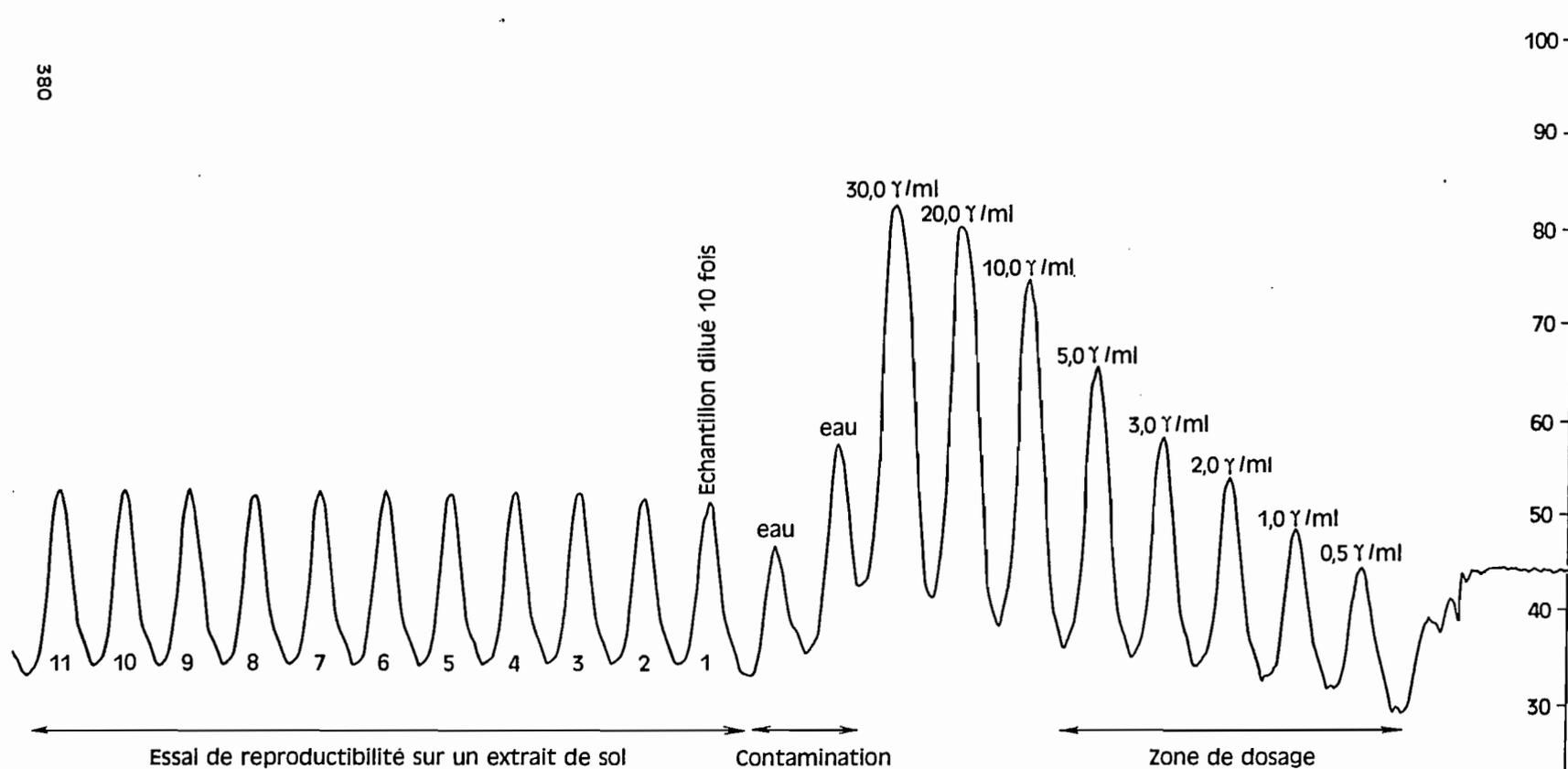


Fig. 6

AZOTE NITRIQUE

Vitesse : 24 échantillons/heure

Total Cycle : 2'30"

Sample Time : 1'00"

Pour éviter la contamination par des échantillons dépassant 10 γ/ml, utiliser un tube d'eau entre chaque échantillon et :

Vitesse : 48 éch./h

Total Cycle : 1'15"

Sample Time : 1'00"

Résultats pour $N-NH_4^+$ en mg pour 100 g

Sol	Sol frais humide	Sol frais séché à 45°C *	Séchage à l'air 2 jours	Séchage à l'air 4 jours	Sol humide avec toluène 2 jours
Lamentin	1.13	1.59	1.95	2.03	1.67
Digue	1.42	1.68	1.74	2.60	2.00
Abymes	1.10	1.59	1.31	1.79	1.55
Beauport	1.37	1.56	1.67	1.95	1.58

Résultats pour $N-NO_3^-$ en mg pour 100 g

Sol	Sol frais humide	Sol frais séché à 45°C	Séchage à l'air 2 jours	Séchage à l'air 4 jours	Sol humide avec toluène 2 jours
Lamentin	4.68	4.49	4.82	4.85	5.12
Digue	2.58	2.60	2.59	3.20	2.88
Abymes	1.21	1.44	1.46	1.55	1.82
Beauport	1.09	1.08	1.08	1.21	1.60

Tous les résultats sont rapportés au sol séché à 105°C et sont la moyenne de dix déterminations.

Comme on peut le voir dans ces deux tableaux, le dosage doit être effectué le plus tôt possible après le prélèvement, particulièrement en ce qui concerne l'ammonium.

Cependant, si l'on veut obtenir une homogénéisation correcte, on a tout intérêt à laisser l'échantillon perdre sa plasticité, sous réserve d'opérer toujours dans les mêmes conditions.

3.3 - Extraction

Le sol est un milieu complexe et le choix du réactif d'extraction présente une grande importance.

L'extraction est effectuée, soit par des sels comme le chlorure de potassium, le chlorure de calcium, le sulfate de sodium, soit par des acides dilués comme l'acide sulfurique 0,25 N (RICHARD, 1960), l'acide sulfurique 2 N à pH 2 (MARGEZEWA, 1961) ou l'acide chlorhydrique 0,05 N (MAJBORODA, 1961), soit en milieu tamponné comme acide chlorhydrique + chlorure de potassium à pH 1 (STOJANOVIC, 1960), ou acétate de sodium + acide acétique à pH 4,8 (STOJANOVIC, 1960), ou encore sulfate de potassium + acide sulfurique (BREMMER, 1955), soit enfin en présence de produits destinés à réduire l'activité microbienne et à éviter ainsi une évolution des diverses formes d'azote entre prélèvement et analyse : acide chlorhydrique 0,05 N + toluène (MAJBORODA, 1961), sulfate de sodium N + sulfate de cuivre 0,02 N (LEWIS, 1961).

Pour les sols acides, on utilise indifféremment l'une ou l'autre de ces extractions.

* Séchage en 3 heures en couche mince en étuve ventilée. Le séchage en sac par cette méthode donne des résultats très forts, le sol se trouvant dans des conditions d'incubation stimulant le processus microbien.

8

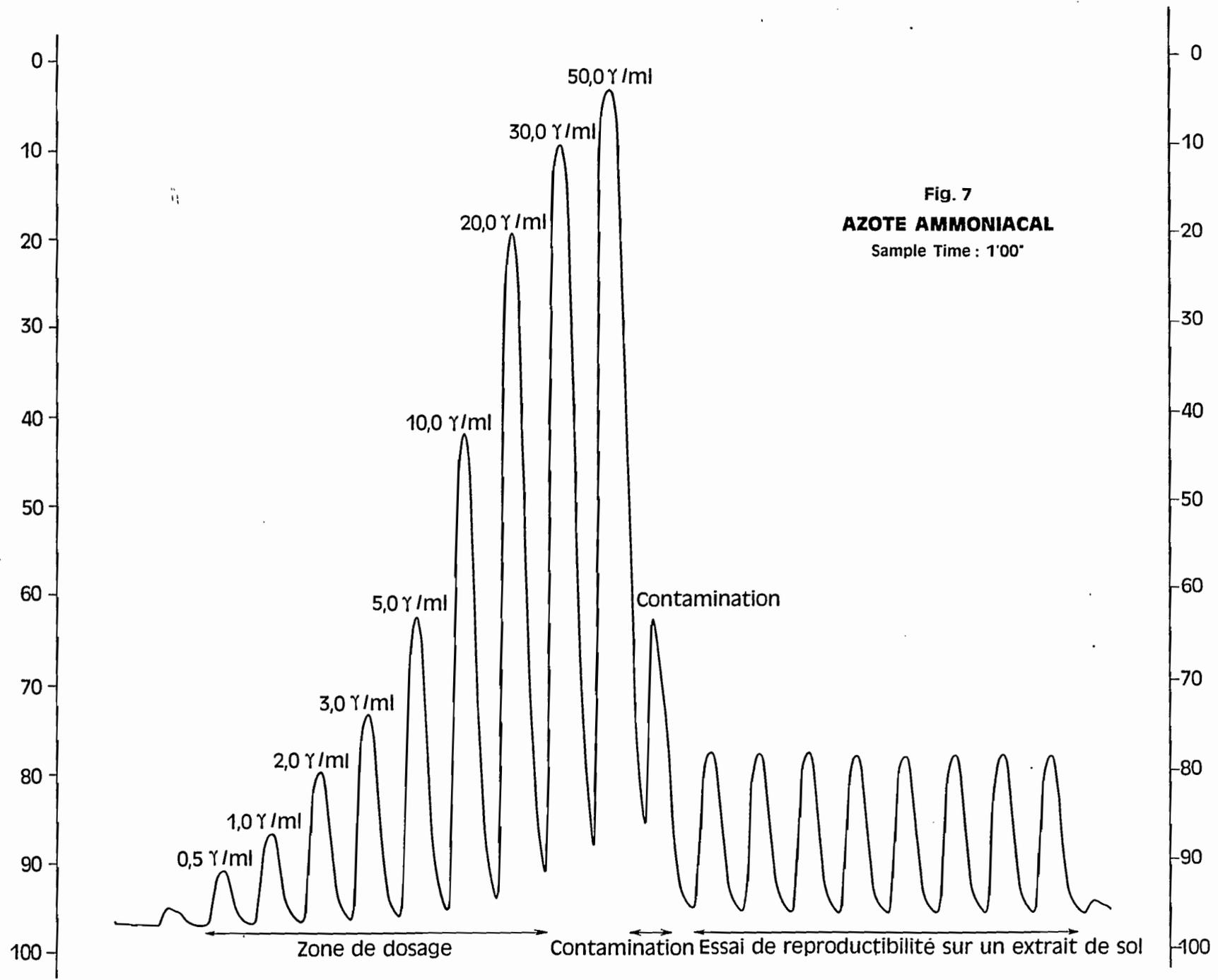


Fig. 7
AZOTE AMMONIACAL
Sample Time : 1'00"

Zone de dosage

Contamination Essai de reproductibilité sur un extrait de sol

Pour les sols alcalins, seules les extractions acides peuvent être retenues, en raison des pertes de nitrates pendant l'analyse, le pH des extraits étant supérieur à 7 (MAJBORODA, 1961).

Nous avons finalement adopté l'extraction au CIK 0,5 N en raison, d'une part de la pureté de ce sel qui, même dans le produit dit "pur" donne des blancs très faibles, d'autre part du pH légèrement acide de ses solutions, et de son inertie vis-à-vis des protéines et acides aminés dans les normes du dosage.

CIK ne peut extraire l'azote volatilisé sous forme de NH_3 par suite de phénomènes de diffusion, l'azote minéral neutralisé par les microorganismes (DOMMERGUES, 1962), les formes de NH_4 rétrogradées ou fixées (McINTOSH 1962, MOGILEYKIWA 1964, DHARIVAL 1958), peu utilisables par les plantes.

En sol alcalin, l'extraction de N est imparfaite (MAJBORODA, 1961) et l'on risque des pertes si l'extrait de sol est alcalin

L'extraction par KCl entraîne NH_4^+ libre et faiblement lié, $\text{NO}_3^- - \text{NO}_2^-$, enfin, malheureusement, des formes organiques de N (protéines, acides aminés libres, sucres aminés) pouvant représenter près de 40 % de l'azote total (KONONOVA, 1961).

KONONOVA (1961) divise approximativement cet azote organique soluble en :

N aminé	10 %
N mono amino-acides ..	28 %
N diamino-acides	5 %

Les autres amino-acides sont dans les sols à l'état de traces ainsi que les sucres aminés : galacto-amine, glucosamine et n acétyl glucosamine.

Dans les sols, 17 acides aminés ont été identifiés (GROV 1963, WALDROW 1962).

L'urée est très rapidement remaniée dans les sols par les microorganismes. On verra au chapitre "Interférences" l'influence de ces différents composés sur le dosage de l'ammonium par néo-formation.

3.4 - Evolution des solutions pendant et après l'extraction

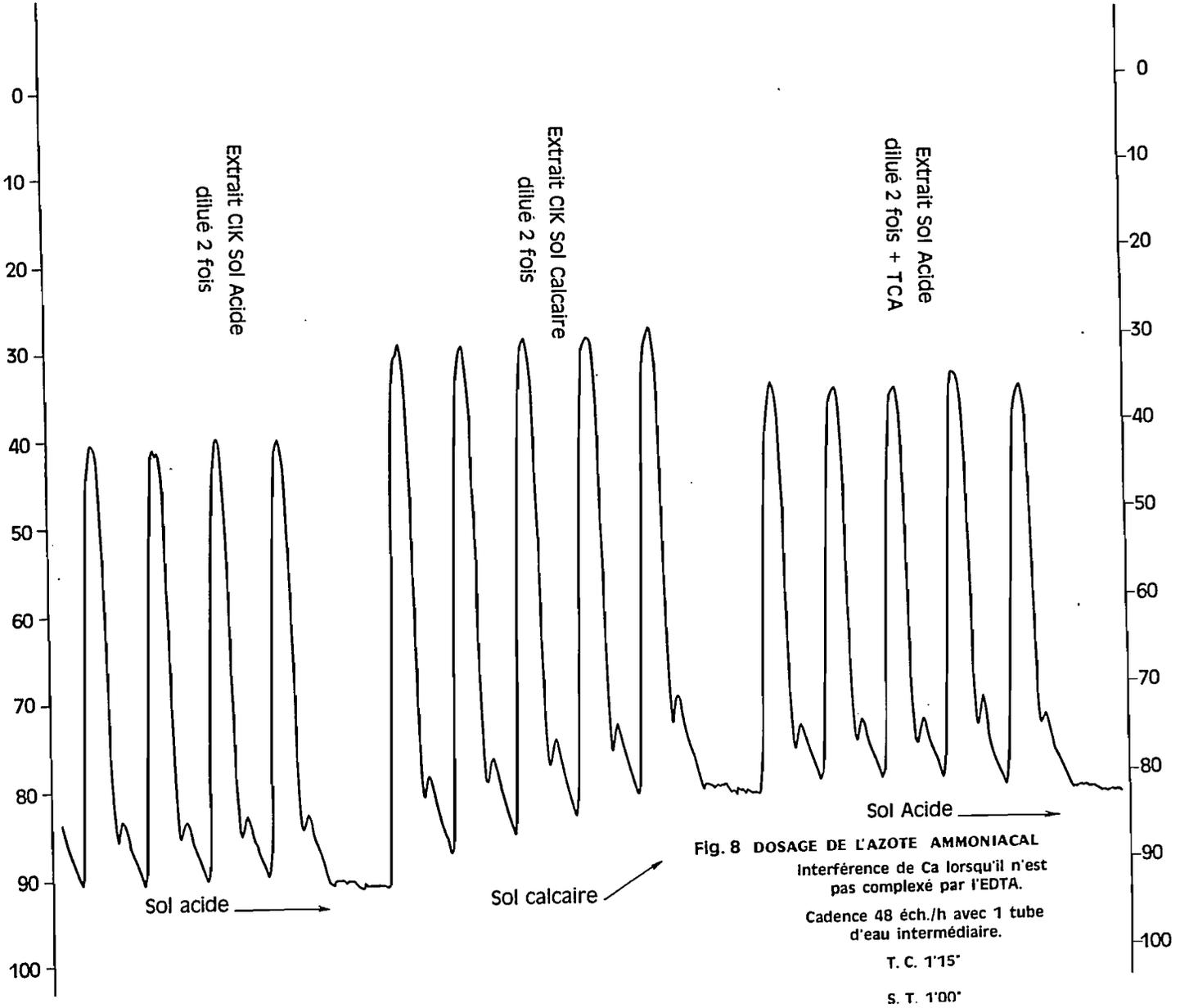
Le temps de contact sol-liquide d'extraction a été limité à 30'. Les travaux de DANNEYSKIS (1961) semblent infirmer les méthodes d'extraction par contact prolongé en raison de l'hydrolyse partielle des substances azotées organiques, provoquée, même en milieu toluène, par les amidases accumulées dans le sol.

Si le dosage ne peut être effectué dans les deux heures qui suivent l'extraction, les modifications intervenues sous l'influence des microorganismes dans les diverses formes d'azote entre le début de l'extraction et le dosage peuvent être non négligeables.

La stabilisation peut être alors effectuée en ajoutant 1 ml de solution d'acide trichloracétique à 10 % à 100 ml d'extrait, et en stockant à l'obscurité (soit en réfrigérateur, soit en mettant le couvercle opaque du distributeur d'échantillons grand modèle).

L'acide trichloracétique assure la précipitation des protéines qui auraient pu être entraînées et possède un pouvoir bactéricide non négligeable.

Les solutions ne doivent pas être conservées à la lumière du jour intense. En effet, si la lumière émise par les tubes fluorescents dans l'éclairage normal d'un laboratoire est sans influence, il n'en est pas de même pour la lumière solaire qui peut provoquer une photolyse des aminés (AMOUROUX, 1961) et des aminoacides dont l'effet peut être non négligeable si l'insolation est prolongée. L'élévation de température d'autre part, due à cette exposition, peut accélérer les phénomènes d'hydrolyse.



3.5 - Dosage chimique de NH_4^+

De très nombreux auteurs ont démontré les possibilités du dosage dont BERTHELOT en 1859 a donné le principe.

Des modifications ont été apportées pour améliorer la reproductibilité, la précision, la sensibilité de la réaction et l'adapter à des cas particuliers.

On peut signaler rapidement :

- l'emploi de catalyseurs (nitroprussiate de K) (LOBOCHINSKY 1954, MAUN 1963, LIEMAN 1964, ASSOUS 1960, SUSINI 1964), sel manganéux (Von BÖHNSTEDT, 1958), acétone (ROSKAW 1964) ;
- l'extraction par solvant (KAPLIN 1961, KULENOK 1961) ;
- l'utilisation de cuves plus larges (BOLLETER, 1961).

La réaction est influencée par de nombreux facteurs :

3.5.1 - INFLUENCE DU pH

La réaction doit s'effectuer à un pH constant. L'emploi d'un tampon est donc nécessaire.

La présence d'acides aminés oblige à choisir un pH relativement bas, l'hydrolyse de ces composés étant sensible au-dessus de pH 11 (ASSOUS, 1960), ou au-dessous de pH 5 (WEARNE, 1963).

Le développement correct de la réaction ne se fait qu'au-dessus de pH 9,5 (ASSOUS, 1960).

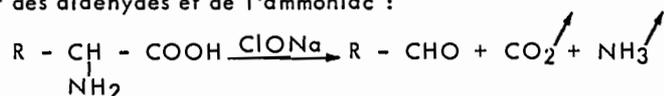
Nous avons donc adopté le pH de 10 choisi par le mode opératoire de ASSOUS et qui donne de bons résultats. Le pH de 11-12 généralement conseillé (LOGSON, 1960) donne lieu, avec le chauffage au bain-marie à 95°C, à des surcharges par les acides aminés.

3.5.2 - INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN PHÉNOL-HYPOCHLORITE DE Na

La teneur en ClO^- doit être parfaitement connue et voisine de 0,5° chloro. Il est donc nécessaire d'effectuer le dosage par iodométrie par exemple. Une teneur dépassant 1° chloro amène de graves erreurs :

par exemple :

- attaque des composés azotés organiques qui peuvent perdre leur groupe NH pour donner des aldéhydes et de l'ammoniac :



- chlorination du phénol qui entraîne une perte d'hypochlorite et provoque l'apparition de phénols chlorés insolubles.

Au contraire, si la teneur en ClONa est inférieure à 0,2° chloro, la coloration se développe mal et irrégulièrement.

Dans les sols hydromorphes riches en nitrites, ceux-ci peuvent aggraver l'erreur en consommant du OCl^- :



Certains auteurs préfèrent à l'hypochlorite de Na l'hypochlorite de Ca (LOGSON, 1960), ou encore l'hypobromite considéré comme plus stable (KAPLIN 1961, KULENOK 1961, SMONKE 1964) ou le chloramine T (STEGEMANN, 1962) ou l'eau de chlore (BOLLETER, 1961). De même le phénol a été remplacé par le thymol (ROSKAW 1964, KULENOK 1961) et l' α naphthol (MORITA, 1963).

3.5.3 - INFLUENCE DE L'ORDRE D'ADDITION DES RÉACTIFS ET DES DÉLAIS ENTRE LES RÉACTIFS

Il est nécessaire de complexer le calcium par l'EDTA au moment de la dialyse et de n'ajouter les autres réactifs qu'ensuite. Si on opère sur un sol contenant du magnésium (+ de 4 à 5 mé % g) on utilisera le CDTA (cyclo hexyl-trans 1,2 - diamino tétracetic acid).

L'addition au début de la dialyse permet une complexation complète avant l'arrivée du premier réactif.

KCl est ajouté en contre-dialyse pour équilibrer le KCl introduit avec l'échantillon.

Il faut ensuite ajouter le phénol alcalin et le nitroprussiate de préférence. L'addition de phénol alcalin peut être critiquable, car on pourrait craindre des pertes de NH_4 si on opérait manuellement. Dans le système Technicon, le dégagement éventuel de NH_3 se limite aux bulles d'air de sectionnement de la veine liquide. Une bobine de mélange simple permet l'homogénéisation des réactifs et l'addition de ClONa en milieu tampon dans un délai réduit. Le système offre donc toute garantie.

BOLLETER (1961) et WEARNE (1963) qui utilisent de l'eau de chlore conseillent au contraire d'ajouter ce réactif le premier. MANN (1963) a noté, par contre, dans le cas de l'hypochlorite une diminution de l'absorption si l'hypochlorite est ajouté avant le phénol et le catalyseur.

3.5.4 - INFLUENCE DU TEMPS : VITESSE DE FORMATION DU BLEU D'INDOPHÉNOL. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

La réaction demande, à froid, près de 30' pour arriver à son maximum. La stabilité de la coloration est au moins de douze heures.

Par chauffage à 95°C, le maximum est atteint en douze minutes environ, pour le mode opératoire utilisé. Un refroidissement ménagé est effectué à la sortie du bain-marie et la température de la solution ramenée à l'ambiante dans une bobine à réfrigérant (25°C). Un refroidissement plus énergique n'est pas conseillé, car il pourrait entraîner quelques irrégularités dans les dosages et d'autre part des condensations sur la cuve pourraient perturber les mesures.

Un chauffage trop prolongé amènerait une décroissance de l'intensité (Il faut signaler que le temps préconisé par BOLLETER (1961) pour le dosage est de 5' seulement par sa technique).

3.5.5 - INFLUENCE DE LA LONGUEUR D'ONDE

Le dosage est effectué à 625 $m\mu$. Les différents chercheurs ont trouvé des maxima d'absorption en milieu NaOH variant selon les techniques de 610 à 650 $m\mu$. L'utilisation de solvants organiques pour extraire le bleu d'indophénol modifie la bande de mesure (495 à 530 $m\mu$ suivant le solvant). On respectera donc rigoureusement le mode opératoire.

3.5.6 - INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA RÉACTION

Le circuit est réalisé avec le tube de liaison tygon classique, et les bobines ne sont pas protégées de la lumière, l'éclairage de la salle climatisée étant réalisé par tubes fluorescents.

Cependant, si l'appareil doit fonctionner dans un laboratoire recevant la lumière du jour intense et même le soleil, il faudrait réaliser le circuit en tube acidflex pour éviter une diminution de la densité optique.

Celle-ci peut atteindre 8 % en 1 heure (TETLOW, 1964).

3.5.7 - INFLUENCE DE LA DIALYSE

La membrane Cuprophan, bien que permettant une dialyse rapide et à un taux convenable, est suffisamment fine pour arrêter les grosses molécules de protéines ou d'acides humiques qui risqueraient de surcharger les résultats en azote dans le cas des holoprotéides (les holoprotéides libèrent à l'hydrolyse des acides aminés et de l'ammoniac).

Les réactifs de dialyse et de contre-dialyse sont identiques et non corrosifs, ce qui permet d'utiliser la membrane C jusqu'à trois mois sans modifications significatives du taux de dialyse.

La membrane est nettoyée chaque semaine par pompage de 10 ml d'hydropharma à 60 g/l.

3.5.8 - INTERFÉRENCES

- **Ca⁺²** Dans les sols présentant un taux de calcium échangeable supérieur à 4 mé % g, il est nécessaire de complexer par l'EDTA. Comme c'est le cas de la plupart des sols de Guadeloupe, on opérera systématiquement cette chélation, sinon on décèlerait rapidement un déplacement de la ligne de base (courbe 8).

- **Mg⁺²** Les sols magnésiens n'existent pratiquement pas en Guadeloupe. Mais, en Martinique, on trouve des sols ayant jusqu'à 40 mé % g de Mg. La complexation par le CDTA serait obligatoire, mais les essais n'ont pas encore été effectués pour de telles quantités. L'élimination de Mg ou la fixation et l'élution sélective de NH₄ par résine est à l'étude.

- **Cu⁺², Fe⁺³, NO₃⁻, NO₂⁻, SO₄⁻², PO₄⁻³, Na⁺, Cl⁻, CO₃⁻²**
n'interfèrent pas significativement dans les extraits des différents sols testés.

- **Al⁺³** Peut donner une interférence négative si le sol contient un taux élevé d'aluminium échangeable.

- **les grosses molécules d'humus** sont éliminées à la dialyse.

- **les acides aminés** Les essais ont été effectués avec des solutions de ClK 0.5 N d'acides aminés (I) très purs NBCo.

- une série d'essais a été effectuée avec 8 mono acides (à la dose chacun de 0.3 g/ml.)
L'interférence est pratiquement nulle avec des solutions fraîchement préparées. Avec des solutions préparées depuis huit jours et conservées à la lumière à 25°C, l'interférence n'est plus négligeable par suite de néoformation de NH₄ sous l'influence de microorganismes.

- les essais menés avec les autres formes d'acides aminés ont donné les mêmes résultats.

Ces essais, s'ils montrent que les acides aminés aux doses trouvées dans les sols n'ont pas d'influence sur le dosage, prouvent cependant l'intérêt de ne pas stocker trop longtemps des extraits de sols à la lumière et à une température ambiante assez élevée (25 à 30°C).

- **toluène** Le toluène que l'on ajoute souvent aux sols pour réduire l'activité microbienne n'interfère pas sur le dosage à la dose de 1 ml pour 100 ml d'extrait.

- **acide trichloracétique** Ajouté pour la stabilisation des extraits, il n'interfère pas sur le dosage à la dose de 1 ml pour 100 ml d'extrait.

3.5.9 - PRÉCISION : SENSIBILITÉ

Le seuil de réponse est d'environ 0.1 Y/ml de N-NH₄. On peut déceler des différences pouvant atteindre 0.05 Y/ml.

TEST DE REPRODUCTIBILITÉ

Avec surcharge N-NH₄ : sur un extrait de sol dosé préalablement après dilution de deux fois par ClK, on ajoute une quantité de NH₄-NO₃ correspondant à 2 γ/ml de N-NH₄. Ceux-ci sont retrouvés avec une précision de ± 0.8 %.

3.6 - Dosage chimique des nitrates

Le dosage des nitrates est très sensible, puisqu'il ne peut s'effectuer que sur des échantillons contenant de 0 à 5 γ/ml de N-NO₃, ce qui représente, par la méthode utilisée, une teneur de 0 à 2,5 mg pour 100 g de sol.

Il est donc souvent nécessaire de procéder à des dilutions au moyen d'un petit manifold, ajouté, si besoin est, au manifold NO₃ (x2, x5, x10) selon les zones de dosage.

L'interférence donne une amplitude sur le papier enregistreur assez faible. Il y a donc intérêt à utiliser un expanseur d'échelle pour améliorer la précision de la lecture.

Si l'on n'utilise pas de dilution automatique, les courbes obtenues sont mieux marquées, la ligne de base s'abaissant lors du rinçage par l'air, le rhénium étant moins dilué à cet instant.

3.6.1 - INFLUENCE du pH

Le pH doit être nettement acide et affecte le développement de la coloration lors de l'addition de l'α-furil dioxime. Un excès de HCl amène une diminution de l'interférence de NO₃. On consultera les travaux de BLOOMFIELD (1965) qui étudie en détail les divers facteurs régissant la méthode.

3.6.2 - INFLUENCE DE L'ORDRE D'ADDITION DES RÉACTIFS ET DES DÉLAIS ENTRE LES RÉACTIFS

Le méthanol (pouvant être remplacé par l'éthanol) est ajouté le premier à l'échantillon. De cette manière les composés aminés organiques sont insolubilisés. Le méthanol permet à l'interférence d'atteindre son maximum. Le perRhénate est ensuite mélangé, puis le chlorure stanneux en milieu très acide. Un délai de dix minutes est nécessaire au développement de l'interférence NO₃⁻-ReO₄⁻.

L'α-furil dioxime est ajouté en dernier et la réaction est dosable au bout de cinq minutes. La coloration maximum n'est atteinte qu'au bout d'une heure environ.

3.6.3 - INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

Ne disposant que d'un bain-marie à 95°C, l'influence de la température sur les réactions n'a pu être étudiée, le méthanol bouillant à 64°C environ.

3.6.4 - INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA RÉACTION

On a intérêt à opérer sous lumière artificielle réduite, le Cl₂Sn étant légèrement sensible à la lumière. Par précaution, les bobines de délais sont recouvertes de papier noir.

II/- / Dosage des cations échangeables du sol /

(Rationalisation de l'analyse)

Notes de laboratoire préparées à l'occasion du Congrès
européen TECHNICON, novembre 1967
22 pp.

J. GAUTHEYROU

M. GAUTHEYROU

Publication ORSTOM-Antilles n° P 50

DOSAGE DES CATIONS ECHANGEABLES DU SOL *

(Rationalisation de l'Analyse)

J. GAUTHEYROU

M. GAUTHEYROU

Providence-Abyes Juillet 1967

Notes de Laboratoires préparées à l'occasion du Congrès Européen TECHNICON
Novembre 1967

DOSAGE DES CATIONS ECHANGEABLES DU SOL

-:-:-:-:-:-:-:-

I - INTRODUCTION

Dans le cadre de l'analyse biométrique multivariable des Sols, entrepris par l'ORSTOM depuis quelques années pour la classification des sols (AUBERT 1963, Van Den DRIESCH-HANS 1965) l'analyste est amené à fournir un nombre de variables de laboratoire aussi complet que possible pour faciliter la caractérisation d'un sol.

La standardisation des méthodes utilisées par de nombreux laboratoires Outre-Mer est indispensable pour assurer une homogénéité convenable des résultats.

Parmi les 40 variables chimiques retenues (qui ne sont pas appliquées en totalité pour tous les sols), la détermination des cations échangeables (K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) est effectuée à peu près systématiquement. Ce type d'analyse représente donc annuellement une masse de dosages considérables que seule la mécanisation permet d'absorber dans de bonnes conditions de précision, de reproductibilité et de rapidité.

Actuellement, seul le dosage proprement dit a été mécanisé, mais les opérations d'extraction, qui demandent une place considérable, restent encore semi-manuelles et demandent d'être étudiées car l'augmentation très sensible du volume d'analyses par unité de surface/Technicien permet de décupler le débit d'un laboratoire sans construire de dispendieux bâtiments.

II- LE PHENOMENE DE L'ECHANGE DES CATIONS DANS LE SOL

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de revenir sur les théories complexes qui ont vu le jour depuis les découvertes de WAY en 1850 (lois de l'équilibre de DONNAN, théorie de la double couche ionique etc...), citons en passant les travaux de HELMHOLTZ (1879), GOUY (1910); MATTSOHN (1926-1929), PAULING (1927). Aucune de ces théories, d'ailleurs, n'arrivent à expliquer de façon satisfaisante la totalité des problèmes rencontrés.

L'échange est dépendant de nombreux facteurs :

- De la nature de l'argile et de son degré d'hydratation
- De la concentration en électrolyte de la solution en contact avec le sol (Loi d'Action de Masse, il est nécessaire, pour pousser l'équilibre le plus loin possible, de disposer d'une masse d'ions de déplacement pratiquement infinie par rapport aux ions à déplacer).

.../...

- De la vitesse de diffusion des ions (taille relative des ions sorbés et de la maille cristalline, degré d'hydratation de l'ion, valence et charge, et même, nature de l'anion associé au cation puisque les colloïdes argileux sont des ampholytes.)
- De l'agitation et de l'intensité avec laquelle elle est appliquée
- De la température.

Il sera donc nécessaire, pour la mise au point d'une méthode mécanisée, de tenir compte de tous ces facteurs qui sont déterminants pour l'atteinte de l'équilibre.

L'électrolyte utilisé habituellement en France est l'Acétate de NH_4 Normal à $\text{pH} = 7.0$. Ce réactif présente l'avantage de donner un milieu bien tamponné, permettant d'éviter les variations de pH lors de l'extraction, ce qui est particulièrement important dans le cas de sols acides ou la sorption des ions est très dépendante du pH (échange superficiel).

L'Acétate de NH_4 peut être rapidement éliminé par simple chauffage et on ne trouve dans le sol que des quantités de NH_4^+ échangeables suffisamment faibles pour être habituellement négligées dans ce dosage.

Le dosage des ions échangeables n'est pas perturbé par le réactif.

Cependant l'ion NH_4^+ a une charge relativement faible et l'équilibre obtenu est généralement inférieur à celui des ions bivalents, mais cela ne présente pas un inconvénient majeur si l'on effectue toujours les analyses avec cette méthode. Le coefficient de saturation apparent sera simplement un peu plus faible.

L'échange est en lui même une réaction rapide, mais pour atteindre l'équilibre dans les sols, il faudrait souvent attendre 48h ou plus, particulièrement si on a affaire à des Montmorillonites, des chlorites gonflantes etc... dont la maille cristalline s'hydrate et gonfle lentement, permettant la libération progressive d'ions.

Même dans les minéraux à mailles fixes, comme les illites ou la kaolinite, l'hydratation apporte des modifications aux phénomènes d'échange pourtant purement superficiels.

Il est nécessaire cependant de ne pas altérer le complexe colloïdal, car on pourrait penser que le broyage pourrait amener une plus grande rapidité de l'échange en augmentant la surface par unité de poids. Ce broyage peut s'accompagner d'une importante libération d'ions normalement non échangeables, particulièrement dans le cas de Micas comme les illites ou les Muscovites qui contiennent dans leur système cristallin des ions K^+ fixés non échangeables qui forment pont entre les feuillets (voir Fig. 6 colonne 4).

.../...

Par contre, dans une Montmorillonite où l'échange superficiel est peu important, le broyage n'aurait que moins d'effets gênants; (Ce dernier point est d'ailleurs controversé, certains auteurs attribuant l'augmentation des ions échangeables dans la Montmorillonite après broyage soit à une rupture de la maille et l'apparition de sites superficiels, d'autres l'attribuant à une meilleure pénétration des ions dans la maille cristalline)

III - REVUE RAPIDE DES SYSTEMES D'EXTRACTION PAR VOIE MANUELLE

Plusieurs formules sont adoptées dans les laboratoires:

- 1) - L'agitation simple avec la totalité du réactif d'extraction suivie d'une décantation (ou d'une filtration) et dosage dans le liquide surnageant.
 - 2) - Système alternatif contact-décantation-filtration :
Mise en suspension du sol dans une petite quantité de réactif d'extraction suivie d'une filtration du liquide surnageant, puis d'addition d'une nouvelle quantité de réactif neuf etc...
 - 3) - Percolation par gravité sur colonne, avec ou sans addition de quartz, avec ou sans dispositif alternatif d'alimentation à niveau constant.
 - 4) - Percolation sur colonne "Per Ascensum" avec alimentation continue en réactif neuf.
- L'agitation simple demande de mettre en oeuvre de faibles quantités de sol afin de rendre négligeable les modifications de volume et d'avoir une quantité de solution d'extraction en très grand excès pour amener l'équilibre le plus loin possible. On est amené à doser de très faibles quantités de cations par unité de volume. L'équilibre est étroitement dépendant du volume mis en oeuvre.
- La mise en suspension dans de petites fractions successives est une des méthodes donnant le maximum de sécurité pour les résultats. En effet l'apport successif de faibles quantités de réactif neuf déplace chaque fois l'équilibre. Tout le sol est bien mis en contact avec le réactif par agitation. C'est une méthode demandant une main-d'oeuvre importante mais peu spécialisée.
- La percolation par gravité sur filtre est à rejeter en raison des courants préférentiels qui se forment au niveau du filtre au dessus de la terre.
- La percolation par gravité sur colonne se prête assez facilement à une mécanisation de l'opération au moyen de dispositif individuel d'alimentation alternatif à niveau constant.

.../...

Le dispositif type "abreuvoir à oiseau" est à déconseiller en raison des turbulences qu'il entraîne au niveau de la colonne de sol et du brassage du réactif en contact. Lors de la rentrée d'air, il y a entraînement d'un certain volume vers le haut. Si les échantillons présentent des teneurs élevées en éléments, c'est du réactif plus ou moins contaminé que l'on utilisera en fin de percolation, même si on a pris la précaution d'isoler le sol par une petite couche de quartz. On introduit donc une variable difficile à estimer en série.

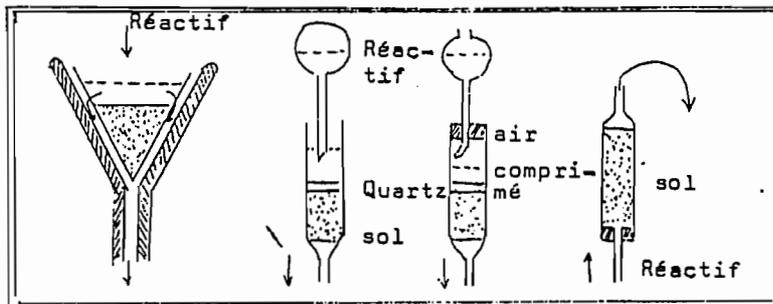


Fig. 1
Dispositifs Manuels ou Semi-Manuels pour la percolation des Sols.

- La percolation au moyen d'un ballon ouvert, relié à la colonne par un bouchon, est très efficace. Elle évite tout contact avec le sol, l'air comprimé au-dessus du sol permettant la régulation de l'addition de réactif, au rythme de l'écoulement. L'application du réactif peut être effectuée sur la paroi pour ne pas créer de turbulences.
- La percolation "Per Ascensum" permet d'utiliser une distribution automatique, en série, du réactif sur des sols de perméabilité similaire. On a pu monter des Unités de 60 Échantillons sur moins de 3 mètres. L'air est chassé vers le haut et le liquide monte par capillarité au début, ce qui permet un bien meilleur rendement. Le tassement des colonnes est plus régulier, mais avec des argiles gonflantes, l'augmentation de volume due au gonflement de l'argile rend la percolation longue.

Tous les systèmes sur colonne présentent évidemment l'inconvénient de demander un remplissage très régulier, ce qui est difficile en raison, d'une part, de la nature même du sol, système hétérogène qui peut contenir au niveau de l'analyse des sables de 2mm et des argiles de 2μ et moins encore, d'autre part, de l'introduction de quartz ajouté en tant qu'adjuvant de filtration pour donner une perméabilité suffisante et qui accentue encore ce déséquilibre granulométrique.

Quelles que soient les précautions prises, il y a toujours une ségrégation des particules, les plus grosses et les plus lourdes ayant tendance à s'accumuler au fond ou contre les parois.

.../...

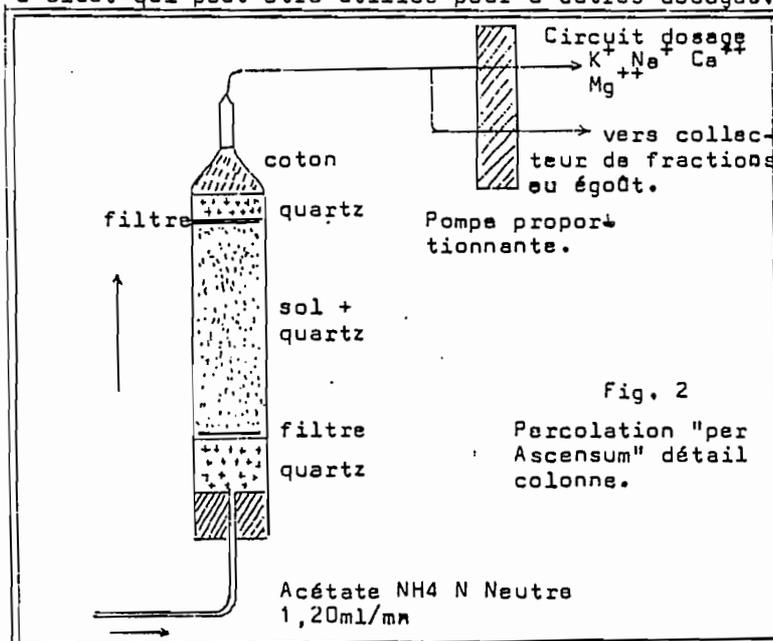
Cette hétérogénéité tend à provoquer des vitesses locales variables, un gradient radial de perméabilité, et même dans les plus mauvaises conditions, la création de courants préférentiels isolant complètement certaines parties de la colonne, ce qui provoque alors de très sérieuses perturbations.

Pour pousser l'automation plus loin, il faut recourir à d'autres techniques.

Des essais ont été entrepris pour permettre de résoudre le problème de l'atteinte rapide et régulière de l'équilibre, quel que soit le type de l'argile, sans dégrader le sol. Dans tous les systèmes cités ci-dessus on peut laisser le sol en contact avec le réactif de 2 heures à 24 heures ou plus suivant les types de sols pour permettre éventuellement aux argiles d'atteindre leur gonflement maximum.

IV - CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE L'ECHANGE

Le dispositif utilisé se compose de petites colonnes de verre pyrex, d'une capacité de 10g de sol. La percolation est effectuée "Per Ascensum" avec de l'Acétate de NH_4N Neutre additionné de BRIJ 35* à débit contrôlé grâce à la pompe proportionnante Technicon. On peut utiliser plusieurs débits en ajoutant au manifold un tube supplémentaire qui rejette dans un collecteur de fraction (ou à l'égout) l'excès d'éluat qui peut être utilisé pour d'autres dosages.



* Le brij 35 fabriqué aux U.S.A par ATLAS Chemical Industries est un agent mouillant non ionique (Polyoxyéthylène Lauryl Ether) qui est très stable en présence de bases ou d'acides. Il ne gêne pas par la suite lors de dosage.

Pour permettre le passage du réactif sans pressions excessives, on additionne le sol d'un égal volume de quartz bipyramidé, très pur, calibré entre 1 et 2mm.

Ce dispositif avait été primitivement mis au point pour étudier la composition approchée des solutions du sol en contact avec les racines, ou dans certains sols salés, pour l'étude de l'hydrolyse. Enfin pour obtenir des dosages très précis des Cations Echangeables dans les sols désaturés, lorsque les valeurs trouvées sont trop basses pour être dosées avec les moyens d'analyse habituels.

Ce système permet de déterminer la cinétique de l'échange pour des conditions données de temps et de volume de réactif d'échange.

Les colonnes étant courtes et larges (rapport $\frac{L}{d} = 5$) on ne peut espérer, dans ces conditions, séparer finement les uns des autres les ions, ce qui permettrait peut-être de mettre en relief l'énergie de fixation de chaque type d'ions; les ions bivalents sont plus énergiquement fixés; à valence égale les petits ions sont mieux fixés que les gros dont la charge est généralement moindre.

Cependant si le front de déplacement est nettement marqué, comme le montre les courbes n° 1-2-3, la trainée des ions est différente suivant leur nature. Dans ce milieu complexe, il est difficile d'appliquer la loi d'Action de Masse aux phénomènes d'échange intervenant au niveau du front qui tend à se concentrer de plus en plus en ions échangeables au début, car l'acétate de NH_4 entraîne des quantités relativement élevées de Ca^{++} particulièrement en sol calcaire de Mg^{++} dans les Montmorillonites Magnésiennes, de Na^+ dans les sols salés, de K^+ dans les illites dégradées.

Peu à peu l'acétate de NH_4 prend la proportion "Infinie" par rapport aux substances à échanger et l'équilibre est atteint avec un volume relativement faible (30 à 40ml environ en moyenne.).

Fig. 3 A

FERRALITIQUE FRIABLE

(L 222 b) percolation sur colonne
10g - 2mm

Sans contact K+ -----
Na+ _____
Avec contact K+ -.-.-.-
Na+
p. 7

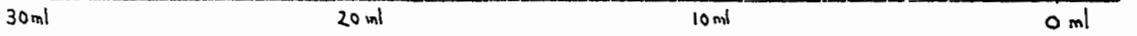


Fig. 3 B

FERRALITIQUE FRIABLE

Percolation sur colonne
(L 222 b)
2mm - 10g

Sans contact Ca⁺⁺ - - - -
Mg⁺⁺ _____
Avec contact Ca⁺⁺ -.-.-.-
Mg⁺⁺
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

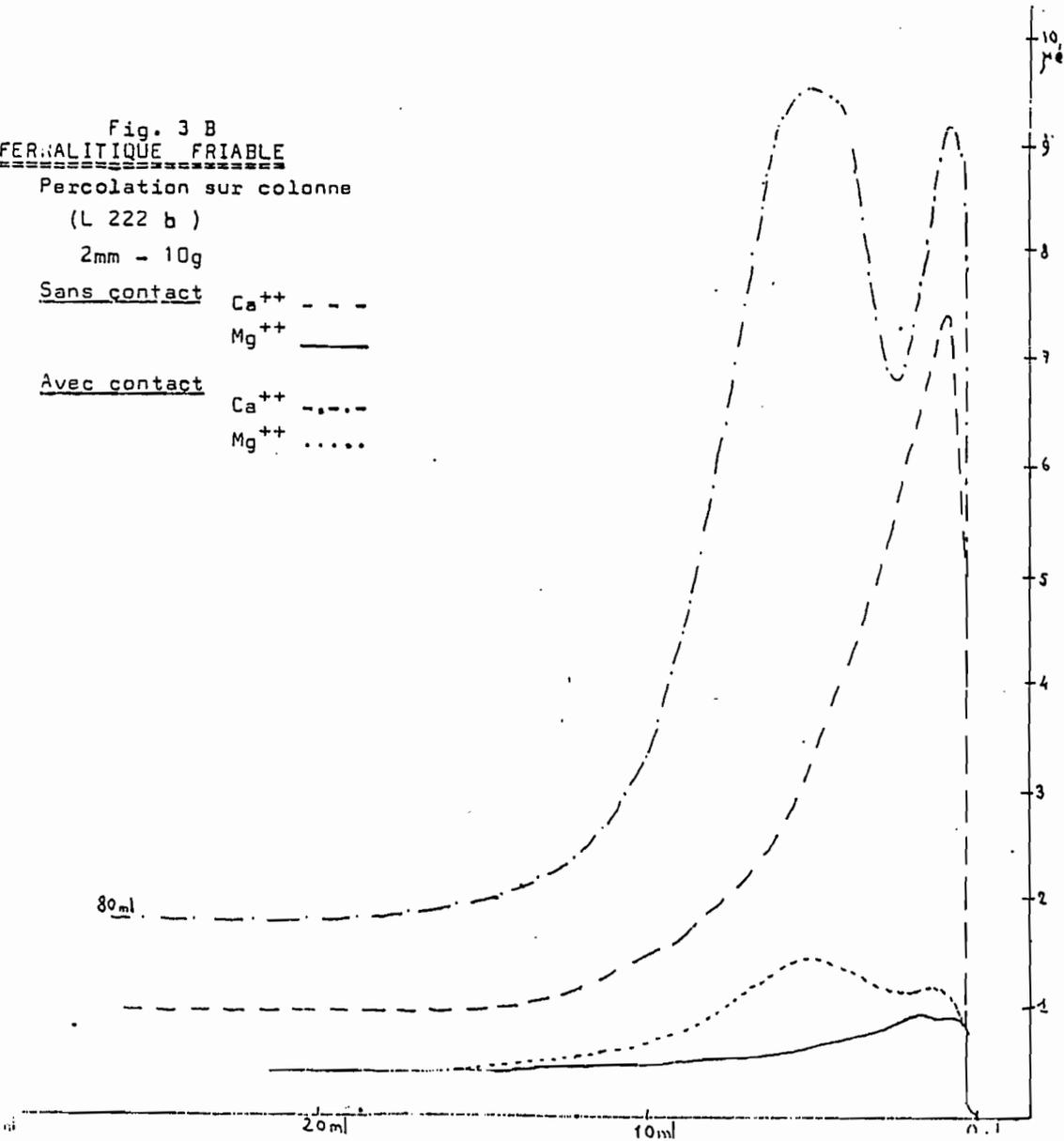


Fig. 4 A

I L L I T E

Percolation sur colonne
10g 2mm

Sans contact
K+ - - - - -
Na+ _____

Avec contact (20h)
K+ -
Na+

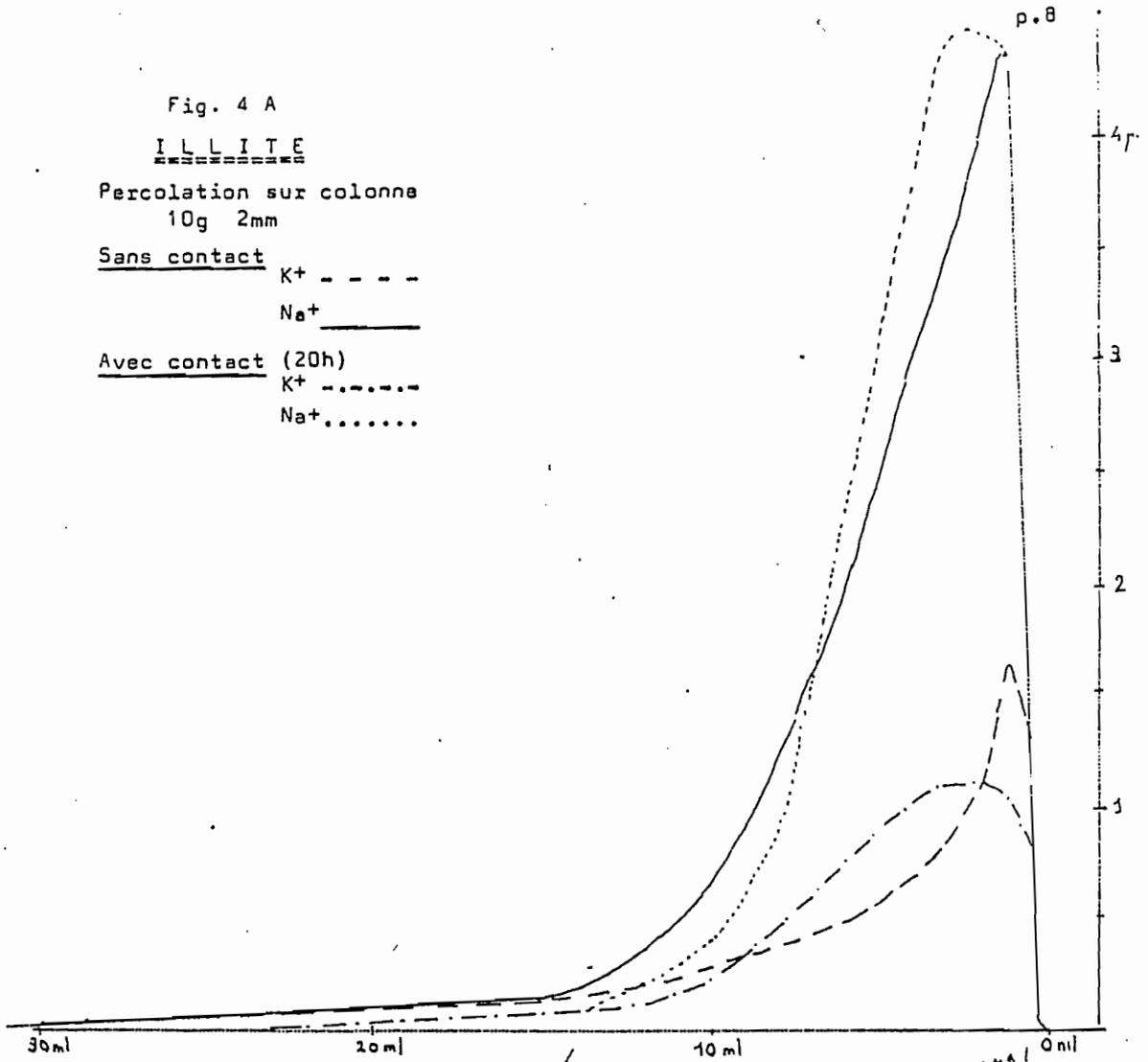


Fig. 4 B

I L L I T E

Percolation sur colonne
2mm 5g (Ca Mg)

Sans contact
Ca⁺⁺ - - - - -
Mg⁺⁺ _____

Avec contact (20h)
Ca⁺⁺ -
Mg⁺⁺

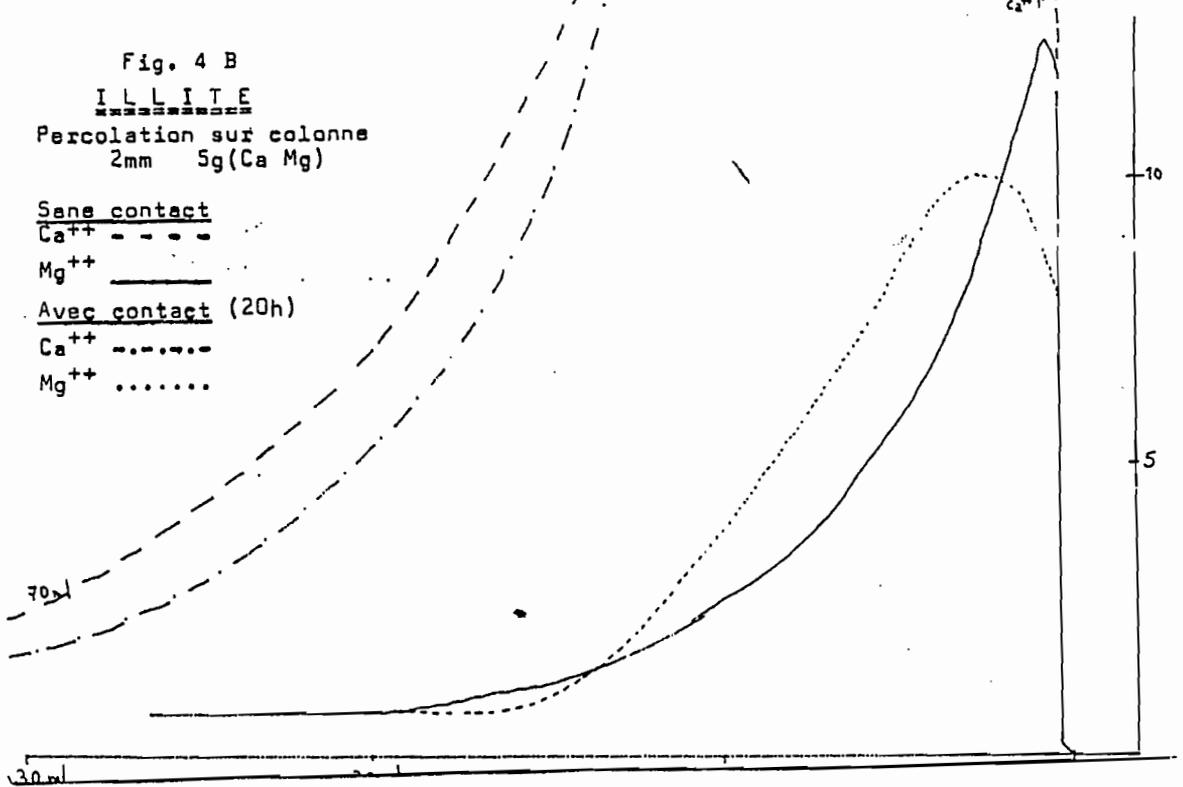


Fig. 5 A

MONTMORILLONITE CALCAIRE

Percolation sur colonne
Marly Corosol

Sans contact

K⁺ - - - -
Na⁺ _____

Avec contact

K⁺ - - - -
Na⁺.....

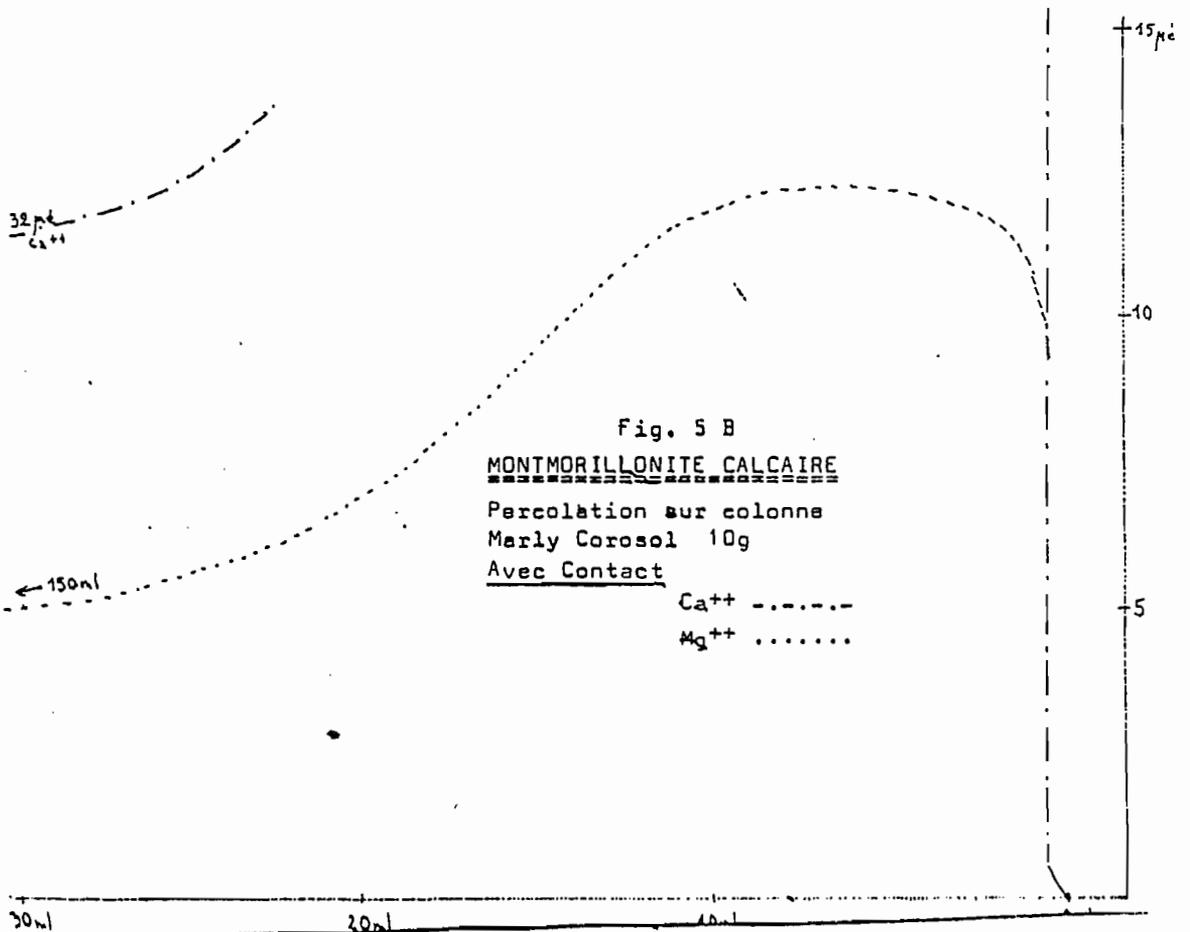
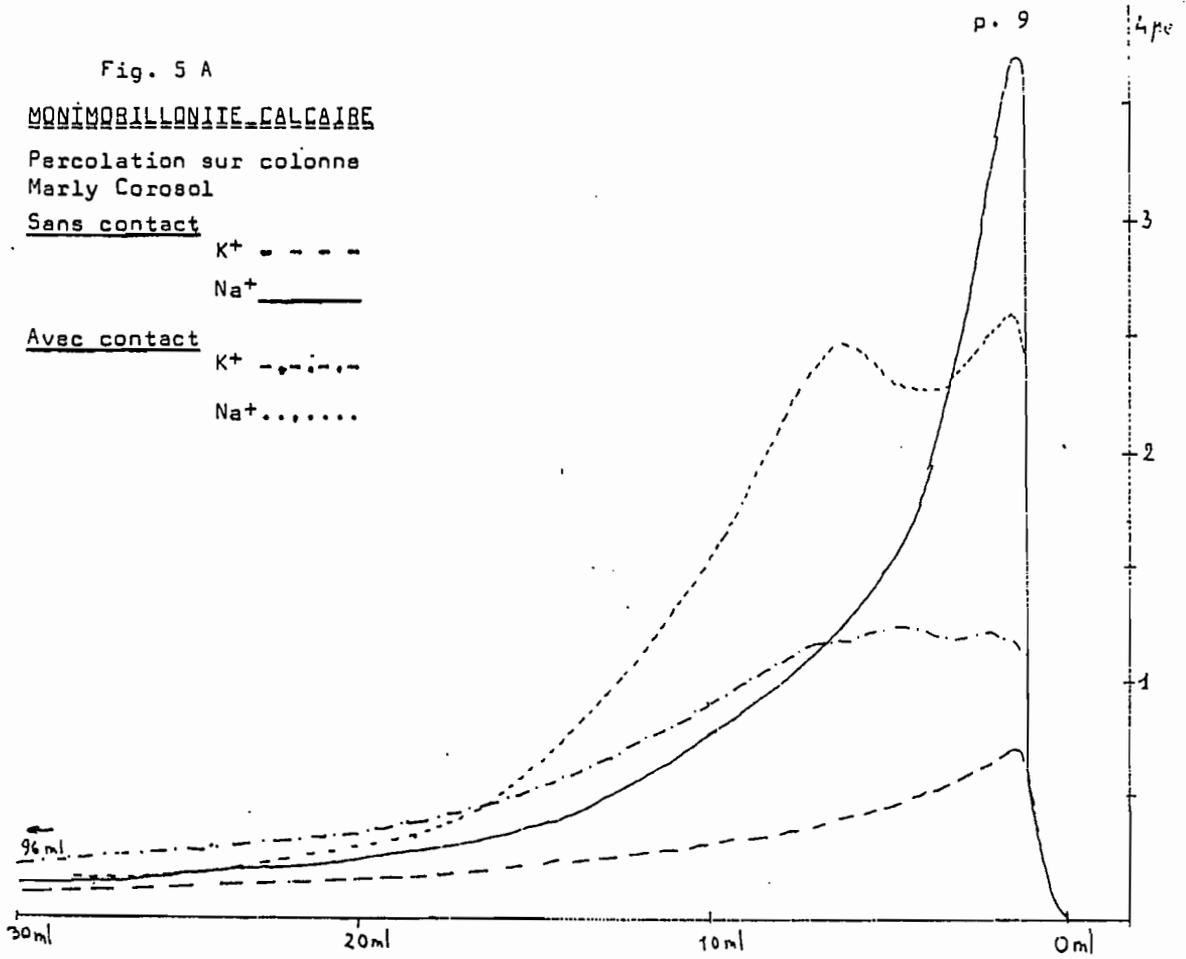


Fig. 5 B

MONTMORILLONITE CALCAIRE

Percolation sur colonne
Marly Corosol 10g

Avec Contact

Ca⁺⁺
Mg⁺⁺

On peut constater que l'échange apparent est pratiquement instantané, le lessivage rapide, mais que, après un trempage de 20 heures, la libération des ions échangeables est beaucoup plus forte pour certains sols; la trainée est plus importante. Si on poursuit la percolation après une nouvelle période de 20 heures de contact, on trouve encore une légère libération d'ions. Dans le cas des vertisols calcaires, il peut s'agir, par exemple, d'une simple solubilisation de CO_3Ca ; dans le cas d'illites, il est toujours difficile de juger à priori s'il s'agit d'éléments échangeables ou de défixation de K.

Dispersion par Ultra-Sons :

Le temps d'équilibre est toujours long, non pour des raisons chimiques, mais pour des raisons physiques ou mécaniques. Il faut laisser le temps à l'argile de s'hydrater, particulièrement dans le cas de Montmorillonite où l'échange se fait entre les feuillets.

Le phénomène d'échange donne lieu aux étapes classiques suivantes:

- 1) - Diffusion des ions NH_4^+ de la solution jusqu'à la surface de la particule.
- 2) - Diffusion de ces ions à travers les mailles de l'argile vers les sites d'échange plus ou moins accessibles.

- 3) - Echange de ces ions avec ceux présents dans l'argile sur des sites "échangeables".
- 4) - Diffusion de l'ion échangé à travers les mailles de l'argile.
- 5) - Diffusion de cet ion échangé à travers la solution.

En fait, avec une solution d'Acétate de NH_4 Normale, on peut considérer que seuls les palliers 2-3-4-5 sont à étudier.

On a cherché à utiliser les mixers pour accélérer le processus de contact, mais sans résultats appréciables.

Par contre, on a depuis plusieurs années, développé les techniques par ultra-sons, qui permettent de réaliser de nombreuses opérations souvent apparemment contraires :

Dispersaion, agragation, émulsification, coagulation etc...

Ces effets dépendent notamment de la fréquence utilisée et de l'intensité (qui représente l'énergie transmise par unité de temps à travers une section perpendiculaire à la direction de propagation et s'exprime en Watt/cm²) et du temps d'application.

Dans les sols, on utilise cette technique pour nettoyer les sables et les débarrasser des inclusions d'argile dans l'analyse granulométrique, et pour les études au microscope électronique.

On a utilisé une énergie ultra-sonique de 20 kHz/s et une intensité de 70 W/Cm² environ.

Avec cette fréquence, il n'y a que peu de risques, même avec des temps d'irradiation très longs, d'arriver à une altération des argiles, la désintégration des solides demandant une fréquence et une intensité très élevées. Le meilleur exemple est donné par les résultats obtenus sur illite qui libère facilement par broyage prolongé le potassium non échangeable fixé dans les mailles de son réseau.

Il n'y a pas de modification significative du taux de K^+ Echangeable.

.../...

		1	2	3	4	5	6	7
Illites	K ⁺	0.06	0.06	0.07	0.22	0.10	0.10	0.10
	Na ⁺	0.30	0.30	0.32	0.59	0.34	0.32	0.32
	Ca ⁺⁺	14.59	14.13	15.20	15.20	15.00	14.82	14.52
	Mg ⁺⁺	1.48	1.43	1.61	2.66	1.50	1.43	1.43
Ferralitique								
Friable	K ⁺	0.08	0.08	0.12	0.22	0.09	0.09	0.09
	Na ⁺	0.08	0.08	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10
	Ca ⁺⁺	2.38	2.08	2.40	2.40	2.34	2.34	2.37
	Mg ⁺⁺	0.39	0.37	0.41	0.40	0.42	0.40	0.41
Montmorillonite								
Calcaire	K ⁺	0.35	0.31	0.38	0.50	0.39	0.37	0.37
	Na ⁺	0.26	0.26	0.33	0.29	0.31	0.32	0.31
	* Ca ⁺⁺	40.	40.	40.	40.	40.	40.	40.
	Mg ⁺⁺	3.10	3.04	3.16	3.37	3.18	3.16	3.15

Fig. 6 - Dispersion par Ultra-sons
Rapidité de mise en équilibre.

- 1) - Extraction sur sol 2mm (système alternatif contact-décantation-filtration) après 20 heures de contact 10g-200ml
- 2) - Id - sans contact.
- 3) - Percolation, sur colonne "per Ascensum" avec contact (20g-200ml)
- 4) - Extraction sur sol broyé à 50 μ avec contact 20 heures (systèmes alternatif contact-décantation-filtration)(20g - 200ml)
- 5) - Extraction après dispersion par Ultra-sons sur 10g (500ml) durée 5 minutes.
- 6) - Extraction après dispersion par Ultra-sons sur 10g (500ml) durée 10 minutes.
- 7) - Extraction après dispersion par Ultra-sons sur 10g (500ml) durée 15 minutes.

* Sol calcaire saturé en Ca⁺⁺

.../...

Dans ce système liquide-solide, l'effet de cavitation sépare rapidement les particules du sol, la cohésion des agrégats étant faible, les accélère et provoque une agitation intense qui a un effet peptisant.

La vitesse de réaction est activée par suite de la rupture des gradients de concentration à l'interface argile-liquide, de l'élimination rapide des gaz occlus dans le sol (porosité).

Une partie de la matière organique passe même en solution et la plus grande partie est retrouvée dans les particules inférieures à 40 microns (ABRAHAMS-JOHNSON 1966). La reproductibilité est améliorée grâce à la mise en contact de toutes les particules élémentaires du sol avec la solution d'extraction.

L'élévation de température (que l'on doit contrôler par circulation d'eau pour que l'échauffement général ne dépasse pas 45°C) amène une amélioration de la vitesse d'échange de la plupart des composés de la sorption, ceux-ci étant plus solubles à chaud qu'à plus basse température, et la viscosité étant moindre. Cependant cette élévation de température peut favoriser la solubilisation préférentielle de certains ions, particulièrement en sols organiques.

Cet échauffement est du à l'absorption dans le réactif d'extraction, à l'accélération des particules constituant le milieu et à leur translation rapide.

La cuve de l'appareil doit être fermée par une plaque de verre pour éviter la concentration par évaporation et éventuellement des pertes par formation d'aérosols à l'interface liquide-air.

Si une intensité très élevée était appliquée pendant un temps très long, certains phénomènes d'attrition pourraient se produire vraisemblablement, mais les essais n'ont été menés que sur des périodes d'agitation de 20 minutes au plus.

Les principales difficultés proviennent du fait de la "dispersion" dans un électrolyte qui a tendance à flocculer le milieu. Le volume apparent du sol devient considérable et c'est un véritable gel que l'on est amené à filtrer si le volume total du liquide d'extraction est faible. Plus la viscosité est grande, plus l'échauffement sera notable et difficile à dissiper rapidement.

Sur le plan viscosité du milieu un rapport *

Sol
liquide extraction $1/20$ est le minimum acceptable dans une méthode générale adaptable à tous les sols. Les nécessités de l'équilibre d'échange demanderait de préférence un rapport $1/50$.

V - METHODE DE DOSAGE DES CATIONS ECHANGEABLES DU SOL :

(utilisé avec la percolation "per Ascensum" : 20g sol-200ml réactif d'extraction)

La chaîne analytique Technicon utilisée pour ce dosage comprend les éléments suivants :

- 1 distributeur d'échantillons pour 200 tubes avec dispositif de rinçage du tube de prélèvement et compensation de flux.
- 2 Pompes proportionnantes
- 1 dialyseur 37°C
- 1 colorimètre à cuve tubulaire
- 1 photomètre de flamme à 2 canaux
- 1 Enregistreur à 2 Canaux

Actuellement la chaîne est utilisée alternativement pour les dosages de $K^+ - Na^+$, puis pour $Ca^{++} - Mg^{++}$ à raison de 300 déterminations par jour.

Les manifolds ci-contre permettent de doser directement dans les extraits de sol (20g/200ml) :

K^+ jusqu'à 5 mé % g, Na^+ jusqu'à 13 mé % g

Ca^{++} jusqu'à 25 mé % g

Mg^{++} jusqu'à 15 mé % g

Réactifs : Dosage de $K^+ - Na^+$

- Lithium 10 mé + 227ml HCl concentré par litre
- Acétate de NH_4 N pH = 7.0
- eau + 1ml BRIJ à 0.5 % par litre

Dosage de Ca^{++}

- Oxime à 6% dans l'acide acétique à 30%
- Lithium 1 mé
- HCl N + 1ml BRIJ 35 à 0.5% par litre

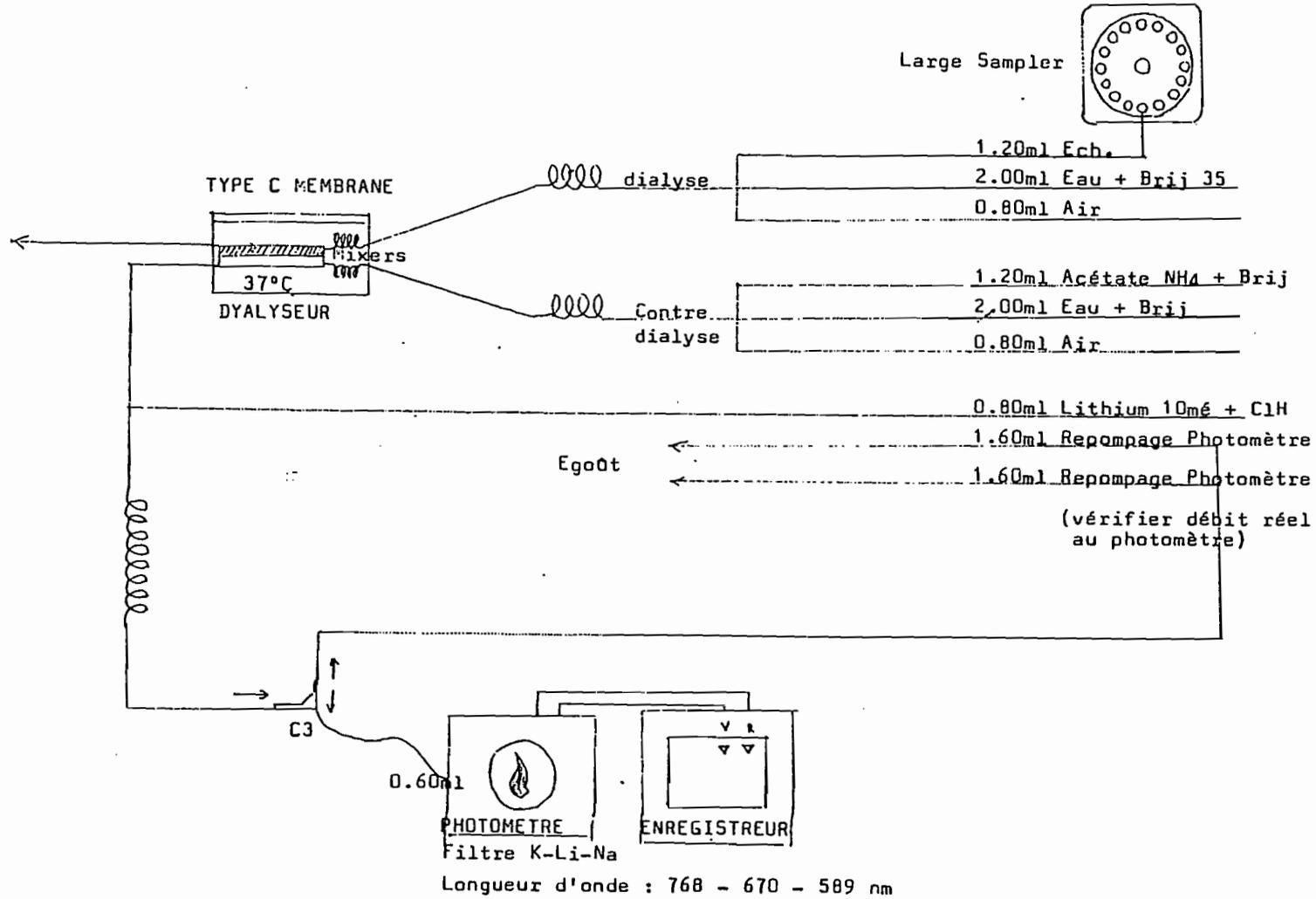
Dosage de Mg^{++}

- Mg Blue 0.005% dans diméthylformamide à 20%
- P V A 0.1% + 1ml BRIJ 35 à 0.50%
- BRIJ 35 (Mg) à 0.40%
- NaOH N
- Acetate NH_4 N pH = 7.0

DIALYSE ET CONTRE-DIALYSE = pH 7

STANDARDS K^+ = 5 à 200 μ /ml
STANDARDS Na^+ = 20 à 300 μ /ml

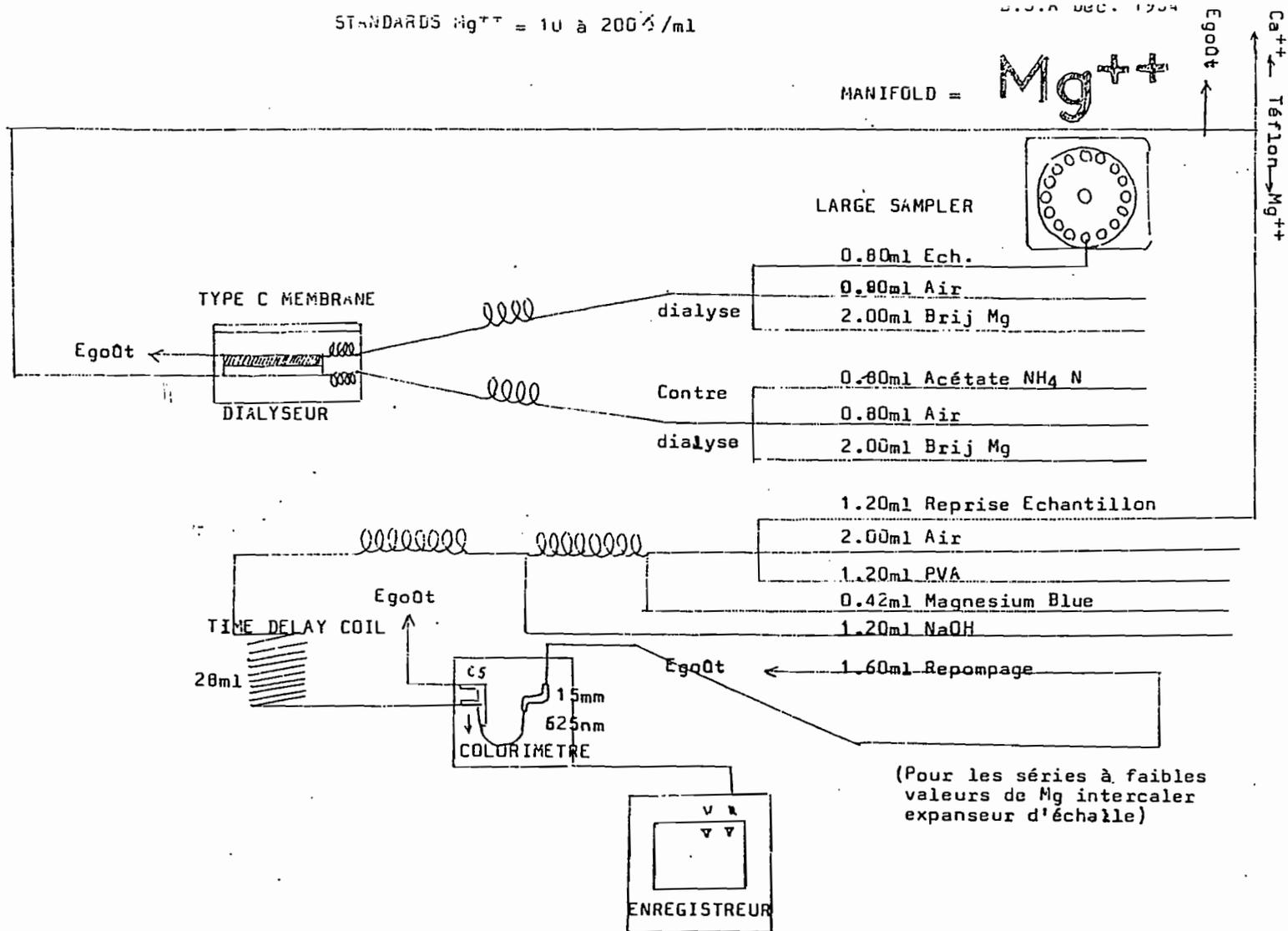
MANIFOLD : K^+ Na^+



STANDARDS Mg^{++} = 10 à 200 μ /ml

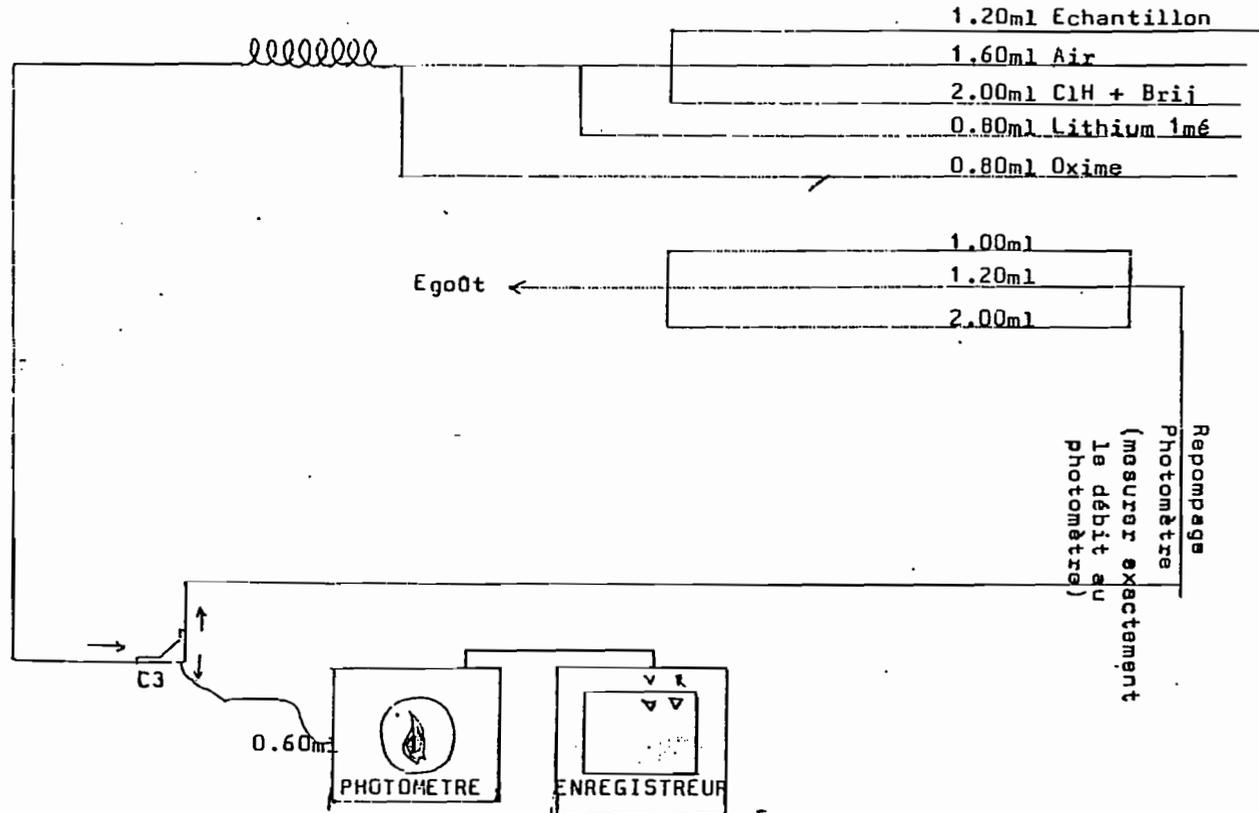
23.10.66 C. 1954

MANIFOLD = Mg^{++}



STANDARDS Ca⁺⁺ = 10 à 500 μ /ml

MANIFOLD : Ca⁺⁺



ECHANTILLON DIALYSE

Filtre Ca - Li
Longueur d'onde = 622 - 670 nm

46

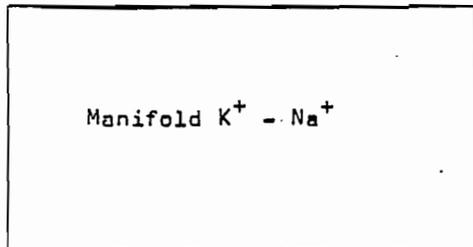


Fig. 7

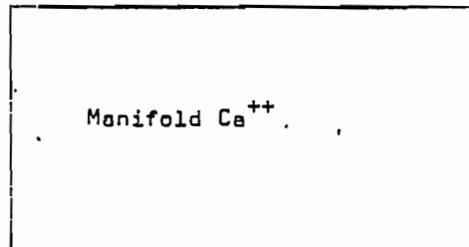


Fig. 8

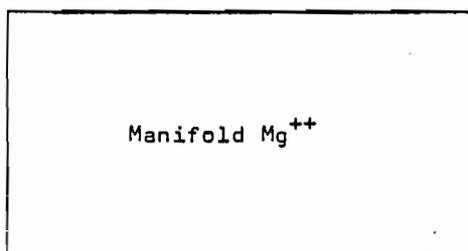


Fig. 9

Le dosage de K-Na par photométrie d'émission est classique. On opère à 30 Echantillons à l'heure (1 minute pompage, 1 minute rinçage).

La dialyse est effectuée en milieu neutre ce qui permet d'utiliser la membrane en moyenne de 2 à 3 mois sans modification significative du coefficient de dialyse.

L'acidification du milieu tamponné a pour effet de donner une meilleure sensibilité.

Le dosage de Ca par photométrie d'émission est effectué à 24 Echantillons à l'heure pour suivre le même rythme que le magnésium (1 minute pompage + 1 minute 30 de rinçage).

La flamme est saturée en oxime (préférée à l'EDTA, EGTA, Glycerol, Lanthane préconisé par certains auteurs) pour atténuer les interférences négatives de P et Al.

Le réglage du débit fourni au photomètre est important avec ce réactif : 0.60ml au lieu de 0.80ml avec de l'eau, pour tenir compte de l'élimination complète de NH₄ dans la flamme et diminuer le dépôt sur le bord supérieur de la chambre miroir d'intégration.

Le dosage de Mg utilise la formation d'une laque entre un colorant polyméthiné et le Magnésium en milieu basique. On ne peut manquer de citer les travaux originaux de ANGER(1960) FLANNERY-STECKEL(1964-65).

.../...

Pour les faibles teneurs, on met en circuit un décalleur d'origine. On a intérêt à ne pas dépasser 150 μ /ml de Mg, car au-dessus de 200 μ /ml, il y a précipitation de $Mg(OH)_2$ et la mesure est impossible.

L'important temps de rinçage est nécessaire pour éviter la contamination entre échantillons, le milieu présentant une viscosité élevée pour maintenir la laque en suspension.

Perspective d'Avenir et CONCLUSIONS

La facilité de mise en oeuvre et d'adaptation de matériel automatique permet d'envisager d'améliorer la précision des analyses en pratiquant systématiquement des dosages de contrôle d'éléments interférant dans les dosages.

Dans le cas de cations échangeables, pour une méthode générale, on peut envisager le schéma suivant :

- Une pesée semi-automatique sur balance proportionnelle à distributeur de volume.
- Un échange accéléré par des Sondes à Ultra-son.
- Une filtration continue automatique.

- Pompage direct et dosage simultané de K, Na, Ca, Mg (cations échangeables) avec affichage des résultats en clair et le dépistage systématique de Al, P, CO_2 .

Al et P ont des effets depressifs sur le dosage de Ca^{++} notamment mais il est aussi intéressant de connaître dans les sols acides si Al^{+++} , qui présente un caractère amphotère, est solubilisé et à quel niveau.

Bien que théoriquement précipité à $pH=7.0$, on en trouve toujours en quantité suffisante pour interférer dans les dosages.

L'interférence du P est limitée par l'utilisation d'oxime.

(Le dosage de Ca et Mg par absorption atomique simplifierait sensiblement l'ensemble du dosage, les interférences étant moindres).

- CO_2 provient en grande partie des carbonates dissous éventuellement présents dans le sol. Dans les sols calcaires, il devient alors possible de déduire le Ca^{+++} correspondant au CO_3Ca dissous et qui ne peut être considéré comme échangeable.

Enfin, le difficile dosage de H^+ dans ce milieu permettrait de connaître la capacité d'échange approchée sans manipulation supplémentaire (lorsqu'Al n'est pas présent dans le sol).

En cas de présence de sels solubles, il serait nécessaire d'effectuer en plus une extraction sur pâte de sol afin de les déduire des chiffres trouvés.

- R E S U M E -

Dans la présente étude, on a envisagé d'une part, les aspects généraux de l'échange des cations dans le sol, la dynamique de l'échange et ses répercussions sur l'analyse, d'autre part, divers moyens d'extractions (percolation sur colonne par gravité ou par Ascensum, action des ultra-sons) et le dosage de K, Na, Ca, Mg.

Dans la méthode actuelle K, Na sont dosés simultanément par photométrie de flamme, puis Ca-Mg par photométrie de flamme et colorimétrie par le Magnésium Blue.

Enfin un essai de mécanisation complète de l'analyse depuis l'extraction jusqu'au dosage final est envisagé.

La facilité d'utilisation du matériel automatique permet de prévoir un dosage de contrôle des principaux éléments extraits du sol avec les cations échangeables et qui interfèrent sur les dosages.

III/- / Epannage d'effluents de distillerie en plein champ /

Caribbean Food Crops Society
XVth Meeting
Suriname, november 13-18, 1978, 13pp.
(version française)

J. GAUTHEYROU
M. GAUTHEYROU

J. F. TURENNE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 98

CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY
XVth Meeting
SURINAME - November 13-18, 1978

EPANDAGE D'EFFLUENTS DE DISTILLERIE
EN PLEIN CHAMP

EFFECT OF SPREADING DISTILLERY WASTE
IN OPEN FIELD

J. et M. GAUTHEYROU, J.F. TURENNE

CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY
XVth Meeting
SURINAME - November 13-18, 1978

EPANDAGE DE RESIDUS DE DISTILLERIE
EN PLEIN CHAMP

J. et M. GAUTHEYROU^x, J.F. TURENNE^{x x}

Une expérimentation d'épandage en plein champ d'effluents de distillerie a été conduite en Martinique et en Guadeloupe, sur des sols lourds argileux et complète les résultats obtenus dans d'autres régions géographiques ; l'épandage à différentes doses d'irrigation, d'effluent neutralisé ou non, conduit à une augmentation du potassium et de l'azote du sol. Dans le cas d'irrigation de courte durée il n'affecte pas les propriétés du sol, mais entraîne des modifications de l'état de la matière organique du sol et en particulier des formes azotées.

EFFECT OF SPREADING DISTILLERY WASTE
IN OPEN FIELD

J. and M. GAUTHEYROU^x, J.F. TURENNE^{x x}

Experiments by spreading distillery waste on heavy clay soils in F.W.I. (Martinique and Guadeloupe), confirm results obtained in other geographic conditions. The spreading of neutralized or not distillery waste at different irrigation levels leads to an increase of potassium and nitrogen in the soil. In this particular case of short time irrigation, physical properties of the soil are not affected, but this irrigation induces changes in soil organic matter, and in nitrogen forms.

* OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER
B.P. 504 - POINTE A PITRE - F.W.I.

* x OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER
B.P. 81 - 97201 FORT DE FRANCE CEDEX - F.W.I.

CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY

XV th Meeting

PARAMARIBO - SURINAME - November 13-18, 1978

EFFET DE L'EPANDAGE DE RESIDUS DE DISTILLERIE
EN PLEIN CHAMP

J. et M. GAUTHEYROU, J.F TURENNE

INTRODUCTION (1) :

Les effluents de l'industrie du rhum et du sucre aux Antilles Françaises représentent un volume non négligeable; leur élimination dans les rivières, ou le rejet direct dans la mer créent une pollution importante, aggravée lors des années de sécheresse par le faible débit des rivières. Les demandes chimiques et biologiques en oxygène de ces résidus sont élevées et la dégradation et la transformation des effluents perturbent le milieu en y prélevant une part importante de l'oxygène dissous. Le pH très bas, la température élevée, la richesse en matière organique, sont source de nuisances.

Depuis de nombreuses années ces effluents font l'objet d'épandage en plein champ dans diverses régions géographiques : c'est le cas en particulier au Brésil où, considérés comme fertilisants, ils font l'objet d'applications rationnelles, fournissant à la plante les éléments nutritifs nécessaires.

Dans le cas particulier du système insulaire de la Martinique et de la Guadeloupe, des essais ont été mis en place afin de contrôler l'effet de l'épandage en plein champ, à différentes doses, de ces effluents. L'étude ne concerne pas seulement l'aspect fertilisation mais tente d'apprécier les modifications éventuelles pouvant survenir dans le domaine organique. Les essais sont brièvement présentés et les résultats concernant la dynamique des éléments majeurs sont commentés.

I - MATERIEL - METHODES :

1-1 - Les sols :

L'expérimentation est menée dans deux situations différentes sous le contrôle des Centres Techniques de la Canne et du Sucre : en Martinique, les

(1) Le travail, a été mené dans le cadre d'une convention d'études avec les Centres Techniques de la Canne et du Sucre de la Martinique et de la Guadeloupe et a reçu le concours financier du Ministère de la Culture et de l'Environnement, service de l'Environnement Industriel, Direction de la Prévention des pollutions et nuisances.

parcelles d'essai correspondent à des sols de bas de pente, intergrades entre des sols ferrallitiques et fersiallitiques. La compacité du sol est importante, avec des teneurs en argile voisine de 60%, mélange de kaolinite et montmorillonite. La capacité d'échange est élevée, (35 à 45 me), les teneurs en bases échangeables atteignent 25 à 35 me, avec un taux de saturation élevé. Le pH est de l'ordre de 5.5, et la différence pH eau - pH KCl de une unité en surface. Dans les parcelles les plus basses, on observe localement des traces d'hydromorphie.

En Guadeloupe, les parcelles d'essai correspondent à des vertisols : ils contiennent 60 à 75% d'argile montmorillonitique, à capacité d'échange également élevée (50 me). Le complexe absorbant est saturé en calcium (le calcaire est présent sous forme de sables) le pH est de 7.5 à 7.8, localement 6.3 en surface, et 8 en profondeur. La différence entre le pH eau et KCl est de une unité ; ces sols sont plus ou moins profonds de 60cm à 1,20m.

Les parcelles sont plantées en canne.

1-2 - Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental est adapté à chaque situation ; le point commun étant le stockage de l'effluent dans un bassin creusé à même le sol. Ceci entraîne la neutralisation rapide de l'effluent (Guadeloupe).

L'épandage est réalisé par aspersion (Guadeloupe) le terrain ne permettant pas un système d'irrigation dans le sillon, et de nuit, sur une parcelle de 8 ha environ. Un essai d'aspersion a été également mis en place en Martinique, mais l'essai principal porte sur 9 parcelles de 100m² irriguées par gravité dans le sillon. L'effluent est donc épandu à 2 variantes, brut, neutralisé, à différentes doses.

1-3 - L'effluent ou vinasse :

La composition des effluents subit des variations, suivant la nature et la conduite des traitements en usine (VASSEUR et al. 1977, ROBERT et al. 1978) : elle est différente (tableau 1a) suivant qu'il s'agit de vinasse de mélasse ou de jus de canne. On note les teneurs élevées en K, en matière organique et en azote ; les effluents contiennent par ailleurs des quantités non négligeables de fer, cuivre, manganèse provenant de la corrosion des installations : ils pourraient être utilisés pour détecter une pollution éventuelle des nappes.

L'effluent épandu après stockage dans la mare est différent de l'effluent usine (tableau 1b). On constate une baisse importante de la demande chimique en oxygène, l'élévation des teneurs en azote NH₄, la baisse des teneurs en azote total, la concentration relative en potassium. VASSEUR et MONTREAU préconisent un passage sur lit bactérien (lagunage) avant stockage et épandage, lorsque la neutralisation naturelle comme en Guadeloupe ne peut être obtenue (tableau 1, Effluent après lagunage aéré).

1-4 - Modes d'application :

L'irrigation est conduite en Martinique de façon à satisfaire les besoins en eau de la canne à sucre, en relation avec le déficit hydrique, et utilise la vinasse à la sortie de la mare de stockage, brute ou neutralisée à pH 7. Les doses correspondent à 12.5mm/15 jours du 07/07/76 au 30/05/76, 25mm/15 jours du 30/05/76

au 30/06/76 et 50mm/15 jours du 30/06/76 au 30/09/76. Au total 3 000m³ ont été épandus/ha et 3 parcelles ont reçu 5 500m³. La neutralisation nécessite 4kg de chaux industrielle par m³ d'effluent à ajouter au moment de l'épandage, le pH redescendant en 2¹/₂ heures en stockage (Fr. MONTREAU in VASSEUR et al. Op. Cit). L'engrais (1 tonne de 12.8.24) a été normalement épandu en une fois.

En Guadeloupe l'irrigation est conduite sur la base d'une fumure en potassium et phosphore nécessaires à la plante (60 à 80kg de P₂O₅, 160 à 180kg de K₂O ou encore 2.5 à 34kg de P et 65 à 73kg de K par hectare. Le mélange est épandu par aspersion, de nuit, avec l'effluent neutralisé naturellement par un séjour en bassin à même la terre, et représente 22mm en 6 mois, soit 220m³/ha.

Les essais se situent donc entre la moyenne des essais dans d'autres régions (200 - 500m³) ou sont supérieurs aux doses que proposent les auteurs brésiliens (1 000m³/ha/an).

1-5 - Prélèvements :

Ils sont effectués à différentes périodes (temps 0, avant épandage, à 3 mois, 6 mois, et en fin de récolte (12 mois). En Guadeloupe les contrôles sont faits à 0, 6, 12 mois. Les résultats représentent pour l'essai Martinique la moyenne de 15 prélèvements. En Guadeloupe la moyenne est de 6 prélèvements, un diagnostic foliaire est effectué à 6 mois.

11 - RESULTATS : (Tableau 2)

Si l'aspersion de jour avec l'effluent non neutralisé, provoque l'apparition de brûlures sur les feuilles, la même opération, de nuit, avec l'effluent neutralisé, n'entraîne aucune brûlure.

11-1 - Propriétés physiques :

Les propriétés physiques des sols retenues sont par ailleurs assez mauvaises, ceci dû à leur texture lourde et la présence de montmorillonite. On n'observe pas de variations significatives du taux d'agrégats stables, après traitement à l'effluent, ce taux demeure constant, on augmente même légèrement, la diminution de la stabilité structurale remarquée en fin de récolte étant moins marquée sur les parcelles ayant reçu l'effluent : les doses élevées d'effluent (5 500m³/ha) n'affectent pas la stabilité sur un cycle cultural d'un an.

Les capacités de rétention en eau restent constantes.

11-2 - Le pH :

Dans le cas des parcelles irriguées, on observe la baisse faible, mais systématique, de la différence pH eau pH KCl, bien que non significative, cette différence pourrait indiquer un effet sel déjà signalé : on note en effet une faible mais apparente augmentation du pH KCl.

11-3 - Le complexe absorbant :

Dans les deux cas étudiés, la capacité d'échange reste constante.

En épandage par irrigation (Martinique) on note une augmentation du potassium en surface (0.35 à 0.45 me) la plus forte augmentation étant notée lorsque l'on épand une double dose de vinasse neutralisée à pH7 (0.44 à 0.89 me). Les terrains irrigués ou non ne montrent pas de variations significatives. Par contre, on observe une augmentation très nette en fin d'épandage dans les horizons sous-jacents (40 - 60cm) et une diminution en fin de récolte, après la saison des pluies: il apparaît que dans le cas de l'irrigation dans le sillon, une grande partie du potassium, et des éléments apportés par l'effluent, est susceptible de migrer en profondeur. (Fig. 1)

En aspersion, après 6 mois, le niveau de potassium échangeable a triplé. Le complexe absorbant étant saturé par le calcium, le magnésium ne subit pas de modification significative. Il n'y a pas de variation en profondeur.

11-4 - Matière organique et phosphore :

Azote :

Dans les deux cas il y a augmentation du taux d'azote total : la diminution du rapport C/N sur les parcelles irriguées par l'effluent (11.5 à 10.5) peut être dû en grande partie à cette augmentation. ROBERT et GAUTHEYROU (1978) notent pourtant que le bilan par diagnostic foliaire décèle une utilisation incomplète de l'azote (indice bas). L'analyse des formes de l'azote permet de faire apparaître dans les parcelles irriguées une augmentation très nette de l'azote aminé hydrosoluble : ceci est particulièrement net dans la parcelle recevant l'effluent brut. La part d'azote aminé dans l'azote total passe de 11.2, 11.4% dans le terrain à 17.8, 19.1, 16.7, dans les parcelles irriguées. (Fig. 2)

L'épandage de l'effluent contribue à la transformation des produits azotés en formes aminées.

Carbone :

Le carbone organique reste stable ou augmente légèrement dans le cas de l'aspersion.

On relève en irrigation par gravité une augmentation générale des taux d'extraction d'acides fulviques et humiques, liée à l'humidité élevée entretenue par l'irrigation et la saison des pluies : le taux d'extraction le plus élevé est noté pour les parcelles recevant double dose de vinasse neutralisée à pH 7 ; ce sont également les parcelles dans lesquelles on note le taux le plus élevé d'acides fulviques dans la partie extraite (78% de la fraction humique). En irrigation par aspersion, la part des acides fulviques dans la matière organique totale ne varie pas. L'analyse des densités optiques des extraits alcalins (matières humiques totales) et la comparaison des rapports d'extinction à 400, 500, 600nm (EQ 400/500 EQ 500/600) (SALFELD J. Chr, H. SOCHTIG, 1974) montre qu'il existe plusieurs familles de produits, et met en évidence une décondensation des substances humiques dans l'ordre de décondensation croissante (Fig. 3) : parcelles soumises à l'irrigation par l'effluent à pH 7, parcelles soumises à irrigation par l'effluent à pH 3.5 ; la diminution de la condensation est la plus élevée avec l'effluent à pH 3.5. L'humidité maintenue toute l'année contribue à cette décondensation et à l'élévation du taux d'acides fulviques. La persistance d'un taux élevé d'acides fulviques est susceptible à la longue d'entraîner une altération de la stabilité structurale et une migration profonde des éléments complexés.

Phosphore :

(ROBERT et al. Op. Cit) On note une augmentation du P_2O_5 total dans le sol permettant de dépasser largement le seuil de réponse nécessaire à la canne à sucre dans ces sols. (Avant épandage Témoin 73.3mg/100g, 80.26mg/g, à 12 mois Témoin 70.29, parcelle irriguée 118.4).

III - DISCUSSION :

Les contrôles effectués en période de récolte montrent, dans les parcelles irriguées une augmentation du tonnage récolté 20T de cannes/ha (Guadeloupe, cannes irriguées 96T/ha, Témoin 76T/ha) sans que la richesse en sucre soit affectée. Le diagnostic foliaire, effectué à 6 mois, en parcelles irriguées donne les résultats suivants :

	N	P	K
Canne (moyenne)	1.879	0.225	1.411
Normes C.T.C.S.	1.9-2.1	0.18-0.20	1.12-1.22

Les normes adoptées pour des cannes bien alimentées, en essais variétaux, sont dépassées par le phosphore et le potassium, provoquant des consommations de luxe. L'excès de potassium n'affecte pas les fermentations en distillerie, mais peut se montrer gênant en sucrerie.

Pour l'azote la teneur minimale n'a pas été atteinte et cette dynamique doit être suivie dans le cas d'irrigations répétées.

L'apport important de potassium et de phosphore est donc bien mis en évidence, ainsi que la nécessité d'un complément azoté à court terme, ce complément pouvant être compensé par une augmentation de l'azote sous forme de composés aminés biodégradables. L'analyse des variations qualitatives de la matière organique fait toutefois apparaître des modifications : ces modifications sont un indice utile des possibilités de changement défavorable du système sol dans le cas d'épandage prolongé. La décondensation des substances humiques peut en effet agir sur la stabilité structurale et sur la complexation des éléments nutritifs.

L'utilisation agricole des effluents de l'industrie rhumière et sucrière (NADIR A. GLORIA 1975) présente donc une solution à l'élimination de cet effluent. Les deux essais réalisés en Guadeloupe et en Martinique montrent les limites de deux possibilités d'utilisation, (a) satisfaction des besoins en fertilisants (b) satisfaction des besoins en eau.

Si l'on souhaite éliminer de grosses quantités (il faut compter 24 litres d'effluent pour la fabrication d'un litre d'alcool) sur de petites surfaces, il faut élever les doses d'irrigation. Les doses utilisées ici (220m³) (3 000m³) (5 500m³) n'affectent pas les propriétés physiques du sol sur un court cycle de culture. L'irrigation par gravité, si la topographie s'y prête, limite les installations, mais les fortes doses sont susceptibles d'entraîner un lessivage profond. L'attention doit être portée sur les effets à moyen et long terme dans le sol (accumulation, effet du potassium sur le complexe organo-minéral, niveau azoté, et éventuellement dans la plante (qualité). Le rythme d'irrigation doit être étudié de manière à ménager une alternance de période sèche et humide, afin d'éviter les effets défavorables sur la structure d'une humidité prolongée.

REFERENCES :

- NADIR A. DA GLORIA, 1975. Utilizacao agricola da vinhaça. Brasil Açucareiro, nº 5 pp. 397-403.
- PLANAL SUCAR, Rapport annuel 1976. Programa nacional de melhoramento da cana de açúcar.
- ROBERT G., CHOFARDET D., GAUTHEYROU J et M, 1978. Étude d'épandage à la Distillerie DAMOISEAU BELLEVUE - Grande-terre (Guadeloupe) Année 1977. ORSTOM Antilles. 31 p. multigr. annexes.
- SALFED J./Chr., H. SOCHTIG, 1974. Proposals for the characterization of soil organic matter as an approach to understand its dynamic. FAO. ROME.
- VASSEUR J.G, MONTREAU F.R, 1977. Les effluents des industries sucrières et rhumières aux Antilles. Centre Technique de la canne et du sucre, Martinique. 30 p. annexes, multigr.

Tableau 1 : COMPOSITION DES EFFLUENTS

		Suspension mg/l	DCO	DBO5	pH	N mg/l	P mg/l	- K g/l	Ca g/l	Extrait sec g/l
<u>MARTINIQUE</u>										
EFFLUENTS DE MELASSE	1a	2 200	50 000	26 000	3.2	227	13.9	3.8	1.5	53
EFFLUENTS DE JUS DE CANNE	1a	5 700	18 000	8 000	3.5	100	22.5	1.2	0.2	11
MELANGE EPANDU	1b	1 700	13 500	8 200	3.4	371	137	1.42	-	6.63
EFFLUENT APRES LAGUNAGE AERE			200		8.7	23	217	3.81		
<u>GUADELOUPE</u>										
EFFLUENTS DE MELASSE	1a		45 000		3.27	315				36
EFFLUENTS DE JUS DE CANNE	1a		14 000		3.22	164	67	0.438	0.2	13.9
MELANGE EPANDU (MARE)	1b		992	288	7.1	66	36	0.598	0.364	6

Source : Centres Techniques de la Canne et du Sucre Martinique et Guadeloupe.

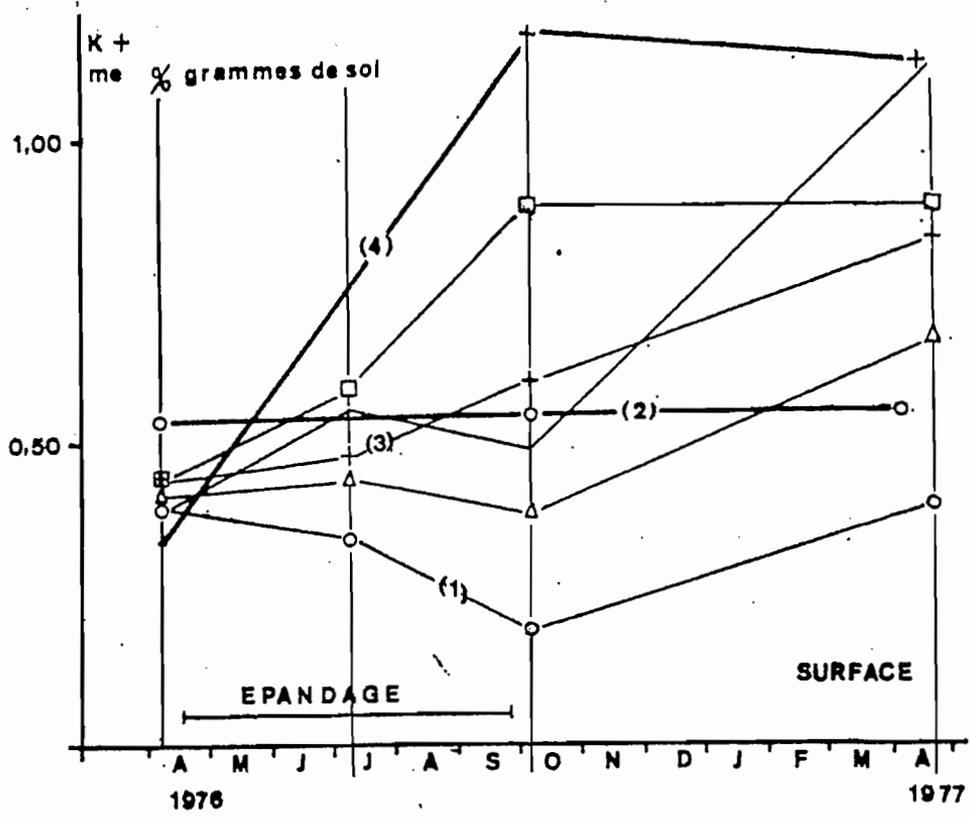
Tableau 2 : RESULTATS AGRONOMIQUES

pH eau	pH Kcl	C ‰	N ‰	C/N	AF C‰	AH C‰	AF MHT	K ⁺ me%g	CE me%g	SAT %	NαA N‰	Ag %
<u>IRRIGATION PAR GRAVITE</u>												
<u>FLUENT BRUT</u>												
6.0	4.9	21.93	1.90	11.5	6.65	2.47	72.9	0.39	33.8	77.1	.182	38.73
5.7	4.9	19.77	1.91	10.3	5.93	2.29	72.1	0.56	35.0	79.6	.280	38.51
5.9	5.0	21.01	1.93	10.8	6.38	2.33	73.2	0.49	34.2	75.8	.322	40.22
6.2	4.9	19.51	2.18	8.9	5.72	1.87	74.7	1.12			.364	37.80
<u>FLUENT pH 7</u>												
6.1	4.9	21.69	1.84	11.7	6.45	2.19	74.6	0.44	32.3	77.7	.224	40.87
5.7	4.9	18.96	1.81	10.5	5.90	1.92	75.4	0.48	33.0	73.0	.182	40.67
5.9	5.1	21.44	2.10	10.2	6.45	2.53	71.2	0.60	34.6	79.0	.280	40.51
6.1	4.9	19.87	2.05	9.7	6.07	1.98	75.4	0.83			.392	36.88
<u>FLUENT pH x 2</u>												
6.2	5.0	21.62	1.94	11.1	6.51	2.53	71.0	0.44	32.6	87.0	.252	40.30
6.0	5.0	21.55	1.98	10.9	6.34	2.23	74.0	0.58	35.5	78.0	.182	42.30
6.0	5.2	20.81	1.94	10.7	54.5	2.19	74.6	0.89	35.6	74.6	.224	42.63
6.1	4.8	18.65	2.04	9.2	6.04	1.71	73.0	0.77			.364	37.11
<u>U</u>												
5.9	5.0	18.07	1.71	10.5	3.33	1.65	67.7	0.42	30.0	79.4	.294	35.76
5.8	4.9	18.15	1.70	10.7	3.87	1.59	70.9	0.44	30.0	80.2		33.73
5.8	5.1	19.37	1.75	11.1	4.02	1.50	73.0	0.37	31.5	80.2	.252	33.22
5.8	4.6	18.79	2.17	8.7	5.71	1.77	75.5	0.70			.252	31.4
<u>MOIN</u>												
5.6	4.7	22.25	1.96	11.3	3.78	1.62	68.5	0.39	34.0	71.7	.224	39.76
5.9	4.7	20.23	1.85	11.0	4.38	1.56	72.7	0.34	33.5	77.6	.210	39.55
5.6	4.8	20.23	1.75	11.5	3.81	1.89	66.8	0.18	34.0	70.0	.196	36.12
5.9	4.5	21.09	2.20	9.6	6.37	2.43	72.4	0.42			.252	38.7
<u>IRRIGATION PAR ASPERSION</u>												
<u>LUENT pH 7</u>												
7.8	6.9	21.3	2.30	9.3	3.2	5.7	35.0	0.35	50.6	Sat		47.1
7.6	6.9	24.0	2.70	8.8	4.0	4.0	45.5	1.18	49.7	Sat		44.1
7.6	6.9	23.4	2.60	9.0				1.13	51.3	Sat		
<u>MOIN</u>												
8.0	7.2	23.4	2.50	9.3	3.5	6.0	36.8	0.54	45.2	Sat		37.2
8.0	7.2	21.7	2.40	9.0	4.2	5.9	42.0	0.55	47.1	Sat		41.2
7.9	7.1							0.57	47.6	Sat		

- Avant épandage 07/04/76
 - Après épandage 09/07/76
 - Après épandage 10/10/76
 - En fin de récolte 28/04/77

a - avant épandage
 b - à 6 mois
 c - à 12 mois

AF - Acides fulviques
 AH - Acides humiques
 NαA - Azote αaminé
 Ag - Agrégats stables



- — Témoin (1) Irrigation par gravité (2) irrigation par aspersion
- + — Effluent pH 7 (3) irrigation par gravité (4) irrigation par aspersion
- — Effluent pH 7 double dose. Irrigation par gravité.
- Effluent pH 3.5 " "
- △ — Eau

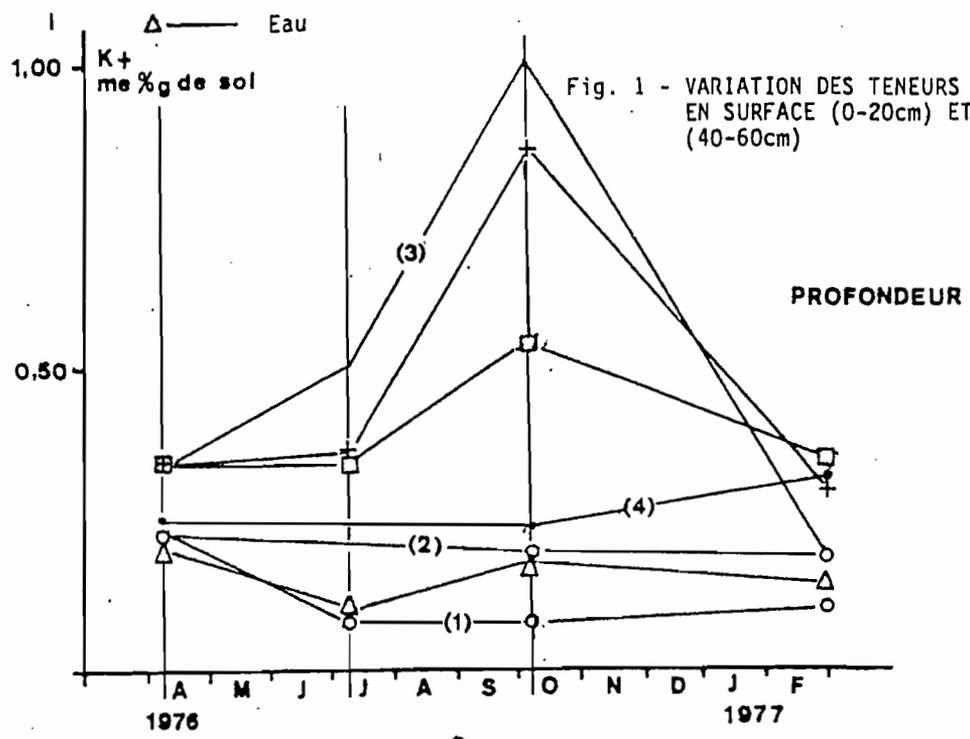


Fig. 1 - VARIATION DES TENEURS EN POTASSIUM EN SURFACE (0-20cm) ET PROFONDEUR (40-60cm)

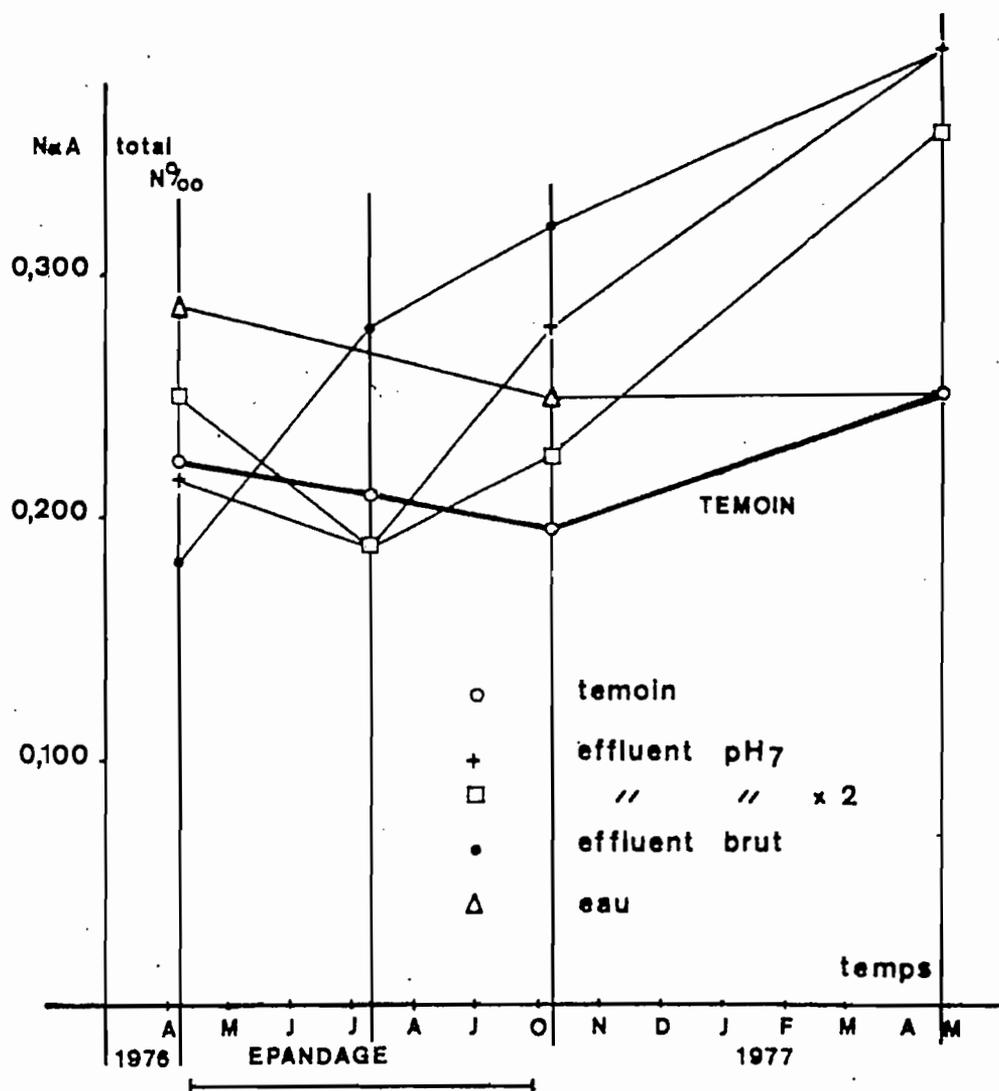


Fig. 2 - EVOLUTION DU TAUX D'AZOTE x AMINE

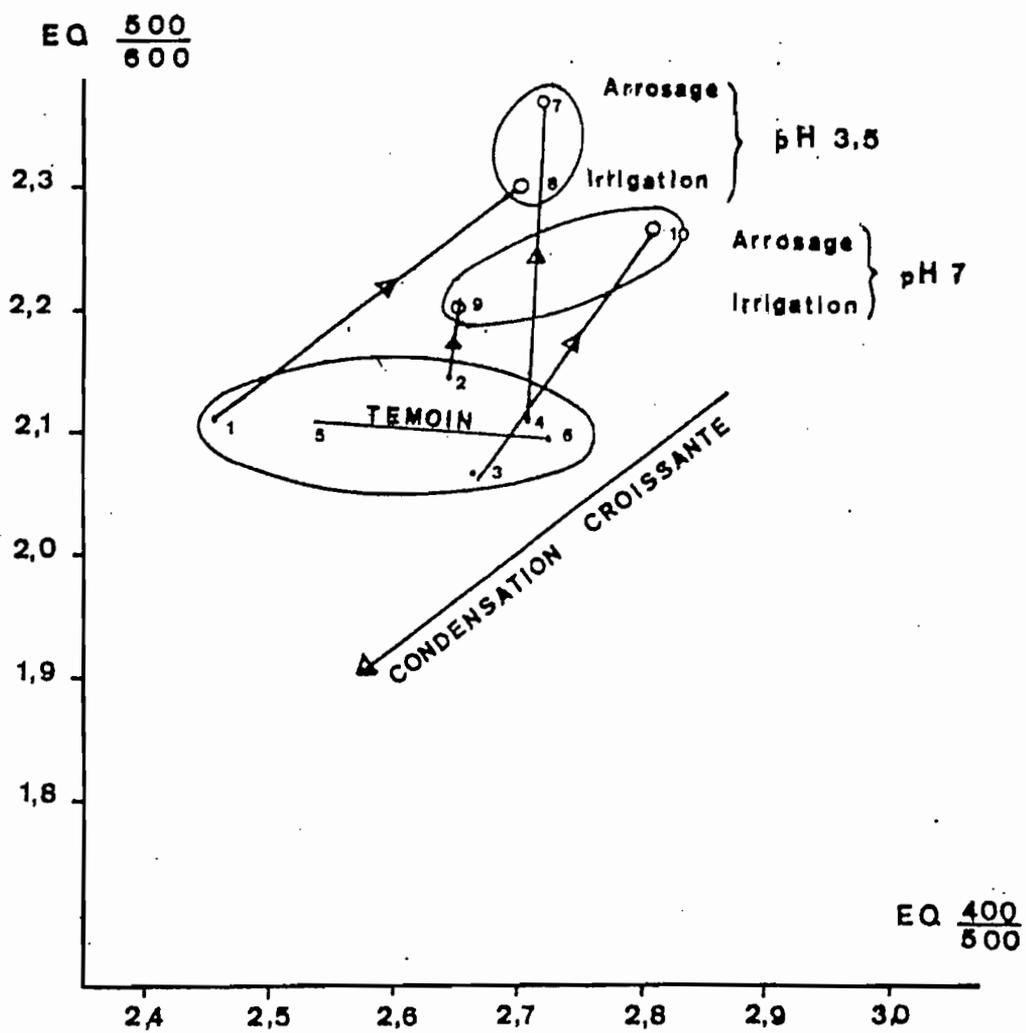


Fig. 3 - CARACTERISTIQUES OPTIQUES DES EXTRAITS HUMIQUES.

IV/- / Effect of spreading distillery waste in open field /

Caribbean Food Crops Society
XVth Meeting
PARAMARIBO (Suriname), november 13-18, 1978, 8 pp.

J. GAUTHEYROU
M. GAUTHEYROU

J.F. TURENNE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 98

CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY
XVth Meeting
PARAMARIBO - SURINAME - November 13-18, 1978

EFFECT OF SPREADING DISTILLERY WASTE
IN OPEN FIELD

J. and M. GAUTHEYROU, J.F. TURENNE

INTRODUCTION (1):

A substantial amount of effluent is obtained from the rum and sugar factories in the French West Indies. Their discharge in river or the sea lead to significant pollution which becomes worse during dry years, due to the low flow of the rivers. Chemical and biological oxygen requirement of the distillery wastes are high and their degradation and their transformation upset the environment by removing an important part of dissolved oxygen. The low pH, high temperature, and high organic matter content are sources of nuisances.

For many years these effluents have been spread in the field in various geographical regions: particularly in Brasil, they are rationally applied as fertilizers providing to the plant useful nutrients.

In particular case of insular ecosystems as Martinique and Guadeloupe, experiments has been conducted to control the effect of field application of distillery wastes at different doses. This study does not consider only the fertilisation aspect of waste application but aims at evaluating eventual modifications that may take place at the organic level. The experiments are here briefly presented and the results about the dynamics of major elements are discussed.

- (1) Work done in contract with Centre Techniques de la Canne et de Sucre de Martinique et Guadeloupe, with financial participation of Ministère de la Culture et de l'Environnement, service de l'environnement industriel.

1. MATERIAL AND METHODS:

1-1 Soils :

The experiment, was carried out by the Technical Centre for Sugar-Cane in two different environments.

In Martinique, the experimental plots were established on intergrade ferrallitic/fersialitic soils, down slope; soil compaction is important, with a clay content of about 60%, mixture of kaolinite and montmorillonite. Cation exchange capacity is high (35-45 me) and exchangeable cations content is 25 to 35 me., with a high saturation level. In the low lying plots some hydromorphy was observed.

In Guadeloupe, the experimental plots were established on vertisols: the clay content is about 60-75% mainly montmorillonite with a Cation exchange capacity also high (50 me). The absorption complex is saturated with Calcium (presence of calcareous sands), the pH is of about 7.5, 7.8, locally 6.3 in surface 8 in deep horizons. The difference between water pH and KCl pH is 1 unit. These soils are more or less deep, 60 to 120 cm.

All the plots are planted with sugar-cane.

1-2. Experimental design

The experimental design is adapted to each situation: the common disposition being the storage of the distillery waste in a pound, digged in the soil. This induces the rapid neutralization of the effluent in Guadeloupe.

The spreading is realized by sprinkler (Guadeloupe), the topography not permitting an irrigation system by running water, and during the night, on a plot of about 8 ha.

The principal experiment in Martinique is done on 9 plots of 100 m² with irrigation by flooding in the furrow.

The distillery waste is spread with 2 variables crude or neutralized, at different levels.

1-3- The distillery waste (vinasse)

The composition of the distillery waste is variable, following the nature and the management of treatments in the factory (VASSEUR and al. 1977, ROBERT and al. 1978): the quality is different according to the origin, from melasse or from cane juice.

One notices the high content in K, in N, and in organic matter. The distillery wastes have also an appreciable content in iron, copper, manganese, coming from the corrosion of pipes: these elements could be used as marks for evidence of water sheet pollution.

The mixture which is spread after storage in the ground is somewhat different from the factory waste: (table 1b). There is an important lowering of chemical requirement in oxygen, an increase in N-NH₄ content, a decrease in total N, a relative concentration in K. VASSEUR and MONTREAU advise a passing through a "lit bacterien" (lagunage) (aeration on column), before storage and spreading, when natural neutralization as in Guadeloupe cannot be obtained (table 1, Effluent after aeration).

1-4- Application modes

The irrigation in Martinique is managed in order to satisfy the water requirement of the sugar-cane in correlation to hydric deficit and with the distillery waste coming out of the pond, crude (pH 3,5) or neutralised (pH 7). The doses were 12,5 mm each 15 days from 7-4-76 to 30-5-76, 25 mm each 15 days from 30-05-76 to 30-06-76 and 50 mm/15 days from 30-06-76 to 30-09-76. 3000 cubic meters were spread at all, and 3 plots received double dose (5500 m³).

Neutralization required 4 kg of lime/m³ of effluent, and must be added just before spreading, the pH going back to 3,5, if stored 24 hours after neutralization (F. MONTREAU, in VASSEUR, op. cit.). The fertilizer (1 ton of 12-8-24) was normally added.

In Guadeloupe, irrigation tends to supply the fertilizer necessary to the plant (P_2O_5 , 60 to 80 kg; K_2O 160 to 180 kg or 25 to 34 kg of P, 65-73 kg of K for 1 hectare.

The mixture is spread by sprinkler, during the night, with the naturally neutralized effluent during its storage in a pond digged in the soil. It represents 22 mm during 6 months (220 cubic meters/ha).

The experiments then are situated between the mean of experiments in other regions (200 to 500 cubic meters) or are superior in quantity to the doses proposed by brasilian authors (1000 m^3 /ha/year).

1-5- Sampling

Sampling is done at different periods

(1) 0 time, before spreading, (2) 3 months, (3) 6 months, and (4) at the end of harvesting (12 months). In Guadeloupe, sampling is effectuated at (a) 0, (b) 6, (c) 12 months. (table 2)

Results represent a mean of 15 samples in Martinique, 6 samples in Guadeloupe. In this island, a foliar analyses is done at 6 months.

II- RESULTS (table 2)

If the irrigation by sprinkler, during the day, with non neutralized effluent induces burns on the leaves, the same operation, during the night, with neutralized effluents, does not induce any damage

II-1- Physical properties

Due to their heavy texture, and presence of montmorillonite, the physical properties of the soils in experiment are naturally bad. No significant variation in stable aggregates ratio is observed after treatment with the effluent: this ratio remain constant or increase slightly, in the first time of spreading. The decrease of stability noticed at the end of harvesting is less pronounced at the end of harvesting is less pronounced on the plots with effluent: the high level in effluent quantity (5500 m^3 /ha/year), does not affect the stability, in respect to a cultivation cycle of one year. The water potential capacity for the soil is ...

II-2- the pH

In plots irrigated by the effluent, one can notices the light but systematic decrease, in the difference water pH, KCl pH. Although non significant, this difference would indicate a salt effect already mentioned: there is a slight but apparent, increase of KCl pH.

II-3- Absorbing complex

The Cation exchange capacity remains constant in both cases. During the irrigation by flooding (Martinique), one can observe the increasing of Potassium in surface horizon (0,35 to 0,45 me) the higher increase corresponding to the plot with double dose of neutralized effluent at pH 7 (0,44 to 0,89 me) (fig. 1). The control plots irrigated by water, or not, do not show any significant differences.

On the contrary, there is a clear increase at the end of spreading in the sub-surface horizons (40-60 cm) and a lowering at the end of harvest, after rainy season: it appears that in irrigation by flooding in the furrow, a great part of Potassium, and of elements supplied by the effluent, is susceptible to migrate deeply.

After irrigation by sprinkler (Guadeloupe), at low doses, the level of exchangeable K is multiplied by 3. Magnesium does not show any variation in a complex saturated by Calcium. There are no variation deeply.

II-4- Organic matter and phosphorus

Nitrogen:

In the two experiments, there is an increase of total nitrogen. The lowering of C/N ratio in the effluent irrigated plots (11.5 towards 10.5) can be due, for a great part, to this increase. However, ROBERT and GAUTHIEROU (1978) point out that the balance determined by foliar analysis reveals a non complete utilization of nitrogen (low foliar diagnostic index).

The analysis of nitrogen forms shows a clear increase of hydrolysable aminated forms in the effluent irrigated plots. This is of a particular evidence in the plot receiving crude effluent. The aminated N/total N ratio is changing from 11.2, 11.4% in the control to 17.8, 19.1, 16.7% in treated plots. (fig. 2). The spreading of the effluent contributes to a transformation of nitrogen products in aminated forms.

Carbon

The organic carbon remains constant or slightly increase in sprinkler irrigation.

In the case of irrigation by flooding, there is a general increase of extraction rate for fulvic and humic acids, increase correlated to the high level of humidity maintained by the irrigation followed by the rainy season: the extraction rate is the higher for plots receiving double dose of neutralized effluent (pH 7); in these plots too, ones notices the higher ratio of fulvic acids in extracted fraction (78%).

During sprinkler irrigation, the fulvic acid ratio in total organic matter does not vary.

The optical density analysis of the humic extracts (alcalin extract), and the comparison of extinction ratio at 400, 500, 600 nm (EQ 400/500 EQ 500/600, SALFELD J. Chr., H. SOCHTIG, 1974), emphasizes the existence of two families of products, and reveals a lowering of the condensation of humic substances, in the following order (fig. 3): irrigated plots by pH 7 effluent, irrigated plots by pH 3,5 effluent. The decrease of condensation is the higher with pH 3,5 effluent.

The persistent humidity all during the year participate to the increase of fulvic acid, and lowering of humic fractor condensation. The persistence of a high level of fulvic acids in the soil is susceptible in the long run to alterate the structural stability and to induce a leaching in the depth of complexed elements. The better use of the effluent seems to be in a neutralized form, at fertilizer doses, spread by sprinkler.

Phosphorus (ROBERT and al.)

There is an increase of total P_2O_5 in the soil, exceeding the response level necessary for the sugar-cane in these soils (before spreading control: 73,3 mg/100 g, 80,3 mg/100 g after spreading, at 12 months control 70,3, irrigated plots 118,4).

III - DISCUSSION :

The observations done at harvest show in the irrigated plots a higher yield with an increase of 20T/ha (effluent irrigated plots 96T/ha, control 76T/ha), without a lowering in sugar content. The foliar analysis, at 6 months, in irrigated plots, give the following results:

	N	P	K
Sugar-cane (mean)	1,879	0,225	1,411
Standard (Technical Centers)	1,9-2,1	0,18-0,20	1,12-1,22

The standard adopted for well balanced nutrient status is exceeded, considering phosphorus and Potassium, inducing extra consumption.

The excess of Potassium does not affect fermentation in distillery but may be an inconvenient for sugar production.

Nitrogen content does not reach the minimum standard, and this has to be followed in case of repeated irrigation.

The important contribution in K and P is emphasized, as well as the need of a nitrogen complementation within a short time. This complementation can be balanced through an increase of nitrogen in biodegradable aminated forms.

The analysis of qualitative variations of organic matter shows however some modifications: they are useful index of possible unfavourable changes in soil system in case of repeated spreading, particularly with crude effluent; the lowering of condensation of humic substances can in fact act on structural stability and elements complexation.

The agricultural utilization of distillery waste from distillery or sugar factory (NADIR A. DA GLORIA 1975) is effectively a solution for the elimination of this effluent.

The two experiments realised in Martinique and Guadeloupe show the limitation of utilisation with 2 purposes: (a) satisfaction of fertilizer need (b) satisfaction in water need.

If elimination of large quantities is requested, (24 litres of effluent corresponding to 1 litre of alcohol) on small areas, irrigation level has to be increased. The levels here used (220 m³/ha, 3000 m³/ha, 5500 m³/ha) does not affect the physical properties of the soil, during a short cultivation cycle.

If topography permits irrigation by flooding in the furrow, the installations are limited, but high level of effluent may induce a deep leaching, a great part of Potassium being lost.

Attention has to be paid to medium or long term effects in the soil, (accumulation, Potassium effect on the organo-mineral complex, Nitrogen level) and may be in the plant quality itself. Irrigation rythm has to be studied in order to preserve an alternance of dry and humid periods such as to prevent unfavourable effect of persistant humidity on soil stability.

V/- / Etude d'épandage à la distillerie DAMOISEAU /
BELLEVUE-Grande-Terre
/ (Guadeloupe) /

ORSTOM-Antilles, 1978, 36 pp., et DDA Environnement

J. GAUTHEYROU
M. GAUTHEYROU

D. CHOFFARDET
G. ROBERT

Publication ORSTOM-Antilles n° P 100

ETUDE D'EPANDAGE A LA DISTILLERIE DAMOISEAU
BELLEVUE-GRANDE-TERRE (GUADELOUPE)
ANNÉE 1977

G. ROBERT
D. CHOFARDET
C.T.C.S.

J. GAUTHEYROU
M. GAUTHEYROU
O.R.S.T.O.M.

Le 31 janvier 1978

S O M M A I R E

<u>INTRODUCTION</u> -	pages 1
I/- DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET PROTOCOLE D'ESSAI -	1
I-1 - Installation d'irrigation -	2
I-2 - Le sol et le milieu	4
I-3 - Les effluents -	6
I-31 - l'eau du puits	
I-32 - les vinasses des 2 colonnes	
I-33 - le mélange épandu	
I-4 - La plante -	6
II/- DONNEES ANALYTIQUES - DISCUSSION -	7
II-1 - Les effluents -	7
II-11 - l'eau du puits	8
- au niveau de la plante	
- au niveau du sol	
II-12 - les vinasses	11
II-13 - le mélange épandu	13
II-13(1) - le canal	
II-13(2) - la mare de stockage - lagunage	
- la température	
- la neutralisation	14
II-13(3) - le mélange épandu	14
II-2 - Le sol -	22
II-21 - minéralogie	22
II-22 - caractéristiques physiques	22
II-22(1) - stabilité structurale	22
II-22(2) - caractéristiques hydriques	25
II-22(3) - densité apparente	26
II-23 - caractéristiques chimiques	26
II-23(1) - complexe absorbant	26
II-23(2) - éléments totaux	27
II-3 - La plante - Comportement de la Canne à Sucre -	27
II-31 - l'analyse foliaire	27
II-32 - Récolte	29
II-4 - Divers	30
III/- CONCLUSIONS	30

ETUDE D'EPANDAGE A LA DISTILLERIE DAMOISEAU
BELLEVUE-GRANDE-TERRE (GUADELOUPE)
ANNÉE 1977

INTRODUCTION - Cette étude a été élaborée en 1976 dans le but de trouver une solution concrète au problème des effluents de la distillerie BELLEVUE déversés dans la ravine qui aboutit dans la baie du MOULE (plage du "nord-ouest").

Il était nécessaire à court terme:

- de protéger l'environnement en supprimant, d'une part la pollution de l'eau de la baie (plage publique et hôtel Copatel), d'autre part de préserver la mangrove adjacente, aménagée par l'O.N.F., milieu peu profond, très cloisonné, particulièrement sensible aux apports extérieurs, les rejets massifs de matières organiques déséquilibrant le milieu et engendrant des boues anoxiques.
- d'étudier la dégradation des effluents et d'en rentabiliser l'élimination sous culture de canne à sucre (modélisation éventuelle).

Il a donc fallu aborder le problème sous différents aspects pratiques:

- 1)- environnement et pollution, biodégradation des effluents, pollution de surface de nappe ou aérienne.
Il ne s'agit pas, en effet, d'opérer un transfert de pollution, mais de la résorber.
- 2)- pédologie et biologie du sol, inventaire pédo-agronomique, devenir de la matière organique dans les sols, évolution des sols, géochimie, risques d'hydromorphie, etc ...
- 3)- comportement de la canne à sucre et fertilisation.
- 4)- irrigation et déficit hydrique (l'eau étant un facteur limitant en Grande-Terre).

I/- DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET PROTOCOLE D'ESSAI

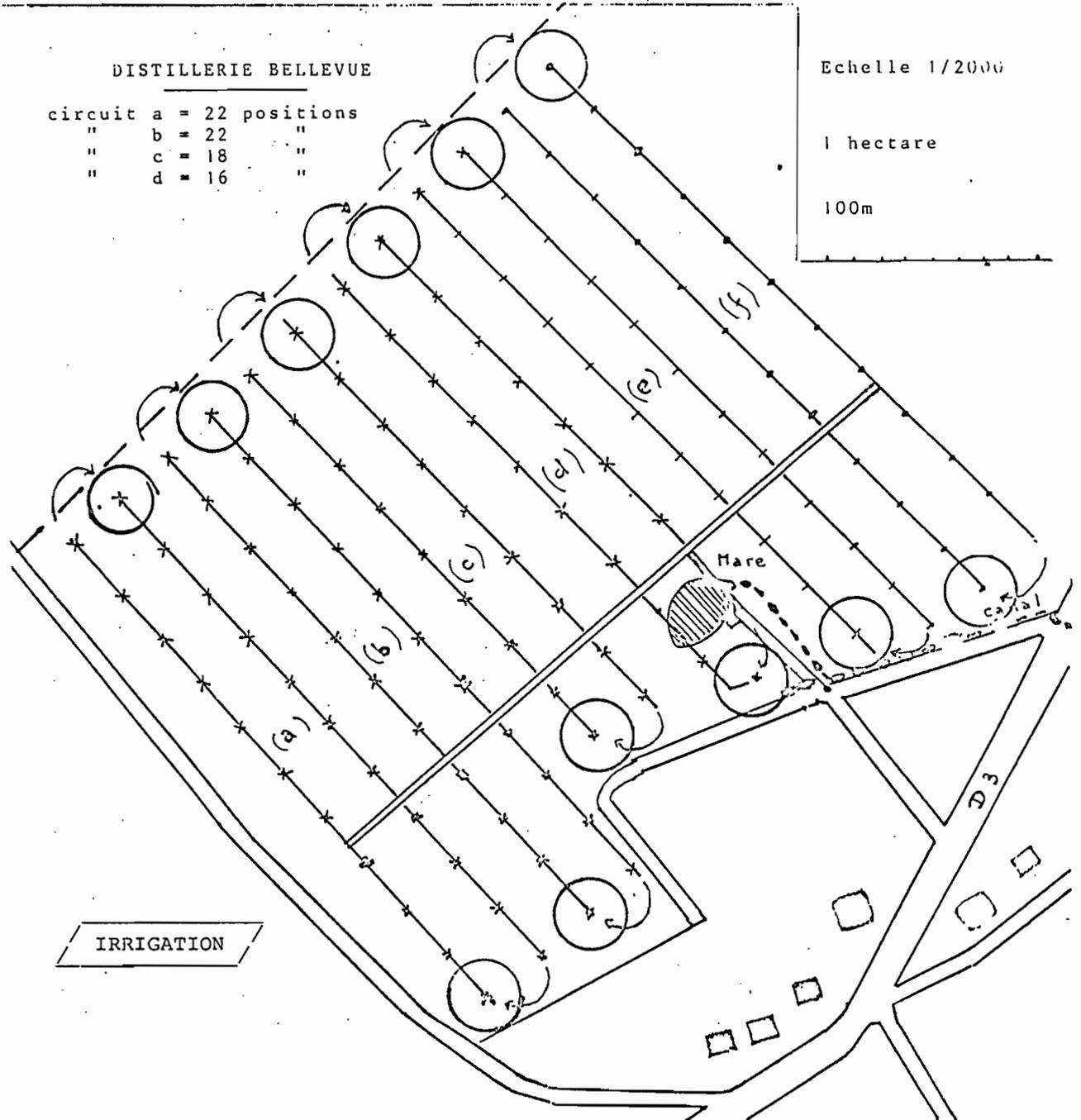
Le principe adopté est d'utiliser le pouvoir épurateur du sol et d'en mesurer les limites.

La pollution n'est, en effet, que le résultat d'une autoépuration insuffisante avec, pour corollaire, un apport excessif de matériaux biodégradables ou non.

Le programme de recherche a tenu compte des impératifs concrets et a été limité à des contrôles liés aux conditions industrielles de l'essai et à l'impossibilité de mesurer, avec une grande précision, ou à un coût acceptable, certains paramètres comme la dilution et la quantité de liquide épandu au m².

.../...

I/-1 - UNE INSTALLATION D'IRRIGATION par aspersion a été mise en place début 1977 pour assurer l'épandage des effluents, après neutralisation naturelle et pré-biodégradation de 4 jours environ, le profil du terrain ne permettant pas une irrigation par submersion. L'épandage se fait de nuit pour éviter au maximum les risques de brûlure. L'essai irrigué couvre une surface de 8 hectares environ. Le reste du champ sert de témoin non irrigué.



RESUME DES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- Diamètre de la buse de l'asperseur	6.5mm
- Pression de service à la buse	3kg/cm ²
- Portée du jet de l'asperseur (vent nul)	19m
- Disposition des asperseurs	24m x 24m
- Surface utile couverte par position/asperseur	576m ²
- Nombre de positions	124
- Surface totale de l'installation	71.424m ²
- Débit par asperseur	2.76m ³ /h
- Nombre d'asperseurs	12
- Débit de l'installation	33.12m ³ /h
- Pluviométrie horaire	4.8mm
- Durée de l'irrigation par position	7h30mn
- Pluviométrie apportée par position	36mm
- Nombre de positions par jour	1 (la nuit)
- Intervalle entre 2 passages d'irrigation (1)	10 à 15 jours
- Nombre de passages par mois (1)	2 à 3
- Pluviométrie mensuelle (1)	72 à 108mm
- Composition du mélange épandu: prévu - 1/5 vinasses, 4/5 eau retenu - 2/3 " , 1/3 eau	
- Caractéristiques de la pompe	34m ³ /h - 6kg/m ²

(1) - Variation en fonction du "circuit".

Les effluents s'écoulent par gravité dans un canal creusé dans le calcaire jusqu'à la mare de stockage, située à 150m environ, d'une capacité de 1000m³ environ, soit 4 à 8 jours de fonctionnement de la distillerie suivant le coefficient de dilution.

La station de pompage est installée au bord de la mare.
La pompe électrique a une capacité de 40m³/heure.

L'épandage est réalisé de nuit de préférence par des aspersionnaires circulaires dont le débit est de 2.75 m³/heure à 3kg, ce qui permet une pluviométrie de 4.8 mm/heure environ, avec un quadrillage de 24 x 24m.

Chaque asperseur monté sur un traineau est déplacé manuellement chaque jour le long d'une ligne de tuyaux équipés d'une prise tous les 24 mètres.

I/2 - LE SOL, ET LE MILIEU -

La distillerie est installée sur la plateau calcaire du Moule, à la limite des calcaires récifaux miocènes et des sables calcaires consolidés quaternaires.

La pluviométrie annuelle moyenne est inférieure à 1000mm, avec un carême généralement marqué de janvier à juin.

Le sol - La prospection pédologique détaillée au 1/2000 a permis de définir 3 zones:

- ZONE A - Profils 1-2-3-4-5-16

Ce sont des sols très argileux dont les niveaux de surface noirs peuvent acquérir une structure friable en période de sécheresse.

Les horizons profonds sont compacts avec une structure massive, continue en périodes humides et fortement fissurée en périodes de sécheresse.

La coloration est brune à jaunâtre.

Il n'y a pas de taches d'hydromorphie.

La capacité d'échange est élevée.

Le pH est égal ou supérieur à 7.0 (*voir analyses temps 0*).

Le complexe est dominé par le calcium.

Ces sols sont des VERTISOLS à faciès profond supérieur à 80cm.

- ZONE B - Profils 6-7-8-9-10

id. ci-dessus, mais faciès moyennement profond, 60cm maximum.

- ZONE C - Profils 11-12-13-14-15

Ce sont des sols vertiques à faciès peu profond, 35cm maximum.

Les niveaux de surface sont noirs avec débris de calcaire et s'émiettent assez finement en périodes sèches.

La structure est massive, continue, en périodes pluvieuses, par suite du gonflement de l'argile.

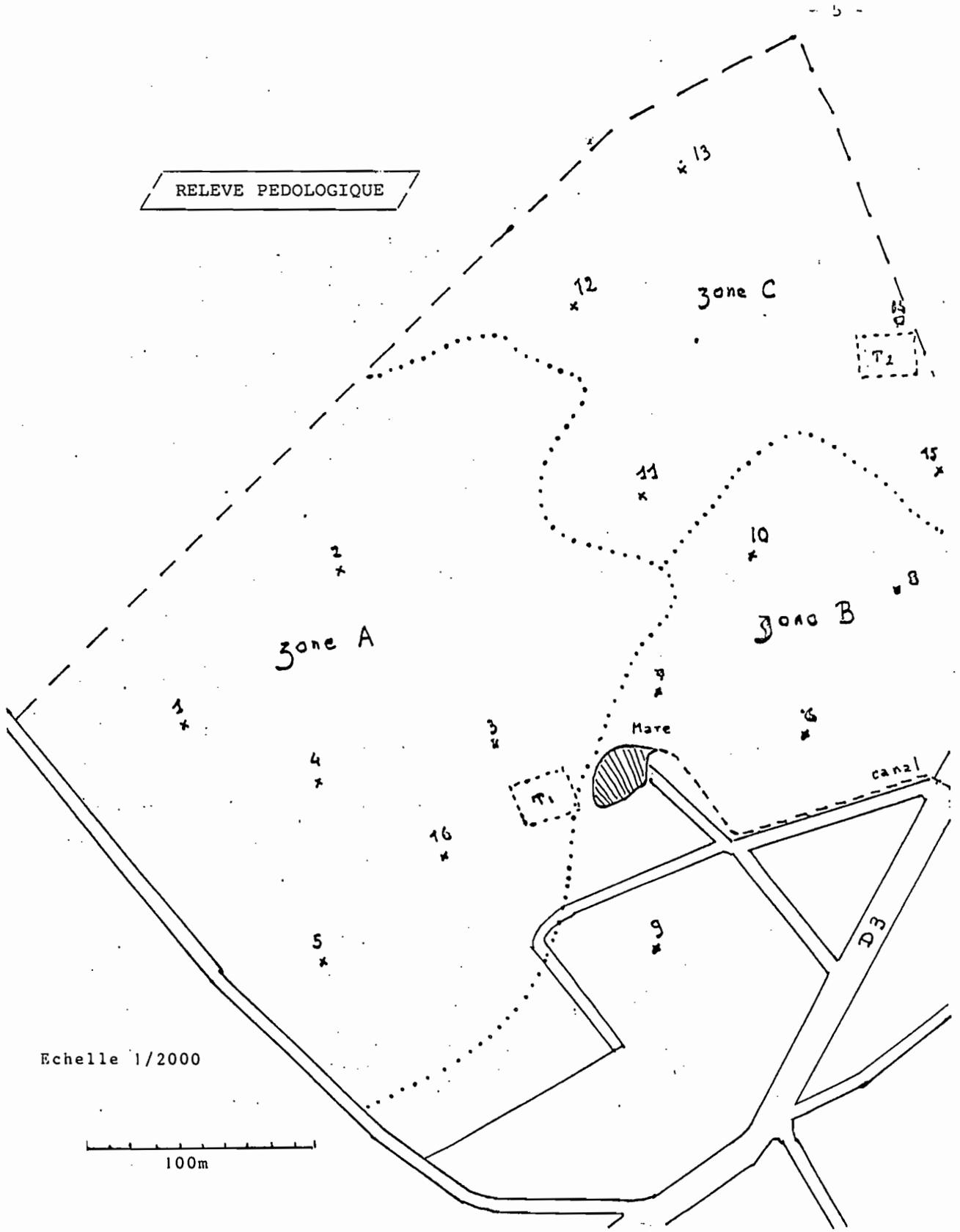
En périodes sèches, les sols sont fortement fissurés.

La pluviométrie faible et l'évapotranspiration intense ne permettent pas une infiltration profonde durant la plus grande partie de l'année.

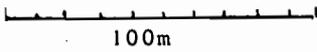
Le lessivage du calcaire est donc modéré, la présence de débris calcaires dans le profil est fréquente.

Le passage du sol argileux au calcaire peu altéré de coloration blanche est brutal.

RELEVÉ PEDOLOGIQUE



Echelle 1/2000



Ces sols sont bien représentatifs des sols cultivables de GRANDE-TERRE (Gardel - Beauport) ou de MARIE-GALANTE.

Le contrôle du sol est assuré:

- par des prélèvements réguliers sur des profils complets ou tronqués (16 profils) limités à la zone intéressant les racines:
 - avant le démarrage de l'irrigation - état initial (temps 0).
 - après la période d'irrigation (carême) (temps 0 + 6 mois).
 - en fin de saison des pluies (temps 0 + 12 mois).
- par des prélèvements tous les 15 jours dans des zones témoins de surface réduite bien homogènes pour contrôler l'évolution de certains paramètres comme le pH et l'humidité du sol en place.

A l'intérieur de chaque zone A B C, on regroupe les analyses destinées à caractériser:

- les constantes physiques du sol
- les constantes chimiques (éléments minéraux et organiques)

Les sondages sont effectués jusqu'à la roche mère pour permettre d'apprécier éventuellement les entraînements par lixiviation verticale.

I/-3 - LES EFFLUENTS -

Les contrôles sont effectués tous les 15 jours sur:

- I-31 - l'eau du puits de Bellevue qui est utilisée notamment pour les dilutions des mélasses.
- I-32 - les vinasses des 2 colonnes.
Les 2 colonnes fonctionnent de façon similaire.
Leurs effluents sont identiques, en pratique.
Le débit moyen journalier de la distillerie est estimé à 50m³ environ de vinasses.
- I-33 - le mélange épandu qui est la résultante du mélange des vinasses, des eaux de dilution, de lavage, de refroidissement, les fonds de cuves, etc ... après un stockage de 4 jours environ.
Malheureusement, il n'est pas possible d'effectuer un bilan complet en raison de l'hétérogénéité du milieu.
Les pertes gazeuses lors de l'épandage ou du lagunage ne sont pas estimées.

I/-4 - LA PLANTE -

Deux variétés plantées dans la zone irriguée:

- B 46364, canne sélectionnée pour zone sèche, la plus représentative de Gde Terre, rustique. Richesse en sucre moyenne, teneur en fibre élevée.
Récolte mécanique moyenne.
- B 59162, canne sélectionnée pour zone sèche.
Ligneux élevé, richesse en sucre moyenne, elle supporte les longues périodes de végétation.
Récolte mécanique difficile.

L'analyse de la biomasse est limitée à la canne à sucre lors de la coupe (canne marchande et bouts blancs).

.../...

Les variétés sont testées à 6 mois par Diagnostics Foliaire (N, P, K, Ca, Mg) et par estimation du tonnage et de la richesse des jus à la récolte.

Ces mesures permettent d'apprécier la réponse de la plante et le niveau des exportations (sans tenir compte du paillage de feuilles sèches et bien entendu des souches et racines qui restent dans le sol pour les rejetons l'année suivante).

II/- DONNEES ANALYTIQUES - DISCUSSION

II/-1 - LES EFFLUENTS -

II-11 - L'eau du puits de Bellevue -

La teneur en sodium du puits est pratiquement constante (des analyses réalisées en 1963 et 1965 donnaient déjà des résultats similaires (voir tableau p.8).

La comparaison de la teneur en sodium du puits et la hauteur des marées n'est pas significative. Il ne semble pas y avoir de contamination, tout au moins avec le régime moyen de pompage dans la nappe actuellement utilisé par la distillerie.

L'irrigation avec une eau légèrement chargée en sels de sodium peut, à la longue, perturber la physiologie de la canne.

L'action du sodium provoque:

- au niveau de la plante:

des brûlures sur les feuilles (chlorose),
une diminution de rendement pouvant dépasser 50%
si la conductivité du sol dépasse 3.0 mmho/cm 25°C.

La croissance de la canne est perturbée par le fait que le sodium augmente anormalement le potentiel osmotique des cellules, diminuant l'aptitude à fixer l'eau du sol et par là même, provoquant un déficit hydrique au sein de la plante.

- au niveau du sol:

une destruction progressive de la structure. Le sol voit sa porosité diminuer, son drainage interne s'annuler avec les conséquences prévisibles sur l'enracinement.

En général, on essaye de limiter l'arrosage au minimum acceptable pour avoir un niveau optimum de croissance.

Cette façon de voir ne s'est pas avérée inacceptable dans cet essai malgré la nécessité de déstockage qui est prioritaire.

A Bellevue, le drainage des sols est généralement correct, sauf en saison des pluies, dans le bas de la pièce, qui assure, normalement, le passage des eaux vers la ravine.

Comme on peut l'observer au champ et dans les analyses, l'action du sodium est contrecarrée efficacement dans cet essai par:

- la présence de calcaire (CaCO_3) dans le sol.
- l'apport supplémentaire de gypse (CaSO_4) provenant de la précipitation de calcium en présence du H_2SO_4 résiduel des vinasses. Le gypse est un des additifs utilisés pour dessaler les sols.
- le maintien du paillage naturel du sol à la récolte (sans brûlage) qui limite les remontées capillaires.

.../...

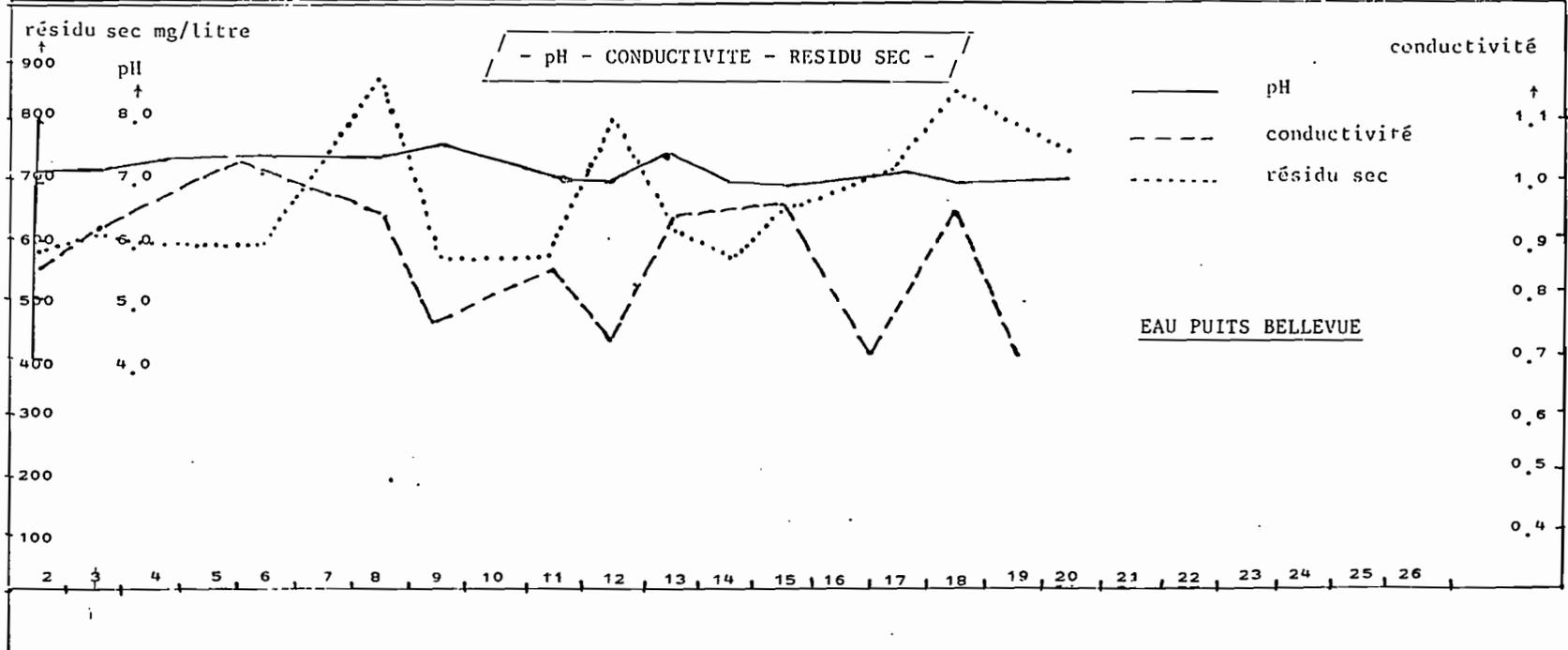
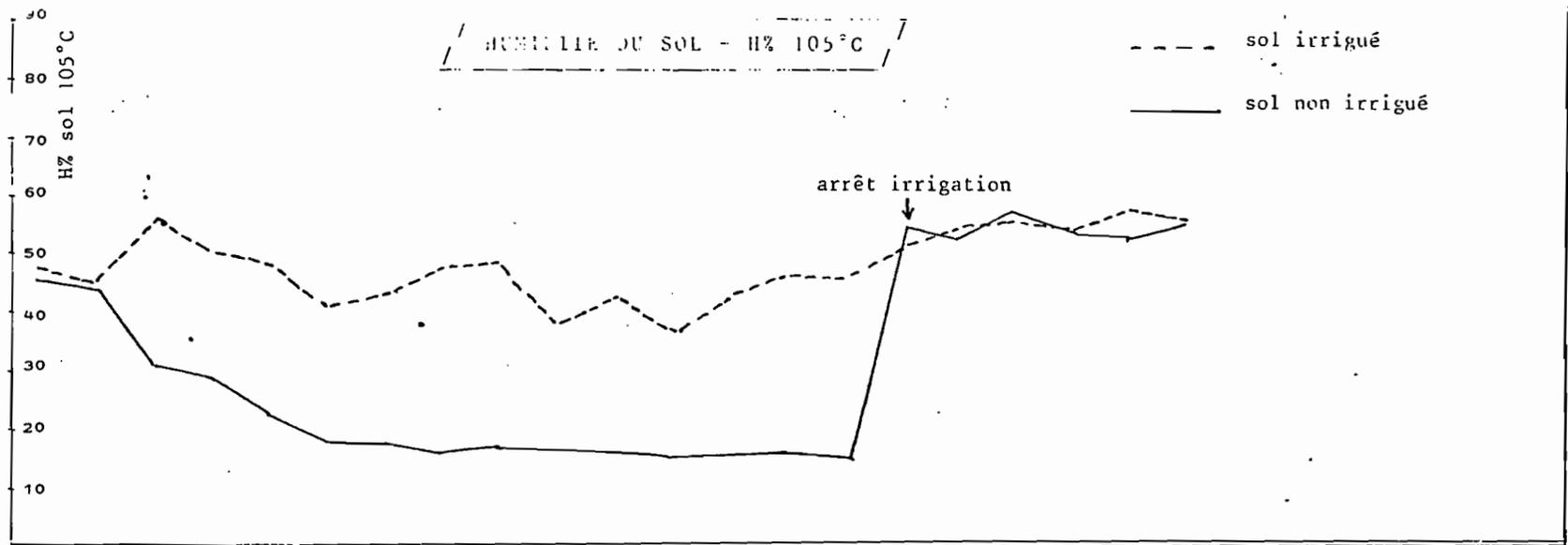
EAU PUIITS BELLEVUE (1963)

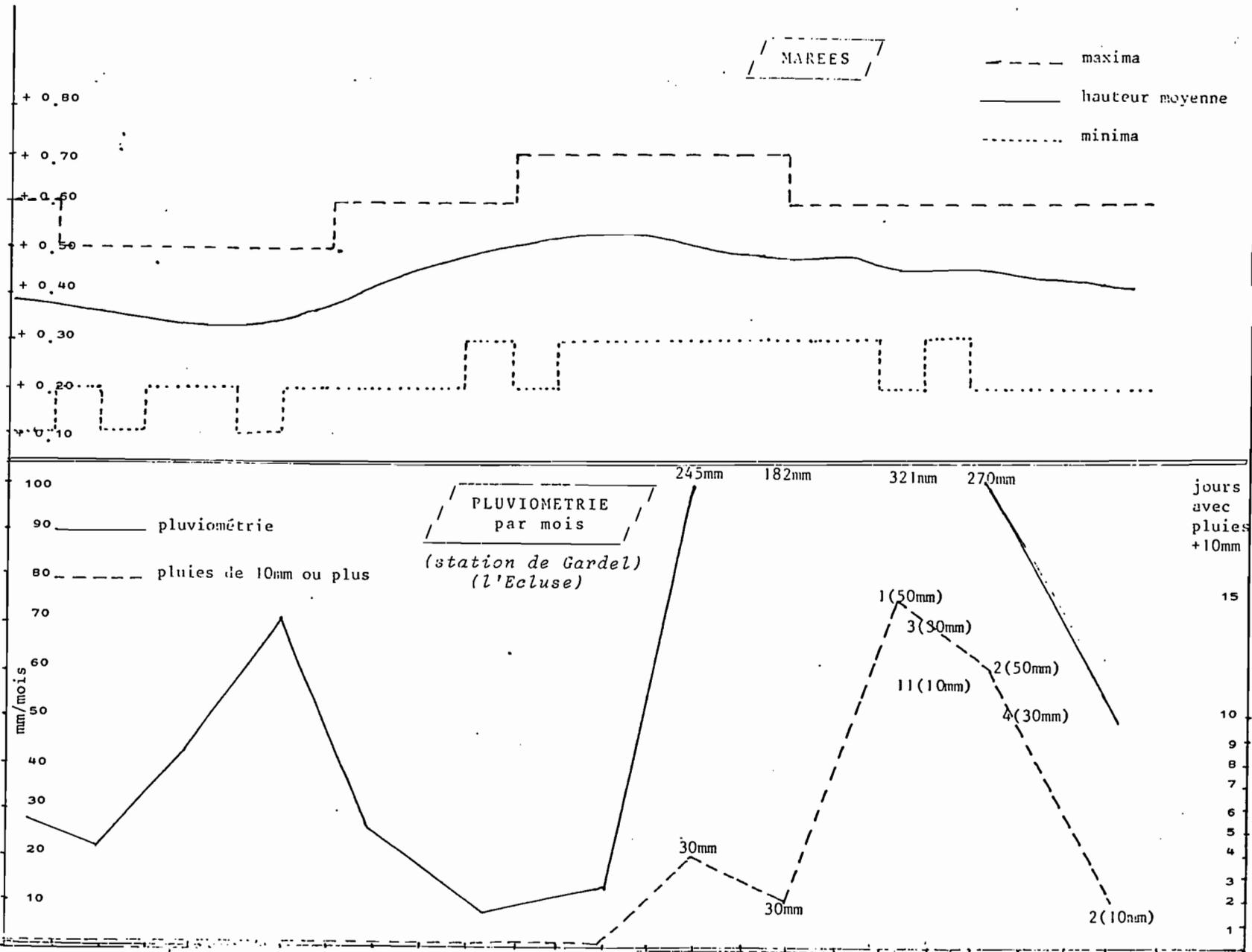
pH	!	7.6	!!		
conductivité	!	1025mmho/25°C	!!		
résidu sec 105°C mg/litre	!	blanc 570.00	!!		
CATIONS			!	mé/l	! mg/l
calcium (Ca ⁺⁺)	!	4.85	!	97.00	!!
magnésium (Mg ⁺⁺)	!	0.85	!	10.20	!!
sodium (Na ⁺)	!	3.00	!	69.00	!!
potassium (K ⁺)	!	traces (x)	!		!!
T O T A L			!	8.70	! 176.20
ANIONS			!	mé/l	! mg/l
carbonate (CO ₃ ⁻⁻)	!	1.20	!	36.00	!!
bicarbonate (CO ₃ H ⁻)	!	4.20	!	256.20	!!
chlorure (Cl ⁻)	!	2.80	!	99.40	!!
sulfate (SO ₄ ⁻⁻)	!	traces (x)	!		!!
T O T A L			!	8.20	! 391.60

(x) non dosés - estimation qualitative (semi-quantit)

EAU PUIITS BELLEVUE (moyenne 1977)

pH	!	7.11	!!		
conductivité	!	1127mmho/25°C	!!		
résidu sec 105°C mg/litre	!	blanc 675.00	!!		
CATIONS			!	mé/l	! mg/l
calcium (Ca ⁺⁺)	!	4.92	!	98.40	!!
magnésium (Mg ⁺⁺)	!	0.52	!	6.24	!!
sodium (Na ⁺)	!	3.20	!	73.60	!!
potassium (K ⁺)	!	0.28	!	10.92	!!
T O T A L			!	8.92	! 189.16
ANIONS			!	mé/l	! mg/l
carbonate (CO ₃ ⁻⁻)	!	traces	!		!!
bicarbonate (CC ₃ H ⁻)	!	4.24	!	258.64	!!
chlorure (Cl ⁻)	!	3.56	!	126.38	!!
sulfate (SO ₄ ⁻⁻)	!	0.69	!	33.12	!!
T O T A L			!	8.49	! 418.14





et l'évaporation trop rapide de la solution du sol, avec éventuellement risques d'accumulation de sels minéraux en surface.

- la présence de quantités importantes de potassium dans le mélange épandu.
Les graminées étant susceptibles de fixer K⁺ sélectivement en quantité importante, cette compétition avec Na⁺ permet une meilleure tolérance au sodium.
- le lessivage de l'excès de sels dans le profil est accentué lors de la saison des pluies, l'irrigation étant réduite ou nulle pendant cette période.

Il ne semble donc pas, dans ces conditions, que le sol risque une dégradation rapide due au sodium.

Le S.A.R. (Sodium Adsorption Ratio) est favorable.

II/-12 - les vinasses -

La composition des vinasses des deux colonnes est similaire.

Par contre, on note, comme il était prévisible, une très grande différence entre les vinasses provenant de jus de canne et les vinasses provenant de mélasses. La composition est variable en raison de la nature des cannes broyées (variétés différentes, maturation à divers stades, fumures hétérogènes), des différences éventuelles de traitement (broyage, pH des moûts, contaminations par fonds de cuve, pureté des jus, éléments nutritifs ajoutés et levures).

Les résultats analytiques ne doivent donc être considérés qu'à travers des fourchettes larges et les résultats représentent la moyenne de 15 jours de fonctionnement.

Les vinasses de vesou ont des teneurs en matières sèches en moyenne inférieures de 3 à 5 fois à celles des vinasses de mélasses.

	VINASSES DE MELASSES (1)			VINASSES DE VESOU (2)			FONDS de CUVE (vesou)
	moyenne pondérée	extrêmes +	extrêmes -	moyenne pondérée	extrêmes +	extrêmes -	
pH à 25°C	3.27	3.6	3.1	3.22	3.5	3.0	3.8 à 4.6
conductivité à 25°C	265	240	280	280	230	300	80.000
matières sèches totales (g/litre)	36.01	44.000	28.000	13.904	21.180	9.162	
matières sèches minérales (g/litre)	7.087	12.030	5.020	3.025	4.322	2.350	
matières sèches organiques (g/litre)	28.800	32.120	25.500	10.921	18.280	5.564	
N Total (mg/litre)	315			164	175	150	84
N-NH ₄	14			18			
N-NO ₃	<5			<5			
N organique minéralisable (mg/litre)	296			141			
P Total (mg/litre)				67.5	100	30	11.5
K ⁺				438	800	350	174
Na ⁺				49			
Ca ⁺⁺				207			
Mg ⁺⁺				71			
Cl ⁻				321			
SO ₄ ⁻⁻⁻				685			

oxygène dissous mg/litre!!	!	!	!! 2.4 !	!	!! 2.1
DCO	!! 45.500 !	!	!! 14.045 !	!	!!
DGO (produits volatils)	!! 3.500 !	!	!! 3.000 !	!	!!
DEO	!!	!	!!	!	!!
DBO ₅	!!	!	!!	!	!!
alcools résiduels	!! ≈0.1°GL !	!	!! ≈0.1°GL !	!	!! p.m.
polyphénols	!! p.m. !	!	!! p.m. !	!	!! p.m.
	!!	!	!!	!	!!

(1) moyenne sur 60 jours
 (2) " sur 120 "

La conductivité reflète mal la teneur en matières minérales solubles dans les vinasses, en raison de la trop grande concentration en éléments divers (minéraux ou organiques). Cette mesure n'est donc pas à retenir, même pour des contrôles rapides, sans traitements préalables des vinasses.

L'évolution du pH est dépendante de la neutralisation du milieu. Des essais menés en laboratoire ont montré que les vinasses conservées sans neutralisation gardent le même pH après 15 jours de délai.

Par contre, après la neutralisation incomplète dans le canal d'évacuation, le pH évolue progressivement vers la neutralité.

	(1)			(2)		
	!! heure !	!! date !	!! pH !	!! heure !	!! date !	!! pH !
Vinasses prélevées à la sortie de la colonne 1 (conservation en béccher pyrex)	!! 11h00 !	!! 10.02.77 !	!! 3.1 !	!! 10h00 !	!! 15.04.77 !	!! 3.2 !
	!! 11h00 !	!! 15.02.77 !	!! 3.2 !	!!	!!	!!
	!! 11h00 !	!! 25.02.77 !	!! 3.2 !	!! 10h00 !	!! 29.04.77 !	!! 3.2 !
	!!	!!	!!	!!	!!	!!
Vinasses prélevées après passage dans le canal à l'entrée de la mare (conservation en béccher pyrex)	!! 11h30 !	!! 10.02.77 !	!! 3.9 !	!!	!!	!!
	!! - !	!! 15.02.77 !	!! 4.3 !	!!	!!	!!
	!! - !	!! 25.02.77 !	!! 4.8 !	!!	!!	!!
Vinasses prélevées dans la mare à la limite du courant (conservées en béccher pyrex)	!!	!!	!!	!! 11h00 !	!! 15.04.77 !	!! 6.5 !
	!!	!!	!!	!! 11h00 !	!! 29.04.77 !	!! 7.6 !

Le pH des vinasses étant bas, leur épandage sur les feuilles de canne présente quelques dangers:

- brûlures superficielles si l'on épand de nuit de façon très sporadique.
- risques de brûlures foliaires plus sérieuses si l'épandage se fait de jour avec régularité.

Il est alors préférable, surtout en zone calcaire, d'assurer l'épandage par gravité dans les sillons, si cela est possible.

La corrosion du matériel d'épandage risque d'être sévère en raison de l'acide sulfurique libre et des matières organiques.

.../...

II/-13 - le mélange épandu -

- Evolution - Dynamique des effluents:

II/-13(1) - le canal - Les effluents, vinasses, fonds de cuve, débordements, eau de dilution, de lavage, de refroidissement, etc... sont rejetés dans un canal qui conduit à la mare de stockage.

Ce canal creusé dans le calcaire remplit plusieurs rôles importants: - le pré-refroidissement du liquide.

- l'élimination d'une partie des substances volatiles résiduelles, éventuellement présentes.
- l'oxygénation du milieu.
- la pré-neutralisation avant le stockage en mare profonde (3m environ).

Le refroidissement de la vinasse qui sort des colonnes à 100°C environ est rapide.

A l'entrée de la mare, la température est descendue en moyenne à 47°C environ, suivant le rythme de dilution pratiqué, soit une chute de 50°C en 150 mètres, avec un débit maximum de 170 litres/mn.

La pré-neutralisation semble être le fait uniquement du calcaire.

La vinasse sort à un pH d'environ 3.0. Elle arrive au niveau de la mare à pH 3.6 à 4.0, suivant le débit.

Des échantillons prélevés en double, en flacons bouchés à vis, étanches (1 témoin + 1 échantillon à dégazer), à la sortie des colonnes, puis en divers points du canal, ont été rapidement dégazés sous vide de 760mm de Hg et après refroidissement, analysés pour le pH.

Aucune différence significative n'a été notée.

La modification de pH provient donc bien de la réaction du carbonate de calcium du canal et non d'une perte d'acidité volatile, éventuellement présente.

Cette remontée de pH favorise les fermentations aérobies et, par là même, contribue à la baisse de la DCO.

Dans un schéma type de traitement, il faudrait prévoir un cheminement suffisamment long pour assurer la pré-neutralisation en adaptant la section du canal au débit et à la pente.

Un système d'échelettes sommaires en gros cailloux calcaires permettrait d'assurer une meilleure neutralisation, une meilleure oxygénation, sans frais, et une meilleure élimination des produits volatiles (alcools résiduels) qui participent pour une part non négligeable à la DCO.

II/13(2) - la mare de stockage - lagunage -

- la température du milieu descend dans la mare à 30-32°C environ.

Cette température permet le développement en grande quantité de larves de mouches saprophages, ce qui, avec les microorganismes, contribue à la transformation de la M.O.

Un équilibre biologique semble s'établir, la présence de nombreux oiseaux, particulièrement en septembre et en janvier, indiquant la présence des larves en septembre, des pupes et des insectes adultes en janvier.

La surface de la mare est recouverte en permanence, en période sèche, par une couche de bagasse et de M.O. flocumée flottante noire, riche en polyphénols.

.../...

- la neutralisation se poursuit pendant 3 ou 4 jours et le pH avoisine la neutralité entre 6.6 et 7.4 suivant la dilution et la nature des effluents (vinasses de vesou ou de mélasses).

Le risque de brûlures des cannes dues à un pH trop acide est donc écarté.

II/13(3) - le mélange épandu.

L'échantillonnage est délicat. La composition du mélange n'est pas homogène en raison de l'apport continu des vinasses rejetées par l'usine.

- en période de pluies, les eaux de ravinement viennent diluer le liquide en surface, mais peu en profondeur.
- en saison sèche, l'évaporation intense a tendance à concentrer l'effluent en surface.
- la principale modification du milieu intervient lorsque l'usine utilise des mélasses au lieu du jus de canne.
Il y a alors changement progressif de la composition du mélange.

Ces modifications qui sont contrôlées sporadiquement ne peuvent être traduites actuellement en équation cohérente.

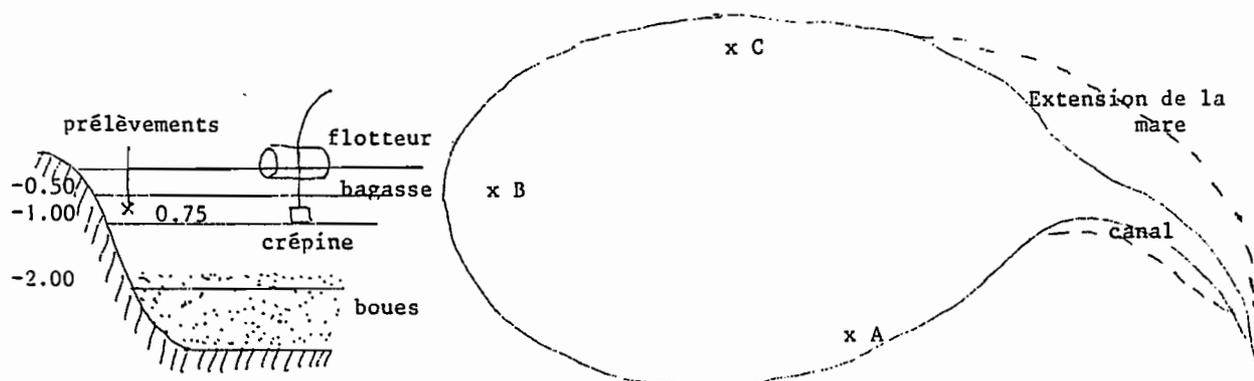
- la température des vinasses (40 à 50°C) et le débit de l'effluent créent un certain brassage thermique et mécanique: la position du tube de pompage est importante:
 - trop profond, on pompe les dépôts riches en matières organiques floculées et en sulfate de calcium précipité,
 - trop proche du canal d'adduction, le liquide d'épandage risque de présenter un pH trop bas (4.5 à 5.0, au lieu de 6.6 à 7.0 pour un mélange ayant évolué 4 à 5 jours).

Une étude succincte du liquide de la mare, prélevé en 3 points (et à 3 profondeurs) donne en moyenne:

(le 07 octobre 1977)	Profondeur			!! moyenne !! tous !! niveaux !! confondus
	!! (1) !! 50cm	!! (2) !! 100cm	!! (3) !! 200cm	
température	!! 31.3	!! 31.6	!! 32.0	!! 31.63
pH à 25°C	!! 7.56	!! 7.53	!! 7.27	!! 7.45
conductivité à 25°C	!! 185	!! 182	!! 185	!! 184
matières sèches Totales (g/litre)	!! 8.93	!! 5.20	!! 67.20	!! 27.11
matières sèches minérales (g/litre)	!! 3.33	!! 1.79	!! 28.92	!! 11.35
matières sèches organiques "	!! 5.60	!! 3.41	!! 38.28	!! 15.76
=====				
N Total (mg/litre)	!! 157	!! 66	!! 1370	!! 531
N-NH ₄ "	!! 90	!! 61	!! 124	!! 91
N-NO ₃ "	!! 1.6	!! 1.0	!! 6.2	!! 2.9

.../...

N organique (minéralisable)(mg/litre)	!! 65	! 4.0	!1240	!!
P Total (mg/litre)	!! 76	! 36	! 856	!! 322
K ⁺	!! 649	! 617	! 857	!! 707
Na ⁺	!! 78	! 76	! 87	!! 80
Ca ⁺⁺	!! 347	! 270	!4456	!!1691
Mg ⁺⁺	!! 136	! 143	!	!!
Cl ⁻	!!	!	!	!!
SO ₄ ⁼⁼ Total	!! 334	! 200	!2976	!!1170
	!!	!	!	!!



Il est donc nécessaire de prélever toujours de la même façon, au même point et à la même profondeur pour suivre l'évolution. En pratique, on a choisi le point de la mare le plus éloigné du canal d'adduction et 0.75 mètre de profondeur.

Lors de l'épandage, selon la profondeur de la buse de pompage ou du niveau des boues, le mélange contient une quantité variable de matières sèches.

Toutefois, le dépôt noirâtre déposé sur les feuilles ne semble pas nuire à la végétation. Cette pellicule n'est pas adhérente et, en période de pluies, disparaît rapidement.

Un flotteur permet de maintenir la buse à une hauteur convenable, mais le propriétaire de la distillerie a essayé de diminuer le volume des dépôts en pompant sporadiquement dans la zone des boues.

La phytotoxicité semble être négligeable dans les conditions de ces essais.

La composition moyenne ci-dessous peut être adoptée. Elle subit des fluctuations moins importantes que les vinasses, mais reflète bien les apports de vinasses de vesou ou de mélasses avec un certain décalage dans le temps.

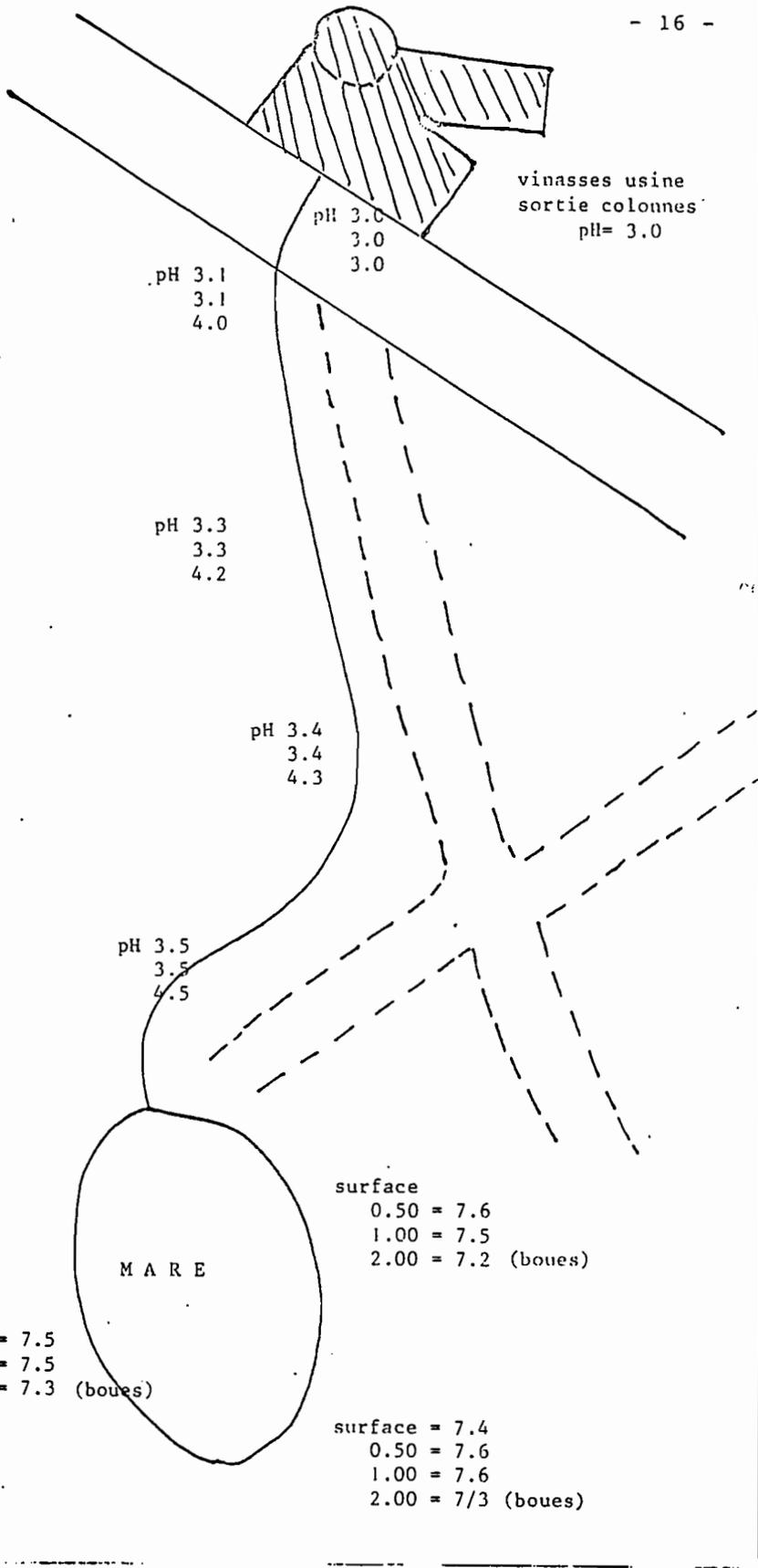
Les éléments traces ont été dosés sur le résidu sec.

Il laisse apparaître des quantités relativement importantes de fer, manganèse et de cuivre provenant, vraisemblablement, de la corrosion des installations, mais on détecte aussi la présence de vanadium, de plomb et d'arsenic à un niveau bien moins élevé.

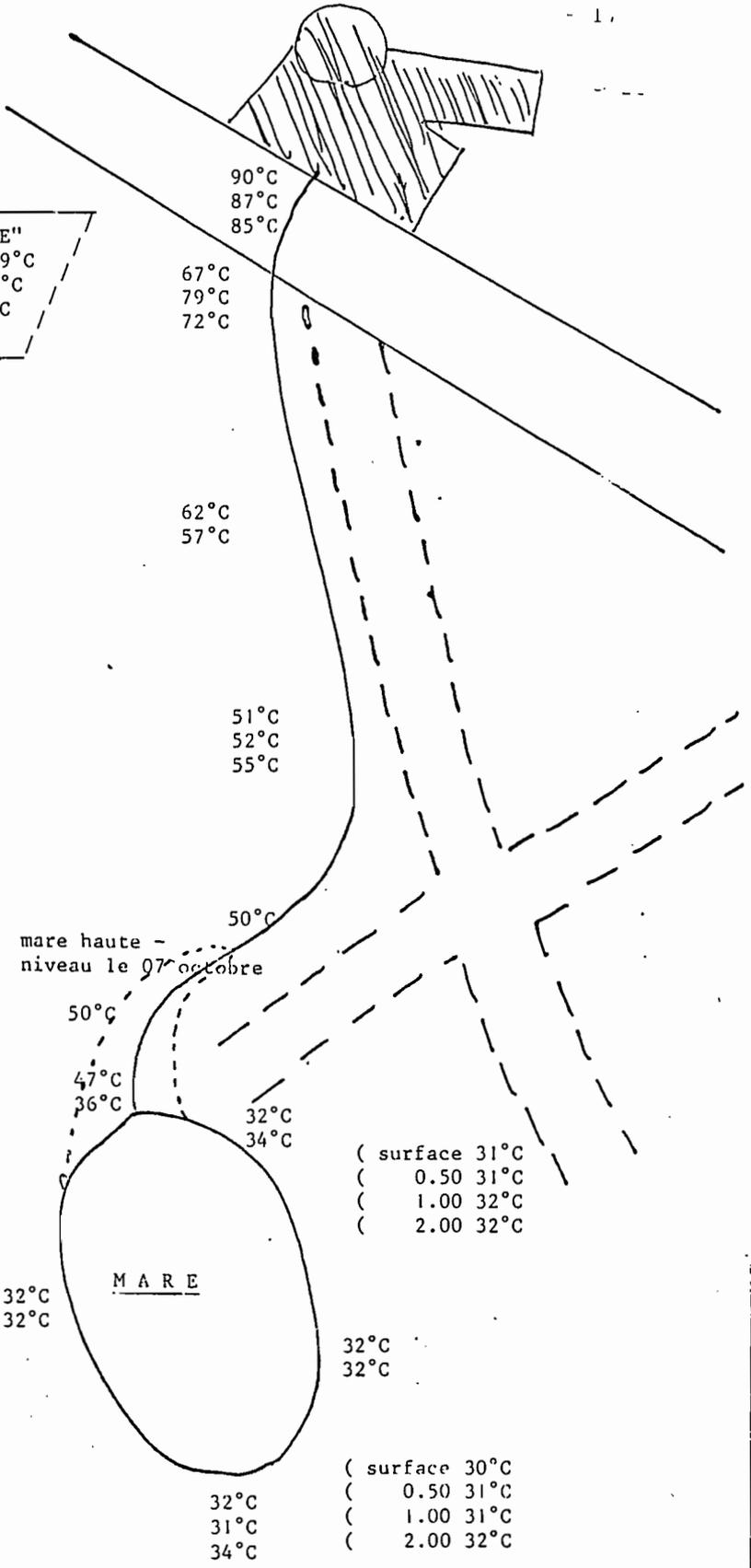
Ces éléments pourraient être utilisés avec la matière organique soluble pour déterminer, à moyen ou long terme, la pollution éventuelle de la nappe bien protégée, semble-t-il jusqu'à présent, par le calcaire. Cependant ces calcaires sont souvent fissurés et hétérogènes et peuvent présenter des zones d'infiltration préférentielles.

.../...

GRADIENTS "pH"
 09 fév. 11h00
 09 juin 11h00
 27 sept. 17h00



GRADIENTS "TEMPERATURE"	
09 fév. 11h00	ambiante 29°C
09 juin 11h00	" 30°C
29 sept. 17h00	" 28°C
07 oct. 10h00	" 25°C



	Mélange épandu (1)			/Eléments traces / g/tonne/M.sèche
	moyenne pondérée	extrêmes +	extrêmes -	
température épandage	!! 31.6 !	34.0 !	30.0 !!	
pH à 25°C	!! 7.13 !	7.6 !	6.2 !!	
conductivité à 25°C	!! 193 !	215 !	176 !!	
matières sèches Totales (g/litre)	!! 5.939 !	7.830 !	4.246 !!	B ! 9 !! Sn ! 11 Mn ! >600 !! V ! 19 Pb ! 56 !! Cu ! >600 Ga ! 8 !! Ni ! 2 Ge ! <6 !! Co ! 2 Bi ! <6 !! Cr ! 8 Mo ! <2 !! As ! 5
matières sèches minérales	!! 2.276 !	3.710 !	1.790 !!	
matières sèches organiques	!! 3.415 !	4.010 !	2.400 !!	
N Total (mg/litre)	!! 66 !	80 !	63 !!	
N-NH ₄	!! 61 (2) !		!!	
N-NO ₃	!! 1 !		!!	
N organique (minéralisable)(mg/litre)	!! 4 !		!!	
P Total (mg/litre)	!! 36 !		!!	
K ⁺	!! 598 !		!!	
Na ⁺	!! 78 !		!!	
Ca ⁺⁺	!! 364 !		!!	
Mg ⁺⁺	!! 135 !		!!	
Cl ⁻	!! 106 !		!!	
SO ₄ ⁻⁻	!! 160 !		!!	
oxygène dissous (mg/litre)	!! 0.6 !		!!	
DCO	!! 992 !		!!	
DBO	!! p.m. !		!!	
DBO ₅	!! 288 !		!!	
alcools résiduels (°GL)	!! p.m. !		!!	
polyphénols (mg/litre)	!! p.m. !		!!	

(1) moyenne de 29 échantillons

(2) " de 9 échantillons

L'épandage en 1977 a représenté en optique basse, environ 22mm de "mélange épandu", quantité inférieure aux prévisions, en raison de la dilution réduite des vinasses (30% au lieu de 5 fois).

Cette dilution avait été adoptée à la suite d'essais de phytotoxicité avec des doses croissantes sur des zones réduites (1 arroseur, par ex.) En se basant sur 220m³ épandus à l'hectare, le sol a reçu une fumure minimale représentée dans la colonne (1).

Mais il faut intégrer une quantité de boues beaucoup plus concentrées. Par exemple, si les 220m³ épandus étaient des boues, la fumure aurait été très élevée (colonne (2)).

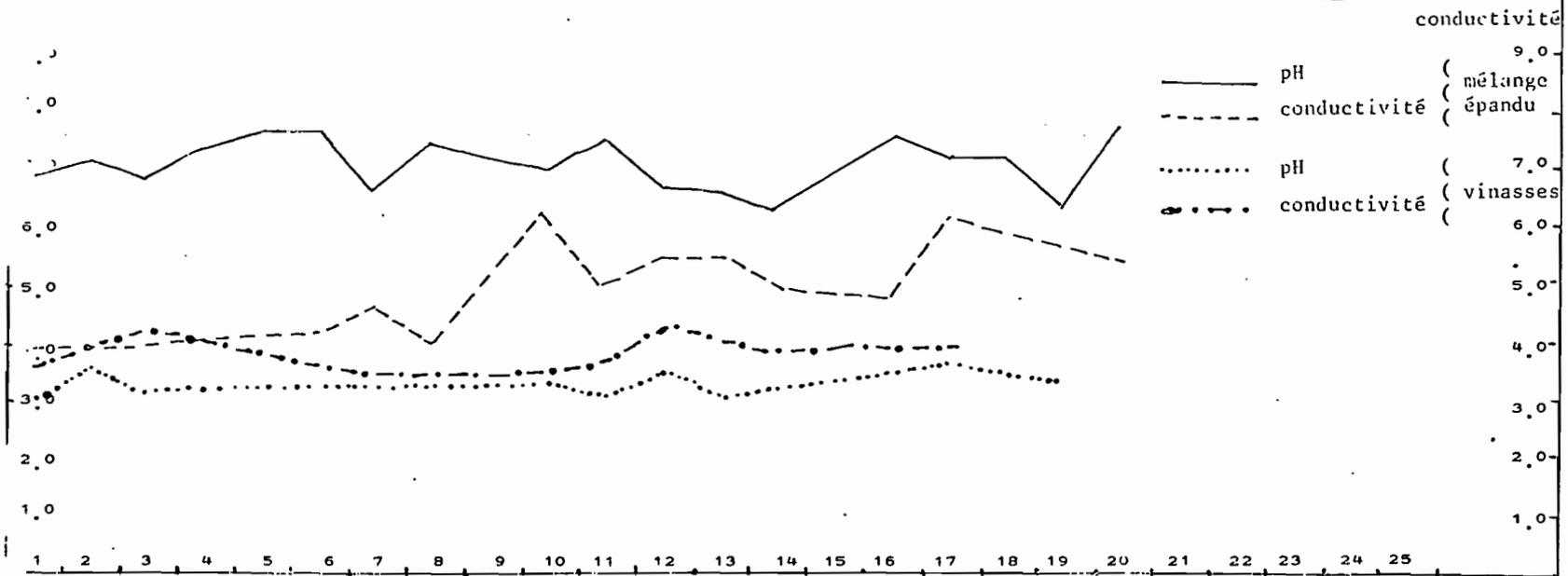
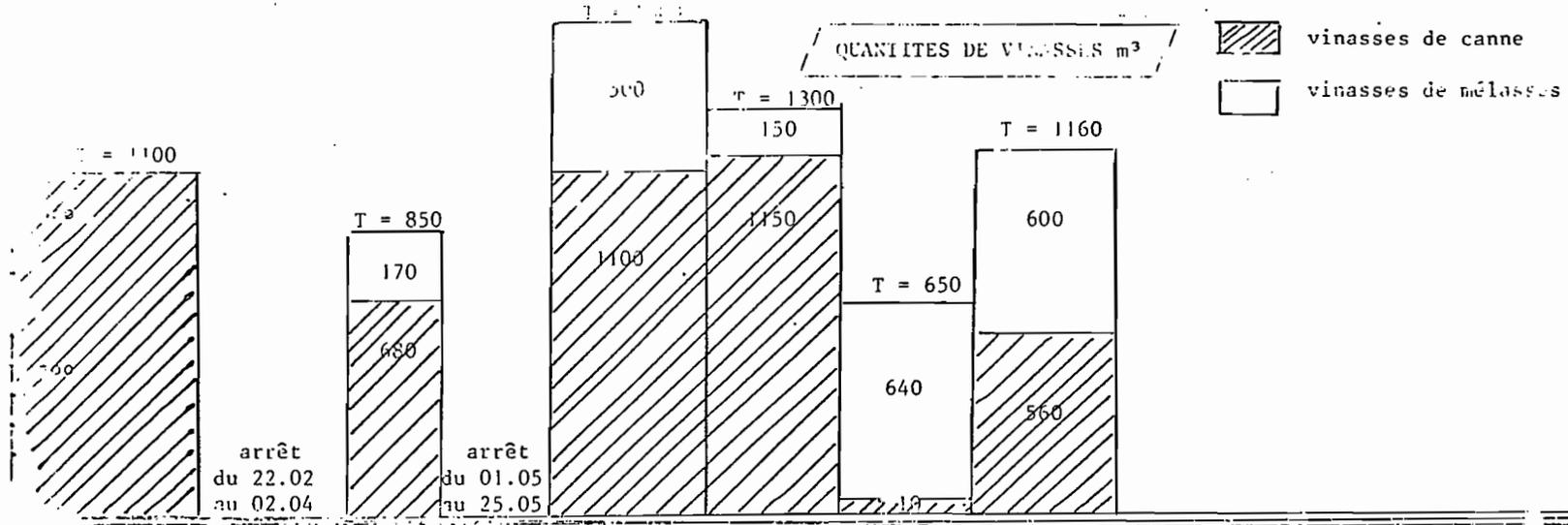
Si l'on compare les chiffres aux doses préconisées par le C.T.C.S. (colonne (3) pour des cannes plantées dans des sols à leur niveau moyen de fertilité, ce qui est le cas ici, on voit que les besoins de la canne sont en grande partie satisfaits, sauf pour l'azote qui devrait être complémentarisé par de l'urée, par exemple.

.../...

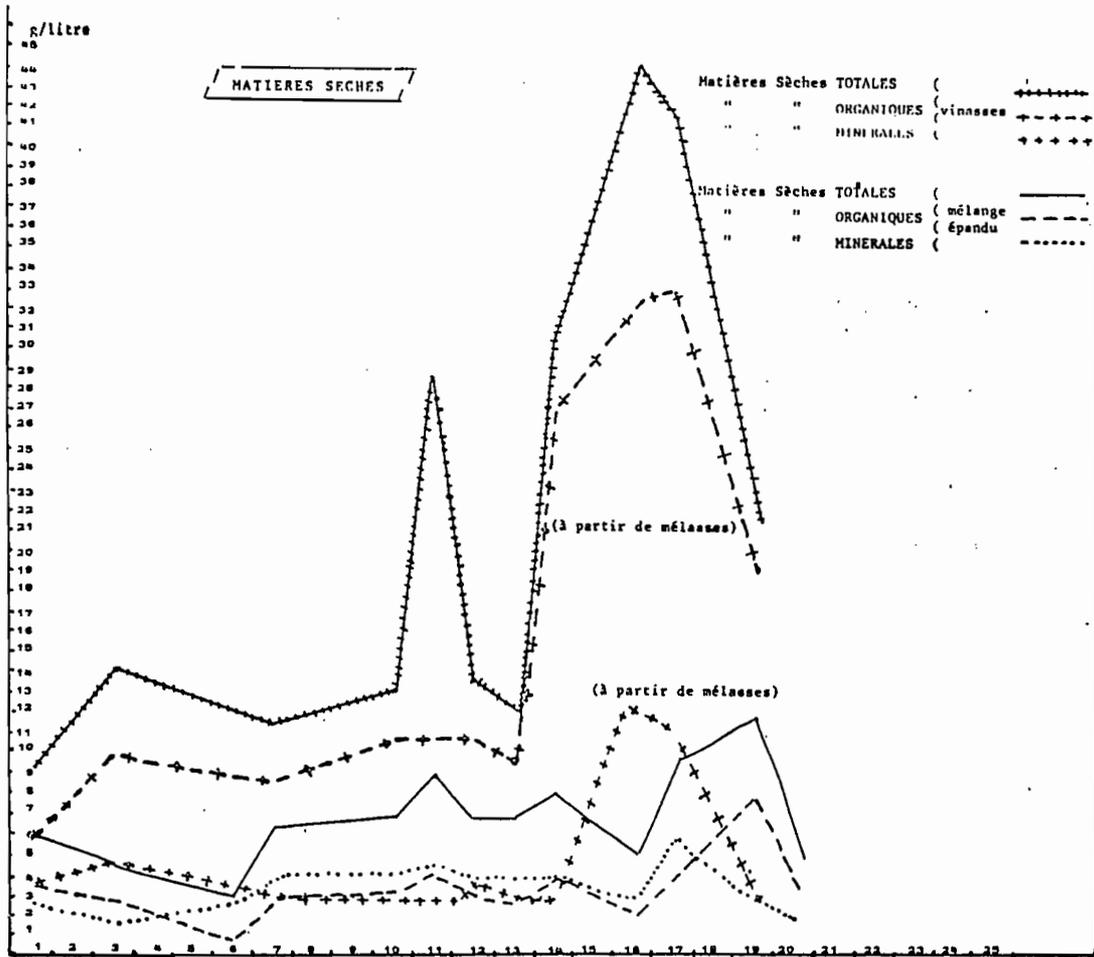
	(1)			(2)		(3)	
	Mélange épandu soluble			Boues		Fumure C.T.C.S.	
	moyenne	extrêmes	extrêmes	fond de	mare	conseillée	
	pondérée!	+	-	!!	!!	!	
matières sèches Totales (kg/ha)	!! 1306.58 !	1722.60 !	934.12 !	!! 14.784.00 !!	!!	!	
matières minérales (kg/ha)	!! 500.72 !	816.20 !	393.80 !	!! 6.362.40 !!	!!	!	
matières organiques (kg/ha)	!! 731.30 !	882.20 !	528.00 !	!! 8.421.60 !!	!!	!	

N Total (kg/ha)	!! 14.52 !	17.60 !	13.86 !	!! 301.40 !!	!! 120.00	!	
N-NH ₄ "	!! 13.42 !	!	!	!! 27.28 !!	!!	!	
N-NO ₃ "	!! 0.22 !	!	!	!! 1.36 !!	!!	!	
N organique "	!! 0.88 !	!	!	!! 272.80 !!	!!	!	
P Total "	!! 7.92 !	!	!	!! 188.32 !!	25.8 à 34.4 (P ₂ O ₅ 60 à 80)	!	
K ⁺ "	!! 131.56 !	!	!	!! 188.54 !!	65.6 à 73.8 (K ₂ O 160 à 180	!	
Na ⁺ "	!! 17.16 !	!	!	!! 19.14 !!	kg/ha	kg/ha	
Ca ⁺⁺ "	!! 80.08 !	!	!	!! 980.32 !!	!!	!	
Mg ⁺⁺ "	!! 29.70 !	!	!	!!	!!	!	
Cl ⁻ "	!! 23.32 !	!	!	!!	!!	!	
SO ₄ ⁻⁻ "	!! 35.20 !	!	!	!! 654.72 !!	!!	!	
bore	!! 0.014 !	!	!	!! 0.14 !!	!!	!	
manganèse	!! >0.78 !	!	!	!! >8.87 !!	!!	!	
plomb	!! 0.073 !	!	!	!! 0.83 !!	!!	!	
gallium	!! 0.011 !	!	!	!! 0.12 !!	!!	!	
germanium	!! <0.008 !	!	!	!! <0.09 !!	!!	!	
bismuth	!! <0.008 !	!	!	!! <0.09 !!	!!	!	
molybdène	!! <0.003 !	!	!	!! <0.03 !!	!!	!	
étain	!! 0.014 !	!	!	!! 0.16 !!	!!	!	
vanadium	!! 0.025 !	!	!	!! 0.29 !!	!!	!	
cuivre	!! >0.78 !	!	!	!! >8.87 !!	!!	!	
nickel	!! 0.003 !	!	!	!! 0.03 !!	!!	!	
cobalt	!! 0.003 !	!	!	!! 0.03 !!	!!	!	
chrome	!! 0.011 !	!	!	!! 0.12 !!	!!	!	
arsenic	!! 0.006 !	!	!	!! 0.07 !!	!!	!	
	!! !	!	!	!!	!!	!	

A noter que l'azote TOTAL dans la partie liquide du mélange est représenté à 92% par l'azote ammoniacal et nitrique directement utilisables, alors que dans les boues, l'azote ammoniacal ne représente que 9 à 10% L'azote sous forme organique est progressivement minéralisé.



009



II/2 - LE SOL -

Chaque profil pris individuellement permet de vérifier de façon ponctuelle l'évolution du sol soumis à l'aspersion. Le regroupement par zone permet d'apprécier l'impact agronomique moyen, c'est-à-dire de mesurer l'intensité des phénomènes sur une base à 3 dimensions.

Les résultats détaillés sont donnés en annexe par profil pour les prélèvements aux temps 0, +6 et +12.

- Les profils 1-2-3-4-5-16 ont reçu l'aspersion de façon régulière. Ils seront seuls pris en considération.
- Les profils 9-14-15 sont les témoins non irrigués.
- Les profils 6-7-10-11 qui ont été irrigués à un niveau moindre par suite du retard de la mise en place de l'aspersion n'ont été analysés qu'au temps 0.
- Les profils 8-12-13 sont analysés au temps 0, seulement pour la prospection.

II/21 - Minéralogie - Le sol est très argileux.

Dans la zone A, la plus profonde, la teneur en argile atteint 75%.

Les sables grossiers et fins comportent des éléments hérités du volcanisme ancien (quartz bipyramidés très érodés et petites concrétions ferro-manganiques).

Les sables de la zone C sont représentés en quasi totalité par des éléments calcaires.

L'analyse d'argile effectuée aux rayons X décèle la présence de montmorillonite, argile dominante avec un peu de métahalloysite ou fire-clay, des traces de chlorite et goëthite.
(voir diagramme B16 20-40 et diagramme B16 80-100).

II/22 - Caractéristiques physiques -

II-22(1) - Stabilité structurale - conservation du sol.

Les sols en raison de la présence de montmorillonite sont lourds.

Toutefois, le complexe étant saturé en calcium, la stabilité structurale est satisfaisante, particulièrement dans les zones de mornes peu profondes (avec des teneurs en carbone de 2 à 3%).

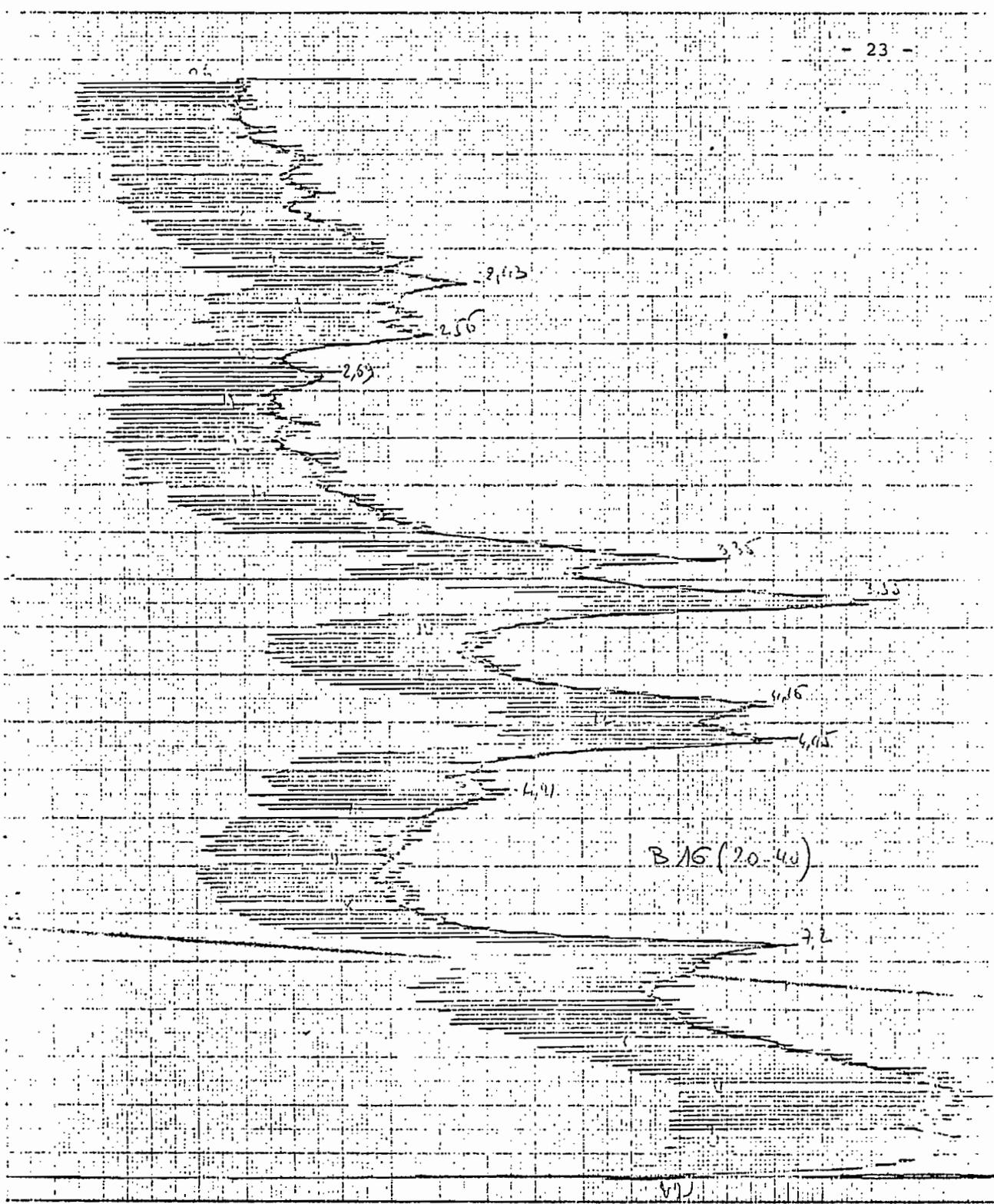
La perméabilité est faible dans les sols profonds, mais bonne dans la zone C.

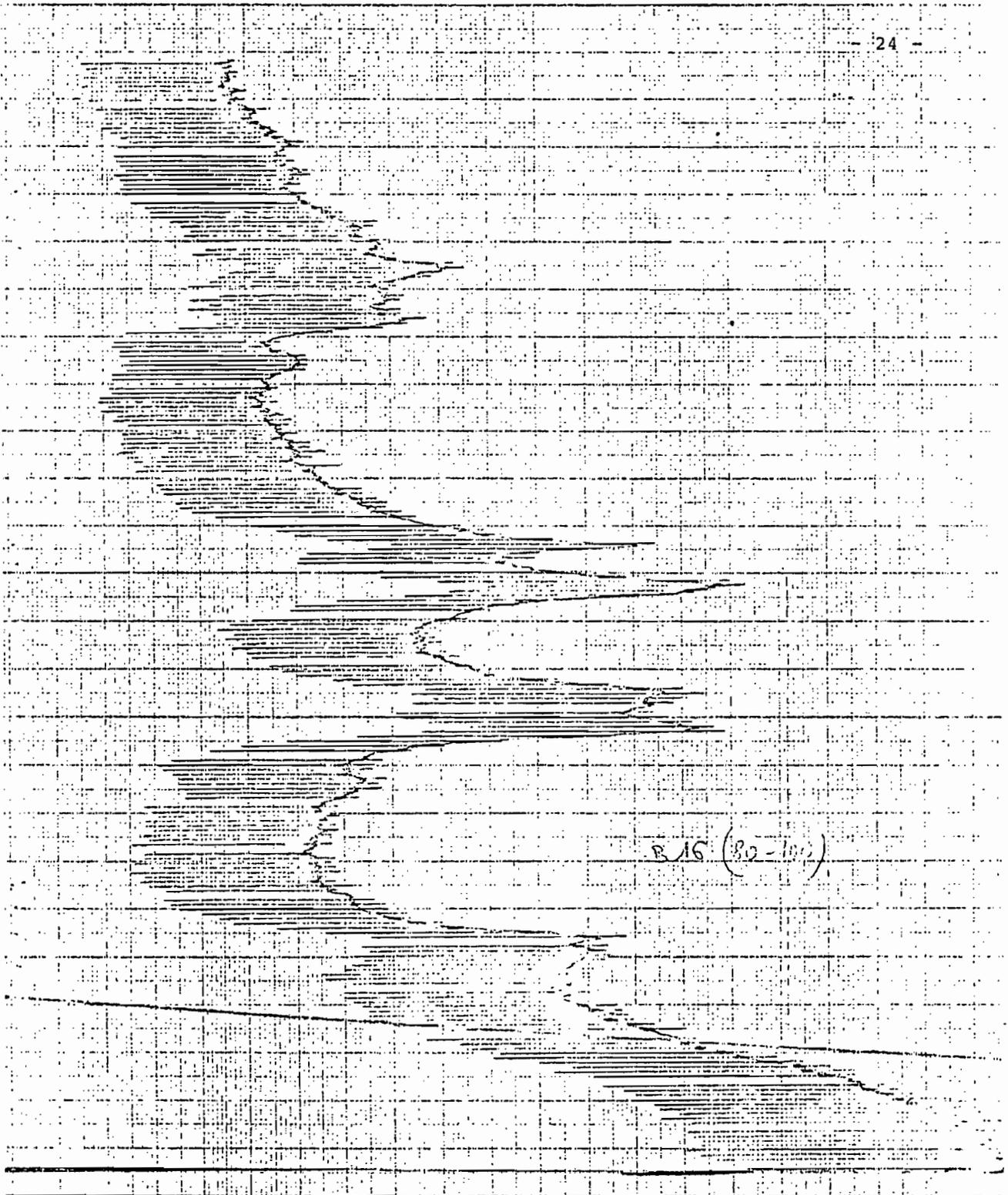
Quelques déterminations de l'indice d'instabilité structurale après traitement des agrégats à l'eau, à l'alcool et au benzène sur des échantillons prélevés au temps 0, avant la mise en place de l'irrigation et au temps 0 + 12 ne permettent pas de conclure à une dégradation éventuelle de la structure en un laps de temps aussi court sous l'influence de l'aspersion.

Les résultats obtenus ne sont pas significatifs, aussi bien en surface qu'en profondeur (0-20 et 20-40cm).

La présence de pseudo-agrégats dispersés ultérieurement aux ultra-sons amène un léger écart dans un des échantillons.

.../...





I N S T A B I L I T E S T R U C T U R A L E						
ECHANTILLON	AGR % agrégats	S.G. % sables gross.	AGR - 0.9SG	Moyenne	A+L % argile +limons	I _s indice
Bellevue 14A (19.01)	61.3	16.0	46.9	39.6	27.77	0.7
	60.9	17.0	45.6			
	40.3	15.7	26.2			
14A (23.09)	57.3	10.3	48.0	42.0	24.03	0.6
	52.0	9.4	43.5			
	43.3	9.7	34.6			
15A (19.01)	68.0	20.2	49.8	34.8	28.84	0.8
	60.7	20.0	42.7			
	30.1	20.3	11.8			
15A (23.09)	53.6	7.0	47.3	40.8	32.57	0.8
	49.8	7.1	43.4			
	38.7	7.7	31.8			
16A (19.01)	59.7	4.0	56.1	47.1	32.04	0.7
	54.8	5.0	50.3			
	38.2	3.8	34.8			
16A (23.09)	57.0	2.0	55.2	44.1	25.63	0.6
	52.0	1.9	50.3			
	28.4	1.9	25.7			
16B (19.01)	58.3	10.4	48.9	40.6	34.18	0.8
	55.3	11.1	48.9			
	36.1	9.6	27.5			
16B (19.01)		2.3	56.2	47.8		0.7
		2.3	53.2			
		2.3	34.0			
16B (23.09)	56.8	19.1	39.6	28.6	33.64	1.2
	52.8	19.2	35.5			
	27.5	18.8	10.6			

pseudo sables

II/22(2) - Caractéristiques hydriques -

(les résultats détaillés sont donnés en annexe).

Capacité au champ, pH 3.0 et 4.2 -

La conduite de l'irrigation prend pour base le maintien de l'humidité du sol au niveau du pF 3.0 afin d'éviter des infiltrations trop importantes et les risques d'hydromorphie temporaire qui seraient préjudiciables à la stabilité structurale. En moyenne, les parcelles irriguées ont une humidité au champ, toute l'année, de 45 à 50%, les témoins non irrigués de 15% environ en période sèche (et 45 à 50% en période des pluies - août à décembre - voir au chapitre "Eau du puits - pluviométrie" la courbe d'évolution de l'humidité du sol en place).

.../...

La valeur du pF reste stable sur les échantillons irrigués ou non, en tenant compte de l'hétérogénéité du sol, particulièrement en zone C (des variations de quelques % du taux d'argile entraînent des variations dans le même sens des valeurs du pF).

II/22(3) - Densité apparente et contraction linéaire -

Les cylindres de D.A. sont prélevés dans le sol ressuyé à humidité correspondant à peu près à la valeur de pF 3.0.

La densité apparente moyenne est de 1.06 à 1.05 pour les échantillons de surface et de profondeur. La contraction linéaire est d'environ 10 à 12%, ce qui entraîne dans les parcelles non irriguées des fissurations larges et profondes amenant une dessiccation du sol en profondeur (les fissures peuvent atteindre 60cm de profondeur).

Il est donc particulièrement intéressant de suivre sur 2 ou 3 ans l'effet de l'aspersion sur les constantes physiques du sol, l'irrigation privant le sol d'un phénomène qui provoque une aération du profil et l'acquisition annuelle d'une structure granuleuse, avec amélioration saisonnière de la perméabilité et du drainage.

II/23 - Caractéristiques chimiques -

II/23(1) - Complexe absorbant -

- capacité d'échange - La capacité d'échange analysée avant et après une année d'épandage reste constante.

Il n'y a donc pas destruction apparente du minéral argileux.

Le pH de 7.0 du mélange épandu ménage le sol, alors que l'épandage de vinasses à pH 3.0 risquerait d'amener progressivement une dissolution du calcaire avec remplacement progressif par du sulfate de calcium en raison de l'acide sulfurique libre.

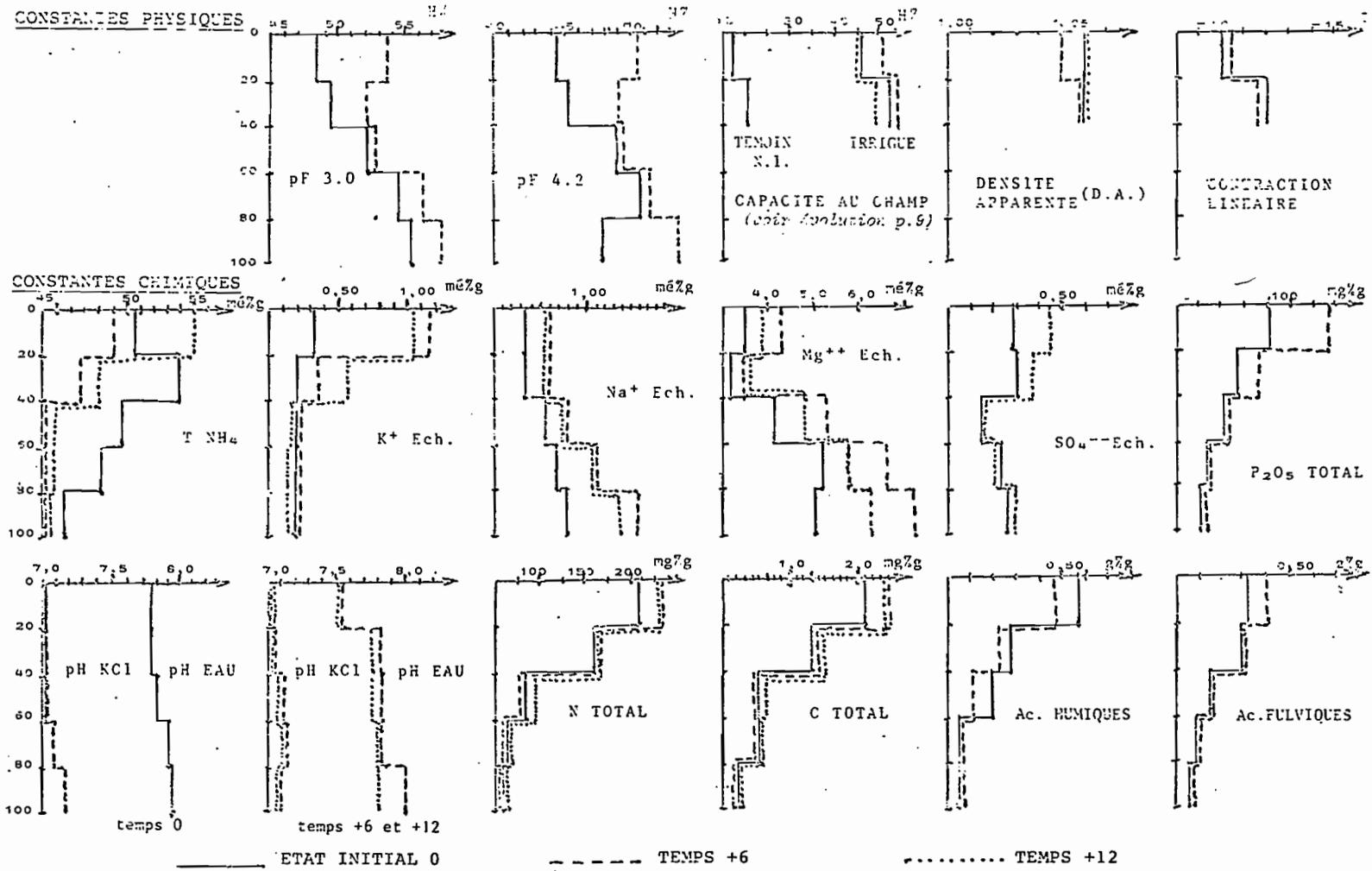
Cet effet serait vraisemblablement de portée réduite en sol calcaire, mais dangereux dans les sols acides de la Guadeloupe-Masse Terre, à moyen terme; mais comme dans toute pollution, l'aspect quantitatif est à prendre en considération ...

- cations échangeables (K, Na, Ca, Mg) - L'irrigation, avec un effluent à haute teneur en éléments fertilisants, amène une élévation considérable du niveau du sol en potassium échangeable.

Il y a un large excédent positif des apports sur les exportations.

Le niveau moyen du sol au temps 0 était de 0.50mé, niveau très satisfaisant pour la canne à sucre, mais avec des variations importantes dues vraisemblablement à la pratique courante d'épandage des cendres et éventuellement de la bagasse excédentaire.

Certains échantillons de surface étaient au niveau du seuil de réponse (0.24mé%g) pour la canne à sucre. Après 6 mois d'épandage, le niveau de K échangeable a triplé, le taux de Na a augmenté, mais le SAR (Sodium Adsorption Ratio) est favorable, le complexe étant saturé par le calcium (+ de 40mé%g). Le magnésium ne semble pas subir de modifications significatives.



lot

- anions échangeables - sulfates - Les parcelles recevant l'irrigation voient leur teneur en sulfate augmenter sensiblement. La fumure complémentaire pour l'azote peut être appliquée, de préférence sous forme d'urée. Il n'y a pas de risques de voir apparaître des carences en soufre, comme cela s'est produit en Guadeloupe, lors de l'utilisation de l'urée alliée à des supertriples.
- réaction du sol - pH - Le pH KCl moyen en surface au temps 0 est de 7.07, montrant un sol neutre fortement saturé par le calcium. Après un an d'essai, l'évolution est négligeable et non significative, 7.05

II/23(2) - Eléments Totaux et Assimilables -

Matières organiques -

- Phosphore Total - Il y a une substantielle augmentation de P_2O_5 Total dans le sol permettant de dépasser largement le seuil de réponse nécessaire à la canne à sucre dans ces sols (40 mg % g).
- Phosphore Assimilable - Le phosphore Olsen déterminé avant et après épandage, montre aussi un bilan nettement positif, passant de 2.50 à 10.00 mg % q, environ.
- Azote Total - Il y a augmentation du taux apparent d'azote Total. Ce bilan positif doit être comparé à la teneur en azote Total de la canne à sucre (D.F.) qui décèle une utilisation incomplète, puisque le "niveau indice" est un peu trop bas.

- Matières organiques -

Carbone Total - le carbone organique augmente dans d'assez faibles proportions. On observe un léger affaïssissement du rapport C/N indiquant un déséquilibre de la consommation d'azote.

Acides Humiques et Fulviques -

Il est encore trop tôt pour pouvoir conclure à une migration d'acides fulviques vers la profondeur, malgré quelques résultats dans ce sens.

L'étude plus approfondie de l'évolution de la Matière Organique doit être effectuée en Martinique (réorganisation, condensation ou diminution de la taille moléculaire des composés, composés ammoniés résistants à l'hydrolyse, quantité de matière organique oxydable et extractible, etc ...).

II/3 - LA PLANTE - COMPORTEMENT DE LA CANNE A SUCRE -

- II/31 - L'analyse foliaire effectuée sur 20 échantillons moyens de 30 feuilles (3e feuille du fouet foliaire) prises au hasard, permet de tester à 6 mois le comportement de la canne à sucre sous l'effet de la fumure et de l'irrigation. Il n'a pas été possible, début juillet, de comparer

.../...

les cannes n'ayant pas reçu d'irrigation en raison de la sècheresse qui ne permettait pas d'obtenir des entre-nœuds 4-5 à une humidité de 90% au moins (indice physiologique de végétation).
Les résultats sont les suivants:

B 46364					B 59162				
N %	P %	K %	Ca %	Mg %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
1.764	0.226	1.375	0.280	0.071	1.988	0.228	1.585	0.320	0.071
1.806	0.228	1.190	0.500	0.126	1.946	0.211	1.440	0.385	0.049
1.876	0.223	1.320	0.460	0.121	1.932	0.252	1.330	0.460	0.071
1.820	0.202	1.410	0.375	0.077	1.960	0.252	1.440	0.430	0.082
1.764	0.204	1.440	0.176	0.055	1.946	0.226	1.595	0.380	0.170
1.770	0.228	1.380	0.282	0.076	1.992	0.226	1.580	0.315	0.074
1.810	0.230	1.195	0.505	0.120	1.940	0.210	1.442	0.390	0.050
1.880	0.220	1.310	0.455	0.120	1.935	0.256	1.330	0.460	0.073
1.810	0.205	1.400	0.377	0.080	1.956	0.250	1.445	0.435	0.085
1.758	0.203	1.430	0.180	0.060	1.940	0.224	1.592	0.382	0.165
moyennes					moyennes				
1.806	0.217	1.345	0.359	0.079	1.953	0.233	1.478	0.396	0.089
Normes C.T.C.S.					Normes C.T.C.S.				
1.900	0.180	1.120			1.900	0.190	1.150		
à	à	à			à	à	à		
2.100	0.200	1.220			2.100	0.210	1.250		

On peut constater que les normes adoptées pour des cannes bien alimentées lors d'essais variétaux sont dépassées pour le PHOSPHORE et le POTASSIUM provoquant des consommations de luxe.
Toutefois, l'excès de potassium qui est quelquefois gênant en sucrerie de canne, ne provoque aucun effet néfaste pour les fermentations en distillerie.
Il ne semble donc pas qu'il soit nécessaire de faire des essais dans ce sens.

Pour l'AZOTE, par contre, la teneur minimale requise est difficilement atteinte, ce qui demanderait, éventuellement, de complémentariser légèrement la fumure en azote, soit par épandage dans le champ, soit par addition au liquide épandu, en contrôlant soigneusement les concentrations pour ne pas introduire une nouvelle variable qui risquerait d'entraîner des brûlures foliaires.

Il est d'ailleurs possible qu'à plus long terme cette fumure azotée ne soit plus nécessaire, le rapport C/N ayant sûrement tendance à s'affaiblir par suite de l'accroissement relatif de N minéral.

Pour mesurer le niveau d'exportation moyen, quelques échantillons de canne entière ont été prélevés (canne marchande + bouts blancs confondus) et analysés pour les éléments TOTAUX (N,P,K).

.../...

Exportations en kg par tonne de canne -

- eau		728.0 kg
- matières organiques		261.0 kg
(fibres	= 150	kg
(sucre	= 100	kg
(composés azotés et soufrés	= 11	-
(à 12% en moyenne de N =	= 13.2	-
- cendres minérales:		11.0 kg
S = 0.5	kg	
P = 0.6	kg	
K = 1.1	-	
Na = 0.2	-	
Ca = 0.6	-	
Mg = 0.3	-	
etc ...		

soit à l'hectare, pour une production de 80 tonnes, environ, en canne entière de:

N = 106	kg
S = 40	-
P = 48	-
K = 88	-
Na = 16	-
Ca = 48	-
Mg = 24	-

(une partie est restituée avec les bouts blancs, mais comme on a pu le voir dans l'analyse des sols, le bilan pour ces éléments est nettement positif).

II/32 - Récolte - Les contrôles effectués à la période de récolte (19 mai 1978) ont donné les résultats moyens suivants:

	pois de canne T/ha	R.S.
cannes irriguées	96	9.01
Témoin sec	76	9.11

- Au niveau du rendement en poids, la différence observée est de 20 tonnes de cannes par hectare. Mais il faut noter que les prélèvements ont été effectués sur des cannes âgées de 14 à 15 mois et, du fait de cet âge avancé, de nombreuses tiges étaient sèches ou pourries dans les parcelles irriguées.

On peut donc penser que si la récolte avait été effectuée à une date normale, soit sur des cannes âgées de 11 à 12 mois, les tiges n'auraient subi aucune détérioration et le rendement des parcelles irriguées aurait été au moins aussi important. Le rendement du témoin sec étant obligatoirement moindre, le gain de tonnage dû à l'épandage de vinasses aurait été accru.

- au niveau de la richesse saccharine, la différence observée n'est pas significative.

On peut donc conclure que dans les conditions de l'essai mené en 1977, l'épandage de vinasses a provoqué une augmentation du tonnage récolté sans que la richesse ne soit modifiée par rapport à une culture sèche.

De plus, il semble préférable de prévoir la récolte au terme d'un cycle végétatif normal de 12 mois de façon à éviter la détérioration des cannes sur pied.

Cette remarque devrait sans doute être modulée en fonction de la variété cultivée.

II/4 - D I V E R S -

- La biodégradation rapide de la Matière Organique laisse supposer une action importante des microorganismes du sol.

Certains auteurs brésiliens n'hésitent pas à affirmer que la capacité de certains sols leur permettrait de résister à un épandage de 1000 m³ à l'hectare et par an (la moyenne des essais à l'étranger pratique un épandage de 200 à 500 m³/an au maximum).

Cette partie doit être étudiée par l'I.N.R.A. et n'a pas été abordée ici.

- Au cours de l'année 1977, on a observé en janvier le vol, au niveau de la mare, d'une grande quantité d'oiseaux attirés par l'éclosion de pupes de mouches saprophages.

En février, après baisse du niveau de la mare, les berges étaient couvertes de pupes. Les oiseaux disparaissaient après cette période.

En septembre, de nombreux oiseaux sont à nouveau signalés. Ils consomment des larves qui surnagent sur la mare.

En octobre, un comptage estimatif donne environ 10.000 larves ou pupes au m² (au bout de la mare), représentant 3 espèces principales non déterminées.

III/-

CONCLUSION

Après une période de fonctionnement de 12 mois environ, le dispositif semble donner satisfaction. Une installation du type brassage-insufflation d'air très coûteuse semble pouvoir être évitée. En période de sécheresse, l'irrigation permet le déstockage continu et maintient la mare à un niveau suffisamment bas qui élimine tout débordement dans la ravine.

- la pollution olfactive est négligeable, grâce à l'épandage de nuit. Les fermentations anaérobies à dégagement gazeux du type méthane, semblent être sans conséquences, particulièrement sur le pH, même après 15 jours de stockage (arrêt de la distillerie), le pH restant fixe entre 6.6 et 7.4

- la pollution de nappe n'est pas apparue après un an.

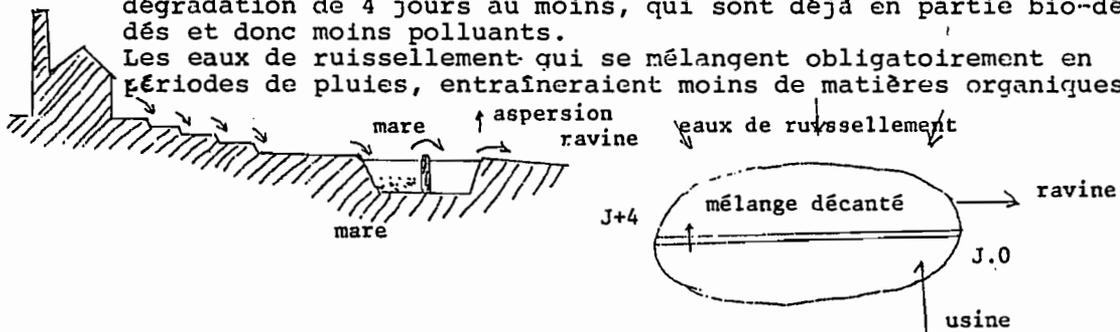
L'évaporation est élevée.

Par contre, en saison des pluies, l'irrigation n'est plus utile et, même, est nuisible à la plante, le sol étant déjà gorgé d'eau.

Les eaux de ruissellement viennent s'ajouter aux effluents de l'usine provoquant quelquefois des débordements (septembre 1977). La capacité de la mare s'avère, dans ce cas un peu insuffisante.

Un dispositif sommaire de séparation de la mare en secteurs, comme il avait été initialement prévu, aurait l'avantage, d'une part de prévoir une augmentation de la capacité, d'autre part de séparer les effluents d'usine fraîchement rejetés de ceux ayant subi une dégradation de 4 jours au moins, qui sont déjà en partie bio-dégradés et donc moins polluants.

Les eaux de ruissellement qui se mélangent obligatoirement en périodes de pluies, entraîneraient moins de matières organiques.



Sur le sol, les effets sont négligeables avec la quantité épandue en 1977 (22mm).

L'augmentation de la teneur en potassium atteint la zone des racines (0-40cm), mais n'a pas encore migrée vers le sous-sol, semble-t-il.

La stabilité structurale assez médiocre en profondeur au départ, n'a pas été modifiée significativement.

Cependant, il serait peut-être hasardeux de conclure rapidement, de façon trop optimiste, en raison de la brièveté de l'essai.

Le bilan pédo-agronomique est certes très satisfaisant après un an.

Mais certains points bénéfiques à court terme pourraient, à long terme devenir une pollution, si l'on considère l'aspect qualitatif de certains éléments minéraux (potassium, éléments traces, etc ...).

Il serait donc intéressant de poursuivre l'essai sur une base annuelle pendant 3 ou 4 cycles végétatifs, en contrôlant uniquement le volume des effluents épandus, suivant les normes définies au cours de l'année 1977, la plante (D.F., tonnage récolté, richesse des jus) et le sol (structure, éléments échangeables et assimilables), qui reflètera, à moyen terme, la validité du système.

Le rejet contrôlé et modéré de matières organiques dans la ravine en période des pluies, s'il n'entraîne pas de déséquilibre du milieu et le trouble des eaux de la baie, doit être considéré comme une possibilité dont le risque est limité.

En faible quantité, le rejet de matières organiques et d'éléments minéraux peut même amener une eutrophisation des eaux et augmenter la production végétale de la mangrove.

La canne à sucre a répondu de façon spectaculaire à cet épandage, l'année 1977 ayant été particulièrement sèche de janvier à juin, ce qui a permis de fortement différencier les zones irriguées des zones non irriguées.

Les effets eau-engrais se cumulent:

- la non-phytoxicité des vinasses neutralisées, même par aspersion de jour après un stockage court de 4 jours et une dilution faible, a été mise en évidence.

- l'effet bénéfique de cette aspersion sur la croissance de la canne, très visible, entraîne un accroissement du tonnage récolté, sans que la richesse des jus ne soit modifiée.

- l'apport important de potassium, mais aussi de phosphore et d'azote, est mis en évidence par les analyses foliaires.

Les valeurs trouvées en potassium et phosphore sont nettement au-dessus de la moyenne et l'azote est presque normal, alors qu'aucune fumure n'a été apportée.

Une légère fumure additionnelle d'urée serait suffisante et peut-être, inutile à moyen terme.

Le coût de l'irrigation serait ainsi atténué et rentabilisé par ces retombées indirectes si l'amortissement des installations peut être effectué dans des conditions convenables.

n° fil	profond.	Trai- tem	D . A .			H Z			CONTRACTION			pF 3.0			pF 4.2			ARGILE	
			0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12	type	%
1 a	0-20	Irr.	1.04	1.08	1.05	46.30	48.50	44.25	-10	-11		45.50	51.50		43.30	49.20			
b	20-40	"	1.02	1.05	1.03	56.10	50.15	48.50	-12	-12		50.90	52.95		46.70	49.80			
2 a	0-20	"										45.15	52.60		40.30	52.00			
b	20-40	"										48.80	53.30		43.80	52.90			
c	40-60	"											53.60			51.10			
d	60-80	"											53.20			50.40			
e	80-100	"											53.30			51.00			
3 a	0-20	"										49.50	52.40		44.80	52.35			
b	20-40	"										47.50	51.30		42.30	46.90			
c	40-60	"											50.00			46.70			
d	60-80	"											56.80			51.45			
e	80-100	"											59.10			55.80			
4 a	0-20	"	1.06	1.03	1.08	47.45	49.90	45.09	-10	-10		48.60	57.80		45.00	53.40			
b	20-40	"	1.11	1.10	1.09	48.60	51.30	49.75	-12	-12		53.00	56.00		48.50	53.10			
c	40-60	"											55.20			51.50			
d	60-80	"											59.80			52.80			
e	80-100	"											60.80			57.50			
5 a	0-20	"										48.70	53.60		44.10	48.70			
b	20-40	"										45.70	47.20		41.90	44.90			
16 a	0-20	"	1.07	1.10	1.09	46.50	54.20	48.54	-10	-11		53.60	54.60		49.10	49.50			75.0
b	20-40	"	1.06	1.05	1.06	53.50	55.30	50.18	-12	-11		53.60	53.00		49.30	47.80			78.2
c	40-60	"											52.50			48.80			81.3
d	60-80	"											54.85			50.40			80.5
e	80-100	"											55.60			47.70			75.6
6 a	0-20	0.5										48.50			44.30				
b	20-40	0.5										49.65			44.25				
7 a	0-20	"										49.90			44.70				
b	20-40	"										35.05			30.60				
8 a	0-20	N.I.										51.60			48.00				
b	20-40	"										56.60			53.00				
9 a	0-20	TEMOIN	1.07	1.03	1.05	45.90	15.10	46.53	-10	-11		49.70	50.05		46.80	46.50			
b	20-40	N.I.	1.08	1.05	1.07	49.90	16.05	49.62	-12	-11		51.30			46.70				
10 a	0-20	0.5	1.07	1.03	1.08	45.60		45.10	-10	-10		38.50			33.30				
b	20-40	"	1.02	1.06	1.05	56.60		49.38	-12	-12		36.95			32.80				
11 a	0-30	0.5										41.30			38.30				
12 a	0-30	N.I.										47.30			44.40				
13 a	0-30	"										44.60			39.50				
14 a	0-30	TEMOIN				15.35						43.70	50.40		39.30	46.10			
b	30-40	N.I.											54.70			48.90			
15 a	0-30	"				16.12						43.55	50.70		39.00	43.80			
b	30-40	"											49.10			45.10			

NONMONTILLONITE

pi

pi

pi

pi

i° rofil	profond.	Trai- nt- tem	pH						AZOTE TOTAL			PHOSPHORE TOTAL			PHOSPHORE ASSI		
			eau	KCl	eau	KCl	eau	KCl	mg	%	g	mg	%	g	mg	%	g
			0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12
a	0-20	Irr.	7.9	7.2	7.5	6.7	7.6	6.8	210.0	237.0	270.0	68.80		116.36	1.7	11.0	
b	20-40	"	7.3	6.8	7.8	6.8	7.8	6.3	143.5	189.0		43.20		51.05	1.1	4.0	
a	0-20	"	8.0	7.1	7.7	6.9	7.9	6.9	231.2	268.0	247.3					5.0	
b	20-40	"	8.0	7.1	7.7	6.7	7.6	6.9		175.0						4.0	
c	40-60	"	7.9	7.1	7.9	7.1	7.8	7.0		87.5						3.0	
d	60-80	"	7.8	7.2	7.8	7.2	7.7	7.1		56.0						3.0	
e	80-100	"	7.8	7.2	7.8	7.2	7.7	7.1		42.0						2.0	
3 a	0-20	"	7.9	7.1	7.6	7.0	7.6	6.9	212.2	245.0	230.5					13.0	
b	20-40	"	8.1	7.2	7.8	7.2	7.9	7.1		126.0						4.0	
c	40-60	"	8.0	7.1	7.8	7.2	7.6	7.1		35.0?						3.0	
d	60-80	"	7.9	7.2	7.9	7.4	7.8	7.3		35.0						3.0	
e	80-100	"	7.9	7.2	7.9	7.2	7.8	7.3		35.0						2.0	
4 a	0-20	"	7.2	6.3	7.6	6.9	7.3	6.4	200.8	210.0	223.6					6.0	
b	20-40	"	7.2	6.3	7.6	7.0	7.5	6.5		133.0						4.0	
c	40-60	"	7.8	7.1	7.8	7.2	7.7	7.1		70.0						3.0	
d	60-80	"	7.9	7.0	7.9	7.3	7.9	7.2		49.0						2.0	
e	80-100	"	8.0	7.2	8.3	7.3	7.9	7.3		38.5						2.0	
5 a	0-20	"	7.9	7.1	8.0	7.2	7.8	7.3	280.0	322.0	303.4	85.60		128.57	2.1	20.0	
b	20-40	"	8.0	7.1	8.2	7.3	8.0	7.2	197.5	187.0		83.20		103.25	2.1	2.0	
16 a	0-20	"	7.8	7.0	7.7	7.0	7.6	7.0	229.0	245.0	270.0	86.40		110.50	1.7	6.0	7.2
b	20-40	"	7.9	7.0	8.1	7.5	7.8	7.0	161.0	198.0	165.0	49.60		55.80	1.2	3.2	6.1
c	40-60	"	8.0	7.1			7.9	7.1	80.0	89.0	93.0	44.80		46.00	1.1		3.2
d	60-80	"	8.0	7.0			7.9	7.1	56.5	70.1	70.0	28.00		30.00	1.1		1.5
e	80-100	"	8.1	7.2			8.0	7.2	52.5	57.5	50.0	24.00		26.00	1.5		1.9
6 a	0-20	0.5	8.0	7.1	8.4	7.4	7.9	7.5	287.0			107.20			4.7		
b	20-40	0.5	8.0	7.1	8.3	7.3	8.2	7.2	259.0			100.80			3.5		
7 a	0-20	"	7.9	7.0	8.3	7.3	8.1	7.0									
b	20-40	"	8.1	7.2	7.8	7.2	8.0	7.1									
8 a	0-20	N.I.	7.9	6.9			7.8	7.0	304.5			98.40			3.5		
b	20-40	"	7.7	6.8			7.9	6.9	213.5			59.20			1.1		
9 a	0-20	TEMOIN	8.0	7.1	7.9	7.2	7.9	7.0	265.1	270.2	250.1	87.17		85.23	2.8	3.0	
b	20-40	"	8.1	7.2	8.0	7.2	7.9	7.1	119.5	125.1		65.10		65.35	2.0	1.8	
10 a	0-20	0.5	8.2	7.3													
b	20-40	"	8.2	7.4													
11 a	0-30	0.5	8.1	7.2			8.0	7.2	280.0			96.00		106.06	2.1		
12 a	0-30	N.I.	8.0	7.2			8.1	7.2									
13 a	0-30	"	8.0	7.2			7.9	7.1	399.0			103.20		100.05	2.1		
14 a	0-30	TEMOIN	8.1	7.3	8.1	7.2	8.0	7.2	217.0	225.0		65.60		67.73	2.0	3.0	
b	30-40	N.I.			8.1	7.1	8.1	7.2								2.0	
15 a	0-30	"	8.1	7.3	8.1	7.2	8.0	7.3	235.0	230.0		73.34		70.29	3.0	2.5	
b	30-40	"			8.2	7.3	8.1	7.3									

fil	profond.	Traitem.	CATIONS ECHANGEABLES mé % g														T NH ₄	à pH 7.0		
			temps 0			temps 6					temps 12							mâ % g		
			K	Na	Ca	Mg	S	K	Na	Ca	Mg	S	K	Na	Ca	Mg	S	0	6	12
2	0-20	Irr.	0.32	0.29		3.04	(3.65)	0.81	0.53		2.83	(4.17)	0.80	0.50		2.50	(3.80)	49.5	52.2	51.5
3	20-40	"	0.19	0.31		3.17	(3.67)	0.25	0.48		1.83	(2.56)	0.30	0.45		1.93	(2.68)	47.2	45.0	46.1
4	0-20	"	0.70	0.29		3.08	(4.07)	2.42	0.77		6.00	(9.19)	2.12	0.70		5.10	(7.92)	49.0	48.0	49.0
	20-40	"						0.73	0.62		4.58	(5.93)	0.77	0.65		4.25	(5.67)	47.0	47.0	48.1
	40-60	"						0.22	0.72		4.42	(5.36)	0.32	0.75		4.02	(5.09)		44.5	45.1
	60-80	"						0.17	0.82		4.92	(5.91)	0.19	0.85		4.99	(6.03)		43.0	44.1
	80-100	"						0.14	0.96		5.17	(6.27)	0.15	0.92		4.85	(5.92)		42.0	42.1
5	0-20	"	0.23	0.36		3.46	(4.05)	1.52	0.72		4.83	(7.07)	1.48	0.60		4.03	(6.11)	53.5	51.5	51.8
	20-40	"						0.28	0.62		3.92	(4.82)	0.30	0.55		4.15	(5.00)	46.5	43.5	47.1
	40-60	"						0.17	0.72		5.00	(5.89)	0.20	0.80		4.90	(5.90)		40.5	40.8
	60-80	"						0.20	1.39		7.67	(9.26)	0.22	1.40		6.55	(8.17)		43.5	43.0
	80-100	"						0.20	1.68		8.50	(10.38)	0.18	1.72		7.45	(9.35)		43.0	43.1
4	0-20	"	0.25	0.48		5.54	(6.27)	1.10	0.67		6.08	(7.85)	1.05	0.60		5.80	(7.47)	48.5	47.0	47.8
	20-40	"						0.33	0.82		5.75	(6.90)	0.38	0.80		5.60	(6.78)	46.0	47.5	47.6
	40-60	"						0.20	1.10		6.50	(7.80)	0.25	1.19		6.80	(8.24)		45.5	45.0
	60-80	"						0.20	1.54		7.17	(8.91)	0.22	1.70		7.10	(9.02)		45.2	46.0
	80-100	"						0.17	2.16		8.33	(10.66)	0.19	2.10		7.95	(10.24)		45.0	44.3
5	0-20	"	0.30	0.34		2.58	(3.22)	0.70	0.58		4.17	(5.45)	0.75	0.55		3.98	(5.28)	50.7	46.5	50.7
	20-40	"	0.35	0.34		2.42	(3.11)	0.14	0.77		2.92	(3.83)	0.38	0.83		3.05	(4.26)	50.0	49.0	49.1
16	0-20	"	0.32	0.41		3.33	(4.06)	0.54	0.48		2.17	(3.19)	0.58	0.43		2.05	(3.06)	52.2	48.5	49.7
	20-40	"	0.21	0.46		3.46	(4.13)	0.28	0.34		1.83	(2.25)	0.35	0.35		1.95	(2.25)	49.0	49.5	49.5
	40-60	"	0.22	0.55		4.12	(4.89)						0.30	0.60		3.59	(4.12)		49.5	49.5
	60-80	"	0.20	0.66		5.21	(6.07)						0.22	0.70		4.85	(5.77)	46.5		49.0
	80-100	"	0.21	0.72		5.12	(6.05)						0.23	0.80		4.96	(5.99)	46.5		47.1
6	0-20	0.5	0.91	0.36		3.04	(4.31)													
	20-40	0.5	0.70	0.36		2.96	(4.02)													
7	0-20	"	0.32	0.30		2.42	(3.04)													
	20-40	"																		
8	0-20	N.I.	0.52	0.29		2.96	(3.77)													
	20-40	"	0.22	0.41		2.96	(3.59)													
9	0-20	TEMOIN	0.34	0.38		3.04	(3.76)	0.30	0.32		2.48	(3.10)	0.39	0.40		2.95	(3.74)	50.5	49.7	51.3
	20-40	N.I.	0.23	0.45		2.99	(3.67)	0.19	0.52		2.79	(3.50)	0.20	0.43		3.03	(3.66)	51.2	50.0	49.5
10	0-20	0.5	0.55	0.62		2.96	(4.13)													
	20-40	"																		
11	0-30	0.5	0.63	0.36		2.37	(4.35)													
	0-30	N.I.	0.52	0.41		2.62	(3.55)													
13	0-30	"	0.72	0.41		2.29	(3.42)													
14	0-30	TEMOIN	0.63	0.34		1.92	(2.69)	0.64	0.38		2.92	(4.64)	0.60	0.40		2.90	(3.90)	40.0	44.5	44.0
	30-40	N.I.						0.29	0.33		1.96	(2.84)	0.28	0.38		2.18	(2.84)		50.5	46.8
15	0-30	"	0.68	0.26		1.83	(2.27)	0.70	0.58		1.92	(3.33)	0.72	0.45		1.86	(3.03)		49.5	48.8
	30-40	"						0.30	0.33		2.08	(2.91)	0.32	0.55		1.95	(2.82)		43.0	43.5

° fil	profond.	Traitem. tem	CARBONE TOTAL									ACIDES HUMIQUES ET FULVIQUES						SULFATE ECH.			
			g % g			C/N			ac. humiques			ac. fulviques			rapport AH/AF		mē % g				
			0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12	0	6	12	
1 a	0-20	Irr.	1.99	2.58	2.40	9.5	9.0	8.9	0.40	0.57		0.40	0.46		1.00	1.24	0.17	0.38			
1 b	20-40	"	1.06	1.49		7.4	7.9		0.16	0.32		0.28	0.30		0.57	1.07	0.17	0.30			
2 a	0-20	"	2.17	2.46	2.25	9.4	9.2	9.1		0.40			0.27			1.48	0.39	0.52			
2 b	20-40	"		1.41			8.1			0.34			0.35			0.97					
2 c	40-60	"		0.65			7.4			0.21			0.07			3.00					
2 d	60-80	"		0.37			6.6			0.09			0.03			3.00					
2 e	80-100	"		0.24			5.7			0.06			0.10			0.40					
3 a	0-20	"	2.03	2.29	2.14	9.6	9.3	9.3		0.48			0.47			1.02	0.32	0.48			
3 b	20-40	"		1.05			8.3			0.17			0.26			0.65					
3 c	40-60	"		0.42?			-			0.03			0.12			0.35					
3 d	60-80	"		0.24			6.8			0.04			0.08			0.50					
3 e	80-100	"		0.18			5.1			0.03			0.06			0.50					
4 a	0-20	"	1.86	1.91	1.99	9.3	9.1	8.9		0.31			0.39			0.79	0.23	0.36			
4 b	20-40	"		1.20			9.0			0.27			0.33			0.82					
4 c	40-60	"		0.50			7.1			0.07			0.20			0.35					
4 d	60-80	"		0.28			5.7			0.03			0.14			0.21					
4 e	80-100	"		0.19			5.0			0.02			0.10			0.20					
5 a	0-20	"	2.49	2.80	2.67	8.9	8.7	8.8	0.50	0.58		0.42	0.44		1.19	1.32	0.31	0.40			
5 b	20-40	"	1.52	1.46		7.7	7.8		0.47	0.18		0.36	0.17		1.30	1.06	0.49	0.55			
16 a	0-20	"	2.24	2.33	2.59	9.8	9.5	9.6	0.81	0.54		0.13	0.37		6.23	1.46	0.32	0.53			
16 b	20-40	"	1.38	1.68	1.45	8.6	8.5	8.8	0.21	0.08		0.25	0.14		0.84	0.57	0.27	0.32			
16 c	40-60	"	0.59	0.68	0.70	7.4	7.6	7.5	0.20			0.14			1.43		0.17	0.18			
16 d	60-80	"	0.40	0.49	0.47	7.1	7.0	6.7	0.04			0.09			0.44		0.22	0.20			
16 e	80-100	"	0.35	0.36	0.32	6.7	6.3	6.4	0.04			0.06			0.67		0.27	0.32			
6 a	0-20	0.5	2.66			9.3			0.63			0.38			1.65						
6 b	20-40	0.5	2.25			8.7			0.53			0.33			1.60						
7 a	0-20	"																			
7 b	20-40	"																			
8 a	0-20	N.I.	2.76			9.1			0.67			0.34			1.97						
8 b	20-40	"	1.72			8.1			0.21			0.32			0.66						
9 a	0-20	TEMOIN	2.54	2.51	2.35	9.6	9.3	9.4	0.53	0.46		0.38	0.45		1.39	1.02	0.33	0.29			
9 b	20-40	N.I.	0.92	1.01		7.8	8.0		0.17	0.15		0.22	0.12		0.77	1.25	0.18	0.21			
10 a	0-20	0.5																			
10 b	20-40	"																			
11 a	0-30	0.5	2.63			9.4			0.49			0.43			1.14						
12 a	0-30	N.I.																			
13 a	0-30	"	3.65			9.1			0.34			0.86			0.39						
14 a	0-30	TEMOIN	1.97	1.98		9.1	8.8		0.61	0.63		0.29	0.36		2.10	1.75	0.18	0.19			
14 b	30-40	N.I.								0.71			0.43			1.65					
15 a	0-30	"	2.09	2.02		8.9	8.8		0.59	0.67		0.40	0.49		1.47	1.37		0.20			
15 b	30-40	"								0.28			0.07		4.00						

911

VI/- / Résultats expérimentaux sur la fertilisation /
de la canne à sucre en Guadeloupe /

Récolte 1960, bilan, orientation à donner aux
études de fertilisation

C.T.C.S., 1960, octobre, 70 pp.

Y.LEMAIRE
J.GAUIHEYROU

F.COLMET DAAGE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 8

CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE
ET DU SUCRE DE LA GUADELOUPE

RESULTATS EXPERIMENTAUX
SUR LA FERTILISATION DE LA CANNE A SUCRE
EN GUADELOUPE

RECOLTE 1960

BILAN - ORIENTATION
A DONNER AUX ETUDES SUR LA FERTILISATION

Y. LEMAIRE

J. GAUTHEYROU

Chargé de l'expérimentation Chef du laboratoire du CTCS
Agricole au C.T.C.S

F. COLMET-DAAGE

Pédologue de l'ORLÉAN
Bureau d'étude des sols

Providence - ABYTES.
le 25 - 10 - 60

RESULTATS EXPERIMENTAUX SUR LA FERTILISATION
DE LA CANNE A SUCRE EN GUADELOUPE

Ce rapport présente les résultats obtenus dans les différents essais de fumure récoltés en 1960.

Les conditions générales d'implantation de ces essais ont été précisées dans le rapport "Premiers résultats expérimentaux sur la fertilisation de la canne à sucre en Guadeloupe" publié en 1959 auquel on voudra bien se reporter.

Les résultats portent sur :

- 1 essai d'amendement calcaire établi sur sol ferrallitique à allophanes des hauteurs de Capesterre récolté en 2ème Rejeton.
- 3 essais factoriels N.P.K.Ca établis sur sols friables acides de Guadeloupe ss. récoltés en 1ers Rejetons.
- 8 essais à niveaux N P K variables établis sur sols calcaires à argiles Montmorillonite de Grande Terre.
- 4 essais de fumure de fond phospho - potassique établis sur sols calcaires à argiles Montmorillonite de Grande Terre récoltés en canne plantée.
- 1 essai à niveaux N P K variables établi sur sol lourd des Abyes récolté en canne plantée.

LISTE DES ESSAIS

- Amendement Calcaire

Marquisat	La Digue	Angélique V	p. 3
-----------	----------	-------------	------

- Factoriels N.P.K.Ca.

Bonne Mère	Dupré Roussel	Ananas	p. 8
Marquisat	Changy	Doyon	p. 12
Marquisat	Manceau	Manceau	p. 16

- Niveaux N P K variables

Beauport	Girard	Gde Maison	p. 22
Beauport	Marie Thérèse	Boléro	P; 26
Beauport	Espérance	Calypso	p. 31
Gardel	Ste Marie	Lillette	p. 38
Gardel	Montplaisir	Parc	p. 39
Gardel	Marly	Richeplaine	p. 40
Gardel	Gentilly	K'Angon	p. 41
Gardel	Ste Marie	Gouffre	p. 42

- Fumure de Fond

Gardel	Ste Marie	Dévarieux	p. 46à48
Gardel	Montplaisir	Dacorée	p. 46à48
Gardel	Marly	Forge	p. 46à48
Gardel	Gentilly	Moulin du Patty	p. 46à48

- Niveaux N P K variables

Barboussier	Boivinière	Céline et Roger	p. 49
-------------	------------	-----------------	-------

LA DIGUE - ANGELIQUE V

Analyses jus 1ère pression sur la totalité des cannes récoltées par parcelles.

Date : 17 Mai 1960

Traitements	N°	P.C. T/Ha	S.E. % Cannes	S.E. T/Ha
Ca ₃	1	97	9.52	9.23
Ca ₁	2	95	10.12	9.61
Ca ₂	3	111	8.99	9.97
Ca ₀	4	107	9.99	10.68
Ca ₀	5	91	9.70	8.82
Ca ₂	6	84	9.23	7.75
Ca ₃	7	92	10.12	9.31
Ca ₁	8	123	9.90	12.17
Ca ₁	9	86	9.72	8.35
Ca ₃	10	122	8.70	10.61
Ca ₀	11	101	9.68	9.78
Ca ₂	12	129	9.35	12.06
Ca ₂	13	89	10.51	9.35
Ca ₀	14	105	10.05	10.55
Ca ₁	15	99	10.02	9.91
Ca ₃	16	85	9.62	8.17

LA DIGUE ANGELIQUE V

RECOLTE EN 2ème REJETON 1960
REFLET N.P.K. dans les feuilles (1)

Traitements	C.T/Ha	S.%C	S.T/Ha	% de feuille sèche		
				N	P	K
Ca-0	101	9,85	9,95	1,801	0,163	1,207
Ca-1	100	9,94	10,01	1,788	0,167	1,181
Ca-2	103	9,52	9,78	1,799	0,175	1,188
Ca-3	99	9,49	9,33	1,750	0,184	1,229

(†) Moyenne des 3 prélèvements (3 mois, 4 mois $\frac{1}{2}$, 6 mois) pour les 4 répétitions.

LA DIGUE - ANGELIQUE V

RESULTATS SUR 3 ANNEES DE CULTURE

Traitements	C.T/Ha			S.E. % C.			S.E. T/Ha			
	C.P.	1R.	2R.	C.P.	1R.	2R.	C.P.	1R.	2R.	Total
Ca ₀	85	86	101	9.83	10.92	9.85	8.38	9.36	9.95	27.69
Ca ₁	96	91	100	8.98	10.54	9.94	8.57	9.56	10.01	28.14
Ca ₂	96	95	103	9.37	10.25	9.52	8.97	9.66	9.78	28.41
Ca ₃	102	99	99	8.86	9.95	9.49	9.09	9.86	9.33	28.28
	n.s	d= 4 t	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	

CONCLUSIONS

Légère augmentation du tonnage de cannes et de sucre produit à l'hectare avec l'apport de calcaire. L'augmentation obtenue n'est pas significative. Cet essai montre que les apports massifs ne sont pas intéressants et que l'effet du chaulage sur des rendements semble diminuer au cours des années. Notons que le chaulage entraîne une diminution de la qualité des jus.

L'apport de Ca dans la fumure favorise l'assimilation du phosphore puisque les teneurs en P dans les feuilles augmentent sensiblement de la dose 0 à la dose 3. En résumé sur de tels sols un chaulage à raison de 3⁷/Ha de calcaire broyé peut s'amortir sur un cycle de 4 à 5 ans (1 canne plantée et 3 rejetons). Il reste à déterminer les effets du chaulage sur les autres éléments de la fumure objet des essais factuels N.P.K.Ca.

134

C.T.C.S.

ESSAIS N.P.K.Ca.
=====

Pour les conditions générales d'implantation de ces trois essais on se reportera au rapport "Premiers Résultats Expérimentaux sur la fertilisation de la canne à sucre en Guadeloupe - Récolte 1959 -" en date du 15 Septembre 1959 .

Pour chacun de ces trois champs on trouvera
Un plan résumant le protocole expérimental utilisé
Les Résultats globaux (P.C. t/Ha - S.E. % C - S.E. t/Ha) obtenus en 1960.
Le Tableau général des variances pour les différentes composantes de la variation établi pour les résultats S.E. t/Ha.
Une Analyse détaillée des Effets Principaux et des Actions combinées les plus marquantes avec les Résultats cumulés sur deux récoltes (P.C. 1959 et 1R 1960). Excepté pour le champ Manceau qui n'a pas donné lieu l'année dernière à des pesées et analyses systématiques lors de la récolte.
Le reflet N-P-K dans les feuilles pour des prélèvements effectués à - 3, 4½, 6, 7½ mois.
Excepté pour le champ Doyon qui n'a donné lieu qu'aux trois premiers prélèvements.

Les conclusions relatives à ces trois essais seront rassemblées sur un graphique avec les résultats d'essais similaires établis par le service d'expérimentation agronomique des sucreries d'Outre - Mer sur sols de même type.

C.T.C.S.

ESSAI N.P.K.Ca.

P.C. 59 - 1R 60

USINE BONNE - MERLE - Htion, DUPRÉ-ROUSSEL-Pièce : ANANAS

Type de sol : Sol friable à Kaolinite et Hydroxydes - acide - désaturé en bases. pH : 4,5

Protocole Expérimental : Essai factoriel 2⁴ - 3 répétitions - plots de 100 m²

Bloc I		Bloc II		Bloc III	
6 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	5 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1	4 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	3 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0	2 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	1 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1
12 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	11 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	10 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	9 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-0	8 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	7 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1
18 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	17 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-2	16 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	15 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1	14 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	13 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1
24 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	23 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1	22 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	21 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1	20 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	19 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1
30 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	29 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0	28 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	27 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0	26 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	25 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1
36 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	35 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-0	34 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	33 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1	32 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	31 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0
42 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	41 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0	40 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	39 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1	38 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	37 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0
48 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	47 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0	46 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0	45 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0	44 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	43 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0

Fumure :

<u>C.P.</u>	N ₁	75 Kg N/Ha	P ₀	0 kg P ₂ O ₅ /Ha	K ₁	100Kg K ₂ O/Ha	Ca-0	500g
	N ₂	100 "	P ₁	200 "	K ₂	200 "	Ca-1	8
	SO ₄ (NH ₄) ₂	20%	Phosph.bica	40%	ClK	60%		calcaire broyé

1er R.

N ₁	75	P ₀	0	K ₁	100
N ₂	150	P ₁	120	K ₂	200
SO ₄ (NH ₄) ₂	20%	Super Phosph.	30%	ClK	60%

Variété : B.41.227Plantation le : 12 Juin 58Récolte en C.P. : 20 Mai 59Récolte en 1R : 27 Février 60

RESULTATS GLOBAUX

TABLEAU GENERAL DES VARIANCES S.E. t/Ha

Traitements	P.C. t/Ha	S.E. % C	S.E. t/Ha
N ₂ P ₁ K ₂ Ca ₁	131	8,72	11,45
N ₂ P ₁ K ₁ Ca ₁	114	8,66	9,87
N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₁	128	8,14	10,40
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₁	115	9,09	10,39
N ₂ P ₁ K ₂ Ca ₀	128	8,32	10,71
N ₂ P ₁ K ₁ Ca ₀	116	8,41	9,78
N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₀	125	8,52	10,62
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₀	107	9,26	9,86
N ₂ P ₀ K ₂ Ca ₁	119	8,85	10,54
N ₂ P ₀ K ₁ Ca ₁	107	8,31	8,89
N ₁ P ₀ K ₂ Ca ₁	131	8,09	10,62
N ₁ P ₀ K ₁ Ca ₁	119	8,82	10,54
N ₂ P ₀ K ₂ Ca ₀	107	8,53	9,16
N ₂ P ₀ K ₁ Ca ₀	101	8,97	8,92
N ₁ P ₀ K ₂ Ca ₀	93	8,86	8,28
N ₁ P ₀ K ₁ Ca ₀	103	8,30	8,58

S.d. = 15 t non S.d. = 1,8 t
calculé

Composantes de la Variation	Variation	% Liberté	Variances	Rapport des Variances F =	F pour P = 0,05	Signification
P	11	1	11	10,37	4,17	S.
Ca	9	1	9	8,49	"	S.
N	0	1	0		"	
K	5	1	5	4,71	"	S.
P Ca	4	1	4	3,77	"	N.S.
P N	0	1	0		"	
P K	0	1	0		"	
N K	3	1	3		"	
N Ca	1	1	1		"	
K Ca	0	1	0		"	
P N Ca	2	1	2		"	
P N K	0	1	0		"	
N P Ca	1	1	1		"	
P K Ca	1	1	1		"	
N P K Ca	0	1	0		"	
Traitements	37	15	2,46	2,32	2	S.
Blocs	3	2	1,50	1,42	3,32	n.S.
Erreur	32	30	1,06			
Totale	72	47				

N.P.K.Ca. Ananas

N.P.K.Ca. Ananas

EFFETS PRINCIPAUX

Effets Principaux	N		P		K		Ca	
	N ₁	N ₂	P ₀	P ₁	K ₁	K ₂	Ca ₀	Ca ₁
P.C. t/Ha	115	115	110	120	110	120	110	120
S.E. % C	8,65	8,60	8,59	8,64	8,72	8,51	8,64	8,59
S.E. t/Ha	9,92	9,92	9,44	10,39	9,61	10,22	9,49	10,34

d=5 t
non cal
culé
d=0,60t

ACTION COMBINEE P X Ca

Traitements	PC t/Ha	SE % C	SE t/Ha
P ₀ Ca ₀	101	8,66	8,73
P ₀ Ca ₁	119	8,51	10,15
P ₁ Ca ₀	119	8,62	10,25
P ₁ Ca ₁	122	8,65	10,53

S.d= 7,5t Non cal nS
culé

EFFETS PRINCIPAUX ET ACTION COMBINEE P X Ca
SUR 2 RECOLTES (PC 59 + 1R 60)

Traitements	PC t/Ha		SE % C		SE t/Ha		Total	Diff.
	PC 59	1R 60	PC 59	1R 60	PC 59	1R 60		
N ₁	83	115	8,49	8,63	6,95	9,92	16,87	
N ₂	84	115	8,35	8,60	7,08	9,92	17,00	+ 0,13
P ₀	79	110	8,35	8,59	6,69	9,44	16,13	
P ₁	87	120	8,45	8,64	7,35	10,39	17,72	+ 1,59
K ₁	81	110	8,54	8,72	6,91	9,61	16,52	
K ₂	85	120	8,26	8,51	6,61	10,22	16,83	+ 0,31
Ca ₀	79	110	8,55	8,64	6,87	9,49	16,36	
Ca ₁	87	120	8,25	8,59	7,15	10,34	17,49	+ 1,13
P ₀ Ca ₀	74	101	8,61	8,66	6,62	8,73	15,35	
P ₀ Ca ₁	84	119	8,49	8,51	7,12	10,15	17,27	+ 1,92
P ₁ Ca ₀	84	119	8,09	8,62	6,76	10,25	17,01	+ 1,66
P ₁ Ca ₁	90	122	8,42	8,65	7,54	10,53	18,07	+ 2,72

N.P.K.Ca AnanasREFLET N.P.K DANS LES FEUILLES

(1)

Traitements	N	P	K
N ₁	1,608	0,180	1,070
N ₂	1,717	0,177	1,020
P ₀	1,666	0,171	1,046
P ₁	1,659	0,187	1,044
K ₁	1,658	0,181	0,991
K ₂	1,667	0,177	1,099
Ca-0	1,672	0,178	1,067
Ca-1	1,653	0,180	1,024
P ₀ Ca-0	1,662	0,166	1,076
P ₀ Ca-1	1,669	0,175	1,016
P ₁ Ca-0	1,683	0,189	1,057
P ₁ Ca-1	1,636	0,186	1,031

(1) moyenne de 4 prélèvements- 3 - 4½ - 6 - 7½ mois

C.T.C.S.

ESSAI N P K Ca

P.C. 59 - 1 R 60

USINE MARQUISAT Htion, CHANGY Pièce DOYON

Type de sol : Sol brun rouge ferrugineux, acide pH : 5

Protocole Experimental : Essai factoriel - type 2⁴ - 3 répétitions. Plots de 100 m²

Bloc I		Bloc II		Bloc III	
6 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	5 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1	4 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	3 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0	2 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	1 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1
12 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	11 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1	10 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	9 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-0	8 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	7 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1
18 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	17 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1	16 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1	15 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1	14 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	13 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1
24 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	23 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1	22 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	21 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1	20 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	19 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-0
30 N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	29 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0	28 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	27 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0	26 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	25 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1
36 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	35 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-0	34 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	33 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1	32 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	31 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0
42 N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	41 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0	40 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	39 N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1	38 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	37 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0
48 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	47 N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0	46 N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	45 N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0	44 N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	43 N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0

Fumure :

C.P.	N ₁	65 Kg N/Ha	P ₀	0 Kg P ₂ O ₅ /Ha	K ₁	100 Kg K ₂ O/Ha	Ca-0	0t/Ha
	N ₂	150	P ₁	200	K ₂	200	Ca-1	12
	So ⁴ (NH ⁴) ₂	20%	Phosph.bica	40%	CLK	60%	mélange calco-calci que	

1 ^{er} R	N ₁	80	P ₀	40	K ₁	140		
	N ₂	160	P ₁	130	K ₂	270		

500 Kg/Ha d' un engrais 8-8-28 sur toutes les parcelles-soit 40-40-140. Le complément en So⁴(NH⁴)₂ 20% Super Phosph. 30% CLK 60%

Variété : B.37.172

Plantation : 21 Mai 58

Récolte en C.P : 23 Avril 59

Récolte en 1.R : 25 Avril 60

TABLEAU GENERAL DES VARIANCES - S.E. t/Ha

RESULTATS GLOBAUX

Composantes de la Variation	Variation	degré de liberté	Variances	F = Rapport des Variances	F pour P = 0,05	Signification
P	1,54	1	1,54		4,17	.
Ca	14,11	1	14,11	4,80	"	S.
N	11,55	1	11,55		"	S.
K	6,62	1	6,62		"	
P-Ca	2,67	1	2,67		"	
P-N	3,86	1	3,86		"	
P-K	5,26	1	5,26		"	
N-K	28,08	1	28,08	9,80	"	S.
N-Ca	1,07	1	1,07		"	
K-Ca	3,77	1	3,77		"	
P-N-Ca	0,63	1	0,63		"	
P-N-K	0,94	1	0,94		"	
N-K-Ca	10,87	1	10,87		"	
P-K-Ca	2,13	1	2,13		"	
N-N-K-Ca	3,87	1	3,87		"	
Traitements	86,97	15	5,80	2,	2	S.
Blocs	16,26	2	8,13		3,32	
Erreur	88,01	30	2,92		-	
Totale	191,24	47			-	

N.P.K.Ca. Doyon

Traitements	P.C. t/Ha	S.E. % C	S.E. t/Ha
N ₂ P ₁ K ₂ Ca ₁	116	12,95	15,02
N ₂ P ₁ K ₁ Ca ₁	113	13,19	14,81
N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₁	117	13,55	15,76
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₁	100	13,81	13,84
N ₂ P ₁ K ₂ Ca ₀	96	13,00	12,39
N ₂ P ₁ K ₁ Ca ₀	110	13,57	14,95
N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₀	100	13,26	13,31
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₀	91	13,87	12,58
N ₂ P ₀ K ₂ Ca ₁	110	13,88	15,19
N ₂ P ₀ K ₁ Ca ₁	117	13,08	15,31
N ₁ P ₀ K ₂ Ca ₁	105	13,69	14,41
N ₁ P ₀ K ₁ Ca ₁	82	13,66	11,20
N ₂ P ₀ K ₂ Ca ₀	102	13,14	13,39
N ₂ P ₀ K ₁ Ca ₀	108	13,08	14,09
N ₁ P ₀ K ₂ Ca ₀	109	13,54	14,71
N ₁ P ₀ K ₁ Ca ₀	81	14,35	11,47

S;d=22 t non calculé S.d =3 t

N.P.K.Ca. Doyon

EFFETS PRINCIPAUX

Effets Principaux Doses	N		P		K		Ca		
	N ₁	N ₂	P ₀	P ₁	K ₁	K ₂	Ca ₀	Ca ₁	
P.C. t/Ha	98	109	102	105	100	107	99	108	S.d= 8t
S.E. % C	13,71	13,23	13,40	13,55	13,57	13,38	13,47	13,47	non calculé
S.E. t/Ha	13,41	14,39	13,72	14,08	13,53	14,27	13,35	14,44	S.d=1t

ACTION COMBINEE N - K

Traitements	PC.t/Ha	S.E % C	S.E t/Ha
N ₁ K ₁	88	13,92	12,27
N ₁ K ₂	108	13,51	14,54
N ₂ K ₁	112	13,23	14,78
N ₂ K ₂	106	13,24	13,99

S.d= 11t non calculé S.d= 1,50t

EFFETS PRINCIPAUX ET ACTION COMBINEE N - K
SUR 2 RECOLTES (P.C. 59 + 1R 60)

Traitements	P.C. t/Ha		S.E. %C		S.E. t/Ha		Total	Diff.
	PC 59	1R 60	PC 59	1R 60	PC 59	1R 60		
N ₁	64	98	12,39	13,71	7,90	13,41	21,31	
N ₂	70	109	12,27	13,23	8,57	14,39	22,96	+ 1,65
P ₀	66	102	12,30	13,55	8,11	13,72	21,83	
P ₁	67	105	12,37	13,40	8,36	14,08	22,44	+ 0,61
K ₁	68	100	12,33	13,57	8,37	13,53	21,80	
K ₂	66	107	12,33	13,37	8,07	14,27	22,34	+ 0,54
Ca ₀	64	99	12,43	13,47	7,94	13,35	21,29	
Ca ₁	70	108	12,24	13,47	8,54	14,44	22,98	+ 1,69
N ₁ K ₁	65	88	12,47	13,92	8,03	12,27	20,32	
N ₁ K ₂	63	108	12,32	13,51	7,74	14,54	22,28	+ 1,96
N ₂ K ₁	71	112	12,20	13,23	8,68	14,78	23,46	+ 3,14
N ₂ K ₂	68	106	12,35	13,24	8,47	13,99	22,46	+ 2,14

N.P.K.Ca. DoyonREFLET N.P.K DANS LES FEUILLES (1)

Traitements	N	P	K
N ₁	1,575	0,172	1,113
N ₂	1,684	0,173	1,146
P ₀	0,164	0,165	1,125
P ₁	0,161	0,179	1,134
K ₁	1,619	0,173	1,108
K ₂	1,640	0,172	1,151
Ca-0	1,629	0,168	1,124
Ca-1	1,629	0,177	1,134
N ₁ K ₁	1,556	0,169	1,092
N ₁ K ₂	1,594	0,174	1,135
N ₂ K ₁	1,682	0,176	1,124
N ₂ K ₂	1,686	0,169	1,168

(1) moyenne de 3 prélèvements 3 -4½- 6 mois

C.T.C.S.

P.C. 59 - 1R 60

ESSAI N.K.K.CaUSINE MARQUISAT Htion, HANCEAU Pièce HANCEAU 8Type de sol : Sol ferrallitique à allophanes des hauteurs de Capesterre

PH : 5

Protocole Expérimental : Essai factoriel 2^4 - 3 répétitions -
plots de 100 m²

Bloc I		Bloc II		Bloc III	
6	5	4	3	2	1
N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1	N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0	N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1
12	11	10	9	8	7
N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1	N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	N ₂ P ₀ K ₂ Ca-0	N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1
18	17	16	15	14	13
N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1	N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1	N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	N ₁ P ₀ K ₂ Ca-1
24	23	22	21	20	19
N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	N ₁ P ₁ K ₁ Ca-1	N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0
30	29	28	27	26	25
N ₁ P ₀ K ₂ Ca-0	N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0	N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0	N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1
36	35	34	33	32	31
N ₂ P ₁ K ₂ Ca-0	N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	N ₂ P ₀ K ₁ Ca-1	N ₂ P ₁ K ₁ Ca-1	N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0
42	41	40	39	38	37
N ₂ P ₀ K ₂ Ca-1	N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0	N ₁ P ₁ K ₂ Ca-1	N ₂ P ₁ K ₂ Ca-1	N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0
48	47	46	45	44	43
N ₁ P ₀ K ₁ Ca-1	N ₁ P ₀ K ₁ Ca-0	N ₁ P ₁ K ₁ Ca-0	N ₁ P ₁ K ₂ Ca-0	N ₂ P ₀ K ₁ Ca-0	N ₂ P ₁ K ₁ Ca-0

Fumure :

<u>C.P.</u>	N ₁ 75 Kg N/Ha	P ₀ 0 Kg P ₂ O ₅ /Ha	K ₀ 0 Kg k ² O/Ha	Ca-0 0t/Ha
	N ₂ 150	P ₁ 200	K ₁ 200	Ca-1 8
	So ⁴ (NH ⁴) ₂ 20%	Phosph.bica 40%	ClK 60%	calcaire broyé

1erR.

N ₁ 75	P ₀ 0	K ₁ 100
N ₂ 150	P ₁ 120	K ₂ 200
So ⁴ (NH ⁴) ₂ 20%	Super Phosph. 30%	ClK 60%

Variété : B.37.172Plantation : 17 Juin 58Récolte en C. P. : 11 Mai 59Récolte en 1R. : 12 Mai 60

RESULTATS GLOBAUX

Traitements	P.C. t/Ha	S.E. % C	S.E. t/Ha
N ₂ P ₁ K ₂ Ca ₁	97	12,42	12,03
N ₂ P ₁ K ₁ Ca ₁	93	12,74	11,91
N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₁	27	12,42	10,94
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₁	86	12,89	11,07
N ₂ P ₁ K ₂ Ca ₀	74	12,57	9,32
N ₂ P ₁ K ₁ Ca ₀	91	13,67	12,33
N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₀	87	13,67	11,81
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₀	71	12,75	9,14
N ₂ P ₀ K ₂ Ca ₁	26	13,11	3,27
N ₂ P ₀ K ₁ Ca ₁	52	12,63	6,59
N ₁ P ₀ K ₂ Ca ₁	48	12,53	5,98
N ₁ P ₀ K ₁ Ca ₁	22	12,81	2,84
N ₂ P ₀ K ₂ Ca ₀	29	12,72	3,75
N ₂ P ₀ K ₁ Ca ₀	36	12,13	4,41
N ₁ P ₀ K ₂ Ca ₀	29	12,89	3,79
N ₁ P ₀ K ₁ Ca ₀	28	12,76	3,73

S.d=23t non S.d= 3 t
calculé

TABLEAU GENERAL DES VARIANCES - S.E t/Ha

Composantes de la Variation	Variation	degré de liberté	Variances	F. Rapport des variances	F. pour P = 0,05	Signification
P	552	1	552	167,3	4,17	S.
Ca	7	1	7		"	"
N	3	1	3		"	"
K	0	1	0		"	"
P Ca	0	1	0		"	"
P-N	0	1	0		"	"
P-K	0	1	0		"	"
N-K	30	1	30	9,1	"	S.
N-Ca	1	1	1		"	"
K-Ca	0	1	0		"	"
P-N-Ca	0	1	0		"	"
P-N-K	1	1	1		"	"
N-K-Ca	0	1	0		"	"
P-K-Ca	1	1	1		"	"
N-P-K-Ca	25	1	25	7,6	"	S.
Traitements	620	15	41,3	12,5	2	S.
Blocs	58	2	29	8,8	3,32	S.
Erreur	99	30	3,3			
Totale	777	47				

N.P.K.Ca Manceau

N.P.K.Ca. Manceau

EFFETS PRINCIPAUX

Effets Principaux	N		P		K		Ca	
	N ₁	N ₂	P ₀	P ₁	K ₁	K ₂	Ca ₀	Ca ₁
P.C. t/Ha	58	62	54	86	60	60	56	64
S.E. % C	12,84	12,75	12,69	12,89	12,79	12,79	12,89	12,69
S.E. t/Ha	7,42	7,96	4,30	11,08	7,76	7,62	7,29	8,09

S.d=8t non calculé
S.d=1t

ACTION COMBINÉE N. x K

Traitements	PC. t/Ha	SE % C	SE. t/Ha
N ₁ K ₁	52	12,80	6,71
N ₁ K ₂	63	12,87	8,41
N ₂ K ₁	68	12,79	8,83
N ₂ K ₂	57	12,70	7,11

S.d= 12t non calculé S.d= 1,5 t

N.P.K.Ca. -ManceauREPLET N.P.K DANS LES FEUILLES (1)

Traitements	N	P	K
N ₁	1,624	0,121	0,975
N ₂	1,699	0,125	1,001
P ₀	1,638	0,101	0,955
P ₁	1,685	0,145	1,021
K ₁	1,658	0,122	0,973
K ₂	1,665	0,124	1,003
Ca-0	1,649	0,120	0,990
Ca-1	1,674	0,126	0,986
N ₁ K ₁	1,619	0,119	0,942
N ₁ K ₂	1,628	0,123	1,008
N ₂ K ₁	1,696	0,126	1,004
N ₂ K ₂	1,702	0,125	0,998

(1) moyenne de 4 prélèvements-5- 4½- 6- 7½ mois

RESULTATS COMPARES DES 3 CHAMPS D'ESSAIS N-P-K-Ca

A Dupré Roussel Ananas.

On notera l'augmentation significative des rendements S.E. T/Ha avec les apports de P, K et Ca et l'interaction positive P-Ca significative pour les rendements C. T/Ha.

L'apport de P comme celui de Ca augmente la teneur en P des feuilles. L'apport de K augmente également la teneur en K des feuilles. Ces faits sont en accord avec l'augmentation des rendements constatée. L'apport supplémentaire de 75 Kg d'N/Ha augmente également la teneur en N des feuilles mais ce fait ne peut pas être rattaché à une augmentation de rendement. Notons que la teneur en N des feuilles est très inférieure à celle constatée l'année dernière en petite culture.

A Changy Doyon.

L'apport de Ca entraîne une augmentation significative des rendements S.E. T/Ha. L'analyse statistique révèle une interaction négative N K significative : l'apport supplémentaire de l'un de ces 2 éléments est bénéfique alors que l'apport supplémentaire simultané de ces 2 éléments entraîne une diminution des rendements. Cette interaction a été constatée également à Manceau et dans certains essais établis à Marquisat par le Service d'Expérimentation des S.O.N (M. DOUCHEZ). On trouvera d'ailleurs ci-contre un graphique mettant en lumière l'analogie entre les résultats obtenus. Une analyse plus détaillée de cette interaction est présentée dans la conclusion générale de ce rapport par M. COLMET DAAGE.

Les analyses foliaires mettent en relief l'effet des apports de P sur la nutrition phosphatée de la canne puisque le niveau est sensiblement augmenté (0,165 % à 0,179 %). La chaux agit également dans le même sens (0,168 % à 0,177 %). Les niveaux N et K augmentent également avec les apports supplémentaires de N et K dans la fumure mais l'augmentation de rendement S.E. T/Ha qu'on pourrait en attendre n'est pas significative. Notons que les valeurs trouvées pour les niveaux N sont basses par rapport à celles constatées l'année précédente en petite culture.

A Manceau.

Le P se révèle comme un élément limitatif des rendements. En son absence il est impossible d'obtenir des rendements normaux, la nutrition de la plante étant complètement troublée. L'apport de Ca entraîne une augmentation significative du tonnage de canne produit à l'hectare mais avec action dépressive sur la qualité des jus; ce que nous avons souvent constaté. Dans une certaine mesure Ca remplace P mais à un degré bien moindre que celui constaté l'année précédente. L'interaction négative N-K est constatée comme à Changy.

Les analyses foliaires montrent une élévation de la teneur en P des feuilles avec les apports de phosphates dans la fumure mais le niveau est encore faible (0,145 %). Les niveaux N et K dans les feuilles ne sont pas très élevés et semblent peu influencés par les apports supplémentaires dans la fumure.

ACTION DES DIFFERENTES DOSES DE N ET K²O KG/Ha
SUR LES RENDEMENTS S.E.T/Ha

CHANGY
(C.T.C.S)

BELLE PLAINE
(S.R.E.- S.O.M.)

K₁ = 100 N₁ = 75
K₂ = 200 N₂ = 150

K₁ = 85 N₁ = 55
K₂ = 170 N₂ = 130

Calcaire 0 t
8 t

BLONDINIÈRE
(S.R.E.- S.O.M.)

MANCEAU
(C.T.C.S)

DUPRE ROUSSEL
(C.T.C.S)

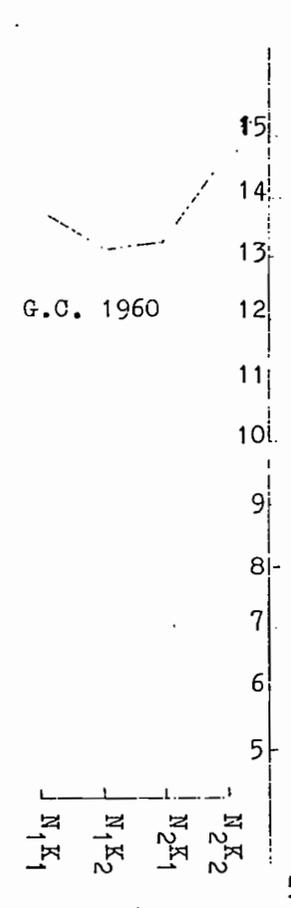
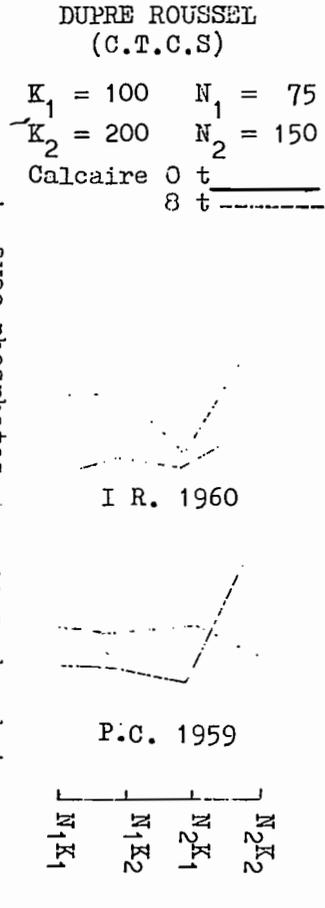
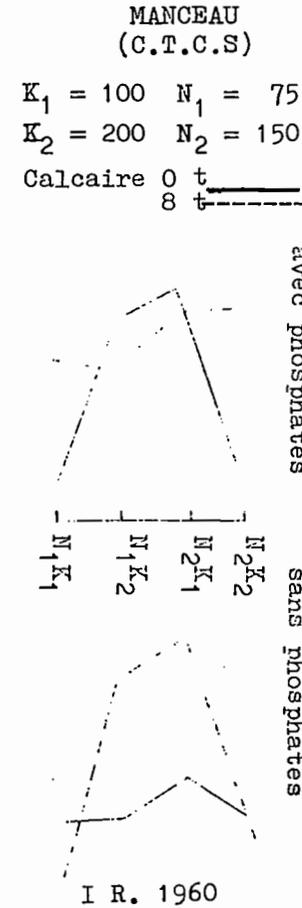
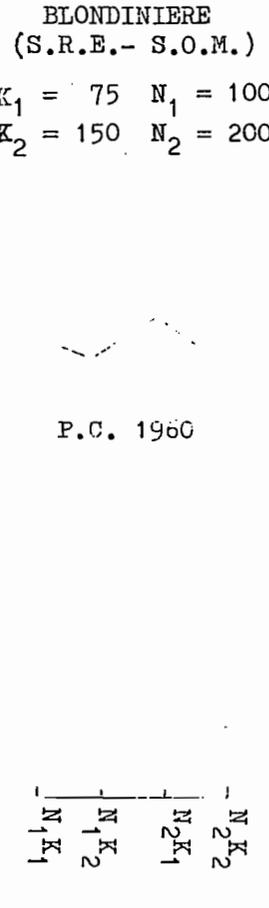
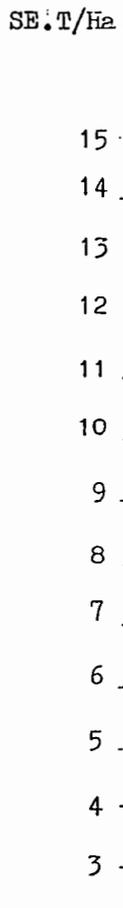
K₁ = 75 N₁ = 100
K₂ = 150 N₂ = 200

K₁ = 100 N₁ = 75
K₂ = 200 N₂ = 150

K₁ = 100 N₁ = 75
K₂ = 200 N₂ = 150

Calcaire 0 t
8 t

Calcaire 0 t
8 t



134

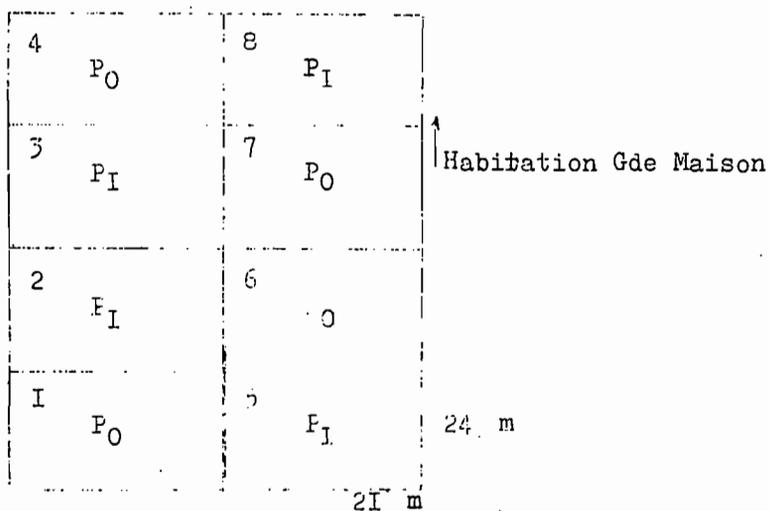
Essai : Phosphore "tout ou rien"Lieu : Beauport - Girard - Grande MaisonNature : Grande Culture 1960Type de sol : Calcaire à argile "Montmorillonite"- Morne défriché -
Sol peu profond avec roches calcaires en surface.
(voir caractéristiques chimiques)Protocole expérimental : 4 couples de comparaison Phosphore tout ou
rien - soit 8 parcelles de 500 m²Variété : B.46 364Date de plantation : 10/9/58Date de récolte : 25/2/60Fumure : le 21/10/58P₀ - 0 Kg/Ha de P²O⁵P_I - 200 Kg/Ha de P²O⁵ sous forme de phosphate bicalcique

fumure N - K uniforme sur toutes les parcelles

K - 150 Kg/Ha de K²O sous forme de CK

N - 1ère dose 60 Kg/Ha - N sous forme d'ammonitrate à 33%

2ème - idem-



C.T.C.S.Essai Phosphore " tout ou rien "

Beauport = Girard -Grande Maison

Analyses " Moulin de Laboratoire "

Date: 26 Fév. 1960

	N°	P.C. T/Ha	Brix	P	S.C. % cannes	S.C. T/Ha
P ₀	1	20.4	16.6	85.4	9.19	1.87
P ₀	4	37.6	17.0	87.6	9.79	3.68
P ₀	6	18.8	16.2	83.4	8.65	1.62
P ₀	7	22.2	15.8	81.6	8.15	1.81
Hoy.		24.8	16.4	84.5	8.95	2.24
P _I	2	68.2	18.4	89.5	10.94	7.46
P _I	3	81.0	18.2	87.5	10.46	8.47
P _I	5	71.8	18.4	89.8	11.00	7.89
P _I	8	82.2	18.3	89.4	10.37	8.93
Hoy.		75.8	18.3	89.5	10.82	8.18

Analyses " Usine " jus 1ère pression

P ₀	1-4-6-7	24.8	16.1	81.1	8.23	2.04
P _I	2-3-5-8	75.8	17.3	84.8	9.48	7.18

Beauport-Girard - Grande Maison

Caractéristiques chimiques du sol de l'essai

Les analyses de sol effectuées sur des échantillons prélevés dans chaque parcelle avant mise de l'engrais ont donné les résultats suivants .

pH compris entre 7,8 et 8,3
 P assimilable "Truog" compris entre 0,3 et 1,0 mg P²⁰⁵ pour 100 g de sol.
 P. total compris entre 37 et 42 mg P²⁰⁵ pour 100 g de sol

Le pH est normal pour les sols de Morne de Grande Terre Il n'y a pratiquement pas de P. assimilable et les teneurs en P sont très faibles.

Analyses foliaires - Résultats exprimés en % de feuille sèche.
 Les nombres figurant dans les tableaux ci - dessous représentent la moyenne des valeurs trouvées pour les 4 parcelles d'un même traitement.

Traitements N %	P ₀	P _I
1er	1,785	2,423
2ème	1,992	2,026
3ème	1,781	1,669
moy.	1,853	2,039

Traitements P %	P ₀	P _I
1er	0,082	0,197
2ème	0,089	0,124
3ème	0,089	0,099
moy.	0,087	0,140

	Traitements K %	P ₀	P _I
Plantation: 10/9/58			
1er prél. 17/12/58	1er	0,892	1,443
2ème prél. 30/1/59	2ème	1,115	1,356
3ème prél. 18/3/59	3ème	0,827	0,897
	moy.	0,935	1,232

C.T.C.S.

CONCLUSIONS

La carence en phosphore décelée par l'analyse du sol se trouve confirmée par l'analyse foliaire. Cette carence est très nette; elle s'est manifestée au début de la végétation par des symptômes foliaires sur les cannes des parcelles P0

La réponse à l'apport d'engrais phosphaté s'est manifestée très tôt également, particulièrement sur le tallage. Les comptages du 26/1/59 accusaient 108.000 tiges/Ha dans les parcelles P1 contre 34.000 tiges/Ha dans les parcelles P0 soit un nombre de tiges 3 fois supérieur. L'analyse foliaire consécutive au premier prélèvement du 17/12/58 faisait ressortir un niveau P de 0,197 pour les parcelles P1 et de 0,022 pour les parcelles P0 - Rappelons que la norme fixée à Maurice est de 0,220.

Le graphique ci-joint montre d'ailleurs que c'est toute l'alimentation N-P-K de la plante qui a été améliorée par l'apport d'engrais phosphaté. Signalons qu'au 3ème prélèvement les niveaux N-P-K dans les parcelles P0 et P1 sont sensiblement les mêmes, ce qui semble indiquer que le prélèvement au 6ème mois ne possède pas de valeur indicatrice. A la récolte l'apport d'engrais phosphaté se traduit par un gain de 50 t de cannes à l'ha. soit 6 t de sucre ; l'amélioration sur la qualité des jus ayant été de près de 2 points.

Notons que les analyses effectuées aux moulins de l'Usine sur la totalité des cannes des 4 parcelles d'un même traitement ne font ressortir qu'une différence de 1,2 point de rendement.

Essai : Niveaux potassiques et Phosphore "tout ou rien"

Lieu : Beauport - Marie-Thérèse - Boléro .

Nature : Grande Culture 1960

Type de sol : Calcaire à argile "Montmorillonite" - terre de fond cultivée en cannes depuis assez longtemps.
(voir caractéristiques chimiques)

Protocole expérimental - Niveaux potassiques : carré latin sur parcelles de 500 m² -
4 niveaux - 4 répétitions.

Phosphore "tout ou rien" : 4 couples de comparaison phosphore
tout ou rien soit 8 parcelles de 500 m²

Variété : B. 46 364

Date de plantation : 16/8/58

Date de récolte : 25/2/60

Fumure : Niveaux potassiques : K₀ 0 Kg/Ha K₂O

le 24/10/58

K₁ 75 " sous forme ClK

K₂ 150 "

K₃ 225 "

Fumure N-P uniforme

P 200 Kg/Ha P₂O₅ s/forme de phosphate bicalcique

N 1ère dose 60 Kg/Ha N s/forme Ammonitrate à 33%

2ème dose 60 Kg/Ha N s/forme urée.

Phosphore "tout ou rien"

P₀ = 0 Kg/Ha P₂O₅

P₁ = 200 Kg/Ha P₂O₅ s/forme de phosphate bicalcique

Fumure N-K uniforme

K = 150 Kg/Ha K₂O s/forme ClK

N 1ère dose 60 Kg/Ha N s/forme Ammonitrate à 33%

2ème dose 60 Kg/Ha N s/forme urée

lisière	1	5	9	13	17	21
	K ₀	K ₂	K ₁	K ₃	P ₁	P ₀
	2	6	10	14	18	22
	K ₁	K ₀	K ₃	K ₂	P ₀	P ₁
3	7	11	15	19	23	
K ₃	K ₁	K ₂	K ₀	P ₁	P ₀	
4	8	12	16	20	24	
K ₂	K ₃	K ₀	K ₁	P ₀	P ₁	

Essai : Niveaux potassiques Phosphore "tout ou rien"

Beauport - Marie-Thérèse - Boléro

Analyses "Moulin de Laboratoire" - Date : 25 Fév. 1960

Traitements	N°	P.C. T/Ha	Brix	F	S.C. % cannes	S.C. T/Ha
P ₀	18	44.2	16.7	84.0	9.01	3.98
	20	54.6	16.6	82.6	8.73	4.76
	21	55.0	17.0	85.4	9.41	5.17
	23	86.6	18.6	88.5	10.88	9.42
Moy.		60.1			9.50	5.83
P ₁	17	69.8	18.1	86.8	10.28	7.17
	19	72.2	18.1	87.1	10.33	7.45
	22	65.4	17.1	86.9	9.72	6.35
	24	62.0	16.5	82.5	8.66	5.36
Moy.		67.3			9.74	6.58
K ₀	1	70.2	17.7	86.5	10.00	7.02
	6	69.6	16.7	84.9	9.16	6.37
	12	64.8	17.0	84.4	9.24	5.98
	15	75.6	17.7	86.3	9.96	7.52
Moy.		70.0			9.59	6.72
K ₁	2	69.8	17.3	87.6	9.96	6.95
	7	77.8	17.8	87.3	10.19	7.92
	9	62.4	17.5	87.5	10.06	6.27
	16	70.8	16.0	81.5	8.24	5.85
Moy.		70.2			9.61	6.74
K ₂	4	66.8	17.4	86.7	9.86	6.58
	5	67.8	17.5	87.1	9.99	6.17
	11	69.0	17.9	87.6	10.31	7.11
	14	61.8	16.8	82.9	8.88	5.48
Moy.		66.3			9.76	6.48
K ₃	3	74.2	17.5	87.4	10.04	7.44
	8	64.4	17.8	88.0	10.21	6.57
	10	58.8	16.6	86.6	9.39	5.52
	13	53.8	17.9	87.6	10.31	5.54
Moy.		62.8			9.98	6.26

Essai : Niveaux potassiques et Phosphore "tout ou rien"

Beauport - Marie-Thérèse - Boléro
Analyses "Usine" jus 1ère pression

Date : 25 Fév. 1960

Traite- ments	N°	P.C. T/Ha	Brix	P	% S.C. cannes	S.C. T/Ha
P ₀	18	44.2	16.7	86.9	9.50	4.19
	20	54.6	16.2	83.9	8.73	4.76
	21	55.0	17.1	85.4	9.47	5.20
	23	86.6	17.5	86.8	9.94	8.60
Moy.		60.1			9.41	5.68
P ₁	17	69.8	16.9	83.9	9.10	6.35
	19	72.2	16.9	83.9	9.10	6.57
	22	65.4	16.3	83.8	8.76	5.72
	24	62.0	15.7	82.0	8.16	5.05
Moy.		67.3			8.78	5.92
K ₀	1	70.2	15.3	81.6	7.89	5.53
	6	69.6	15.6	83.1	8.28	5.76
	12	64.8	17.0	82.8	8.97	5.81
	15	75.6	17.2	86.5	9.71	7.34
Moy.		70.0			8.71	6.11
K ₁	2	69.8	15.6	82.1	8.12	5.66
	7	77.8	15.8	84.9	8.67	6.74
	9	62.4	15.8	81.2	8.08	5.04
	16	70.8	16.3	84.2	8.83	6.25
Moy.		70.2			8.42	5.92
K ₂	4	66.8	15.7	84.2	8.50	5.67
	5	67.8	15.5	79.2	7.62	5.16
	11	69.0	16.8	81.3	8.61	5.94
	14	61.8	16.5	85.2	9.10	5.62
Moy.		66.3			8.45	5.59
K ₃	3	74.2	16.0	83.8	8.60	6.38
	8	64.4	16.1	79.4	7.95	5.11
	10	58.8	15.9	81.7	8.22	4.83
	13	53.8	16.5	84.8	9.04	4.86
Moy.		62.8			8.45	5.29

Beauport - Marie-Thérèse - B₀léro
Analyses foliaires

N %	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
1er	2.201	2.156	2.121	2.212
2ème	1.669	1.659	1.620	1.641
3ème	1.305	1.337	1.347	1.274
Moy.	1.725	1.717	1.696	1.709

N %	P ₀	P ₁
1er	2.135	2.128
2ème	1.648	1.561
3ème	1.267	1.348
Moy.	1.684	1.679

P %	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
1er	0.231	0.225	0.219	0.230
2ème	0.188	0.193	0.185	0.186
3ème	0.186	0.177	0.167	0.161
Moy.	0.201	0.198	0.190	0.192

P %	P ₀	P ₁
1er	0.230	0.243
2ème	0.193	0.214
3ème	0.184	0.172
Moy.	0.202	0.209

K %	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
1er	1.125	0.987	1.072	1.132
2ème	0.885	0.770	0.875	0.797
3ème	0.837	0.907	0.810	0.825
Moy.	0.949	0.888	0.919	0.918

K %	P ₀	P ₁
1er	1.165	1.148
2ème	0.912	0.995
3ème	1.021	0.965
Moy.	1.032	1.036

Plantation le : 16/8/58
 1er prélèvement le : 20/12/58
 2e " le : 3/ 2/59
 3e " le : 20/ 3/59

Beauport - Marie-Thérèse - Boléro

Essai : Niveaux potassiques - Phosphore "tout ou rien"

Caractéristiques chimiques du sol de l'essai.

Les analyses de sol effectuées sur les échantillons prélevés dans chaque parcelle avant mise de l'engrais ont donné les résultats suivants :

K échangeable compris entre 0,31 et 0,40 mé K pour 100 g de
 P_2O_5 assimilable "Truog" compris entre 1,3 et 3,4 mg pour ^{sol} 100 g de sol

Le niveau de K échangeable semble assez bon - mais le phosphore "Truog" est très bas quoique légèrement plus élevé qu'à Girard.

Analyses foliaires. Résultats exprimés en % de feuille sèche.

Les nombres figurant dans les tableaux ci-joints représentent la moyenne des valeurs trouvées pour les 4 parcelles d'un même traitement. (Voir graphiques ci-joints également)

CONCLUSIONS - L'apport de phosphate bicalcique (200 Kg/Ha P_2O_5) dans un sol manquant de phosphore assimilable semble avoir entraîné une augmentation assez sensible du tonnage de cannes produit à l'ha. (Le résultat moyen est masqué par le rendement abhèrent de la parcelle 23). L'effet du phosphore sur la qualité sucrière de la récolte est difficile à mettre en évidence. Les résultats ne sont pas significatifs et, il y a même contradiction entre les analyses effectuées à l'usine et les analyses effectuées au moulin du laboratoire sur échantillons. Finalement la légère augmentation du tonnage de sucre produit à l'hectare dans les parcelles avec phosphore n'est pas significative ; interprétons la comme une tendance qui devrait se confirmer normalement lors de la récolte en rejets.

A l'analyse foliaire les niveaux P apparaissent normaux, légèrement plus élevés lors des premiers prélèvements dans les parcelles P_1 que dans les parcelles P_0 .

Niveaux potassiques. On constate aucune réponse aux doses variables de potasse. Le niveau des réserves du sol en potassium échangeable semblait normal avant apport de l'engrais et les analyses foliaires n'indiquent aucune différence dans la nutrition potassique entre les différents traitements. Le niveau potassique moyen semble cependant légèrement inférieur à la norme donnée pour l'île Maurice (K = 1,15 %)

Essai : Niveaux potassiques et Phosphore "tout ou rien"

Lieu : Beauport - Espérance - Calypso

Nature : Grande Culture 1960

Type de sol : Calcaire à argile "Montmorillonite" - sol défriché -
(voir caractéristiques chimiques)

Protocole expérimental - Niveaux potassiques : carré latin sur par-
celles de 500 m² -
4 niveaux - 4 répétitions.

Phosphore "tout ou rien" : 4 couples de com-
paraison phosphore
tout ou rien soit 8 parcelles de 500 m²

Date de plantation : 18/9/58

Date de récolte : 3/3/60

Fumure : le 29/10/58 - Niveaux potassiques : K₀ 0 Kg/Ha K₂O
K₁ 75 "
K₂ 150 " s/forme ClK
K₃ 225 "
Fumure N-P uniforme P 200 Kg/Ha P₂O₅ s/forme
de phosphate bicalcique
N 1e dose 60 Kg/Ha N - Ammo-
nitrate à 33 %
2e dose 60 Kg/Ha N - urée
Phosphore "tout ou rien"
P₀ = 0 Kg/Ha P₂O₅ s/forme
P₁ = 200 Kg/Ha P₂O₅ de phos-
phate bi.
Fumure N-K uniforme K = 150 Kg/Ha K₂O s/forme ClK
N 1e dose 60 Kg/Ha N - Ammo-
nitrate à 33 %
2e dose 60 Kg/Ha N - urée

1 K ₀	5 K ₂	9 K ₁	13 K ₃	17 P ₁	21 P ₀
2 K ₁	6 K ₀	10 K ₃	14 K ₂	18 P ₀	22 P ₁
3 K ₃	7 K ₁	11 K ₂	15 K ₀	19 P ₁	23 P ₀
4 K ₂	8 K ₃	12 K ₀	16 K ₁	20 P ₀	24 P ₁

Essai : Niveaux potassiques et Phosphore "tout ou rien"

Beauport - Espérance - Calypso

Analyses "Moulin de Laboratoire" - Date : 3 Mars 1960

Traite- ments	N°	P.C. T/Ha	Brix	P	S.C. % cannes	S.C. T/Ha
P ₀	18	08.4	15.5	79.9	7.73	8.37
	20	72.2	15.7	82.2	8.19	5.91
	21	84.4	15.6	79.1	7.65	6.45
	23	85.6	17.1	87.2	9.78	8.37
Moy.		87.6			8.33	7.27
P ₁	17	72.8	17.7	86.9	10.07	7.33
	19	92.6	17.2	86.2	9.66	8.94
	22	78.4	18.2	86.3	10.24	8.02
	24	91.8	17.9	87.1	10.22	9.38
Moy.		83.9			10.04	8.41
K ₀	1	73.6	16.1	83.4	8.59	6.32
	6	74.0	14.7	77.9	7.04	5.20
	12	76.0	16.7	86.9	9.50	7.22
	15	77.2	18.1	87.5	10.40	8.02
Moy.		75.2			8.88	6.69
K ₁	2	02.4	17.5	35.7	9.74	9.97
	7	71.4	18.0	89.7	10.74	7.66
	9	69.0	15.7	82.3	8.21	5.66
	16	83.0	18.5	88.1	10.74	8.91
Moy.		81.4			9.85	8.05
K ₂	4	95.4	18.5	90.2	11.13	10.61
	5	89.6	16.1	84.3	8.74	7.83
	11	74.8	18.3	89.3	10.85	8.11
	14	83.6	16.2	82.4	8.48	7.08
Moy.		85.8			9.80	8.40
K ₃	3	85.8	18.6	89.8	11.12	9.54
	8	94.6	18.3	89.9	10.96	10.36
	10	22.2	16.2	83.7	8.69	10.61
	13	68.2	17.5	85.7	9.74	6.64
Moy.		92.7			10.12	9.28

Beauport - Espérance - Calypso

Analyses "Usine" jus 1ère pression - Date : 3 Mars 1960

Traitements	N°	P.C. T/Ha	Brix	P	S.C. % cannes	S.C. T/Ha
P ₀	18	108.4	15.6	79.3	7.69	8.33
	20	72.2	16.0	79.6	7.93	5.72
	21	84.4	16.4	84.0	8.85	7.46
	23	85.6	16.5	82.0	8.58	7.34
Moy.		87.6			8.26	7.21
P ₁	17	72.8	16.0	82.7	8.43	6.13
	19	92.6	16.3	79.9	8.13	7.52
	22	78.4	16.6	80.7	8.41	6.59
	24	91.8	16.8	82.0	8.73	8.01
Moy.		83.9			8.42	7.06
K ₀	1	73.6	15.9	80.9	8.09	5.95
	6	74.0	15.5	80.8	7.87	5.82
	12	76.0	16.9	79.7	8.39	6.37
	15	77.2	16.5	81.5	8.49	6.55
Moy.		75.2			8.21	6.17
K ₁	2	102.4	15.7	82.7	8.27	8.46
	7	71.4	17.1	84.6	9.33	6.66
	9	69.0	15.9	83.4	8.49	5.85
	16	83.0	16.5	80.0	8.25	6.84
Moy.		81.4			8.58	6.95
K ₂	4	95.4	16.7	81.0	8.51	8.11
	5	89.6	15.3	81.6	7.89	7.06
	11	74.8	17.2	82.9	9.09	6.79
	14	83.6	16.4	79.1	8.05	6.72
Moy.		85.8			8.38	7.17
K ₃	3	85.8	17.2	83.1	9.13	7.83
	8	94.6	16.9	80.2	8.48	8.02
	10	122.2	16.3	80.2	8.18	9.99
	13	68.2	15.8	82.7	8.32	5.67
Moy.		92.7			8.52	7.87

Beauport - Espérance - Calypso

Analyses foliaires

N %	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
1	2.292	2.194	2.208	2.331
2	1.911	1.918	1.848	1.949
3	1.620	1.540	1.596	1.596
Moy.	1.941	1.884	1.883	1.958

N %	P ₀	P ₁
1	2.220	2.299
2	1.963	1.867
3	1.662	1.488
Moy.	1.948	1.884

P %	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
1	0.184	0.175	0.198	0.187
2	0.142	0.148	0.136	0.144
3	0.143	0.134	0.120	0.129
Moy.	0.156	0.152	0.151	0.153

P %	P ₀	P ₁
1	0.162	0.202
2	0.119	0.150
3	0.139	0.147
Moy.	0.140	0.166

K %	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
1	0.927	0.905	1.092	1.052
2	0.740	0.762	0.812	0.825
3	0.880	0.712	0.832	0.607
Moy.	0.849	0.793	0.912	0.828

K %	P ₀	P ₁
1	1.245	1.275
2	1.107	0.882
3	0.792	0.852
Moy.	1.048	1.003

Plantation le : 18/9/58

1 18/12/58

2 2/2 /59

3 16/3 /59

C.T.C.S.

Beauport - Espérance - Calypso

Caractéristiques chimiques du sol de l'essai.

Les 24 parcelles d'essais ont donné lieu à des prélèvements d'échantillons de sol en surface. Sur ces échantillons les déterminations analytiques suivantes ont été effectuées :

pH compris entre 7,9 et 8,3

K échangeable 0,20 à 0,36 mé K pour 100 g de sol

P₂O₅ assimilable "Truog" 1,3 à 2,5 mg P₂O₅ pour 100 g de sol

P₂O₅ total 55 à 77 mg P₂O₅ pour 100 g de sol

Le pH est normal pour les sols de morne de Grande-Terre, le niveau de K échangeable est plus faible qu'à Marie-Thérèse. Le phosphore "Truog" est très bas du même ordre qu'à Marie-Thérèse plus élevé qu'à Girard.

Analyses foliaires. Résultats exprimés en % de feuille sèche. Les nombres figurant dans les tableaux ci-joints représentent la moyenne des valeurs trouvées pour les 4 parcelles d'un même traitement. (Voir graphiques ci-joints également)

CONCLUSIONS

Niveaux potassiques. On constate une augmentation des tonnages de cannes et de sucre produits à l'hectare avec les apports de ClK. Cette augmentation n'est pas significative ; la tendance est cependant assez nette et devrait se confirmer en rejets. Les analyses au moulin de laboratoire sur échantillons mettent en évidence une action favorable de la potasse sur la richesse des jus ce qui n'apparaît pas dans les analyses effectuées aux moulins de l'usine. Notons par comparaison avec l'essai établi à Marie-Thérèse que le niveau des réserves du sol en K échangeable se trouvait plus faible, que le niveau K révélé par l'analyse foliaire se trouve également peu influencé par les doses de K₂O apportées par les différentes fumures, que ce niveau K est sensiblement inférieur à la norme indiquée à l'île Maurice (1,150 %). Ce niveau est plus faible à Espérance qu'à Marie-Thérèse.

Phosphore "tout ou rien" Aucune réponse à l'apport d'engrais phosphaté dans un sol que l'analyse révélait très pauvre en phosphore assimilable "Truog". Les analyses effectuées au moulin de laboratoire sur échantillons font apparaître une nette augmentation du sucre % cannes, ce qui n'apparaît pas dans les analyses aux moulins de l'Usine. Le niveau P révélé par l'analyse foliaire passe de 0,140 % à 0,166 % avec l'apport de phosphates.

Ce niveau est encore très inférieur à celui fixé comme standard à l'île Maurice (0,220 %)

ESSAIS A NIVEAUX N-P-K- VARIABLES

Cinq essais à niveaux N P K variables ont été récoltés cette année en Grande Terre sur les terres de l'Usine Gardel.

Habitation	Ste Marie	, Pièce	Lillette	2R. 1960
"	Montplaisir	"	Parc	"
"	Marly	"	Richeplaine	"
"	Gentilly	"	K'Angon	" "
"	Ste Marie	"	Gouffre	1R. 1960

Type de sol.

Ces 5 champs d'essais sont établis sur sol de même type : sol formé sur calcaire à l'argile Montmorillonite. Les caractéristiques chimiques sont groupées dans le tableau ci-joint.

Essais :	Lillette	Parc	Riche plaine	K'Angon	Gouffre
pH	7,5	7,5	7,3	-	7,5
K mé pour 100g de sol	0,25	0,31	0,25	0,14	0,26
P ² O ⁵ "Truog" mg pour 100g de sol	6,15	6,09	16,5*	2,85	11,20 *

Avant plantation

avant mise d'engrais

Moyenne de 24 échantillons prélevés dans 24 parcelles.

* La dispersion des résultats autour de la moyenne est très grande.

N.B. Pour K échangeable les résultats sont très groupés autour de la moyenne.

Variété. B.37 161 pour les 4 champs récoltés en 2R. 1960

B.46 364 pour l'essai "Gouffre" récolté en 1R. 1960

...../.....

Fumure.Essais "Niveaux Azote"

N ₁	80 Kg N/Ha sous forme de Sulf. d'Amm.
N ₂	100 "
N ₃	120 " en C.P. - 1.R. et 2.R.
N ₄	140 "

Fumure P K uniforme :

en CP et 1R.	P	70 kg P ² O ⁵ /Ha sous forme Phosph. bica.
	K	120 Kg K ² O/Ha sous forme ClK
en 2.R.	P	120 Kg P ² O ⁵ /Ha sous forme Superphosph.
	K	200 Kg K ² O/Ha sous forme ClK

Essais "Niveaux Potasse"

K ₁	80 Kg K ² O/Ha en CP..et 1R.puis 100 Kg K ² O/Ha en 2R
K ₂	120 " 200 "
K ₃	160 " 300 "
K ₄	200 " 400 "
	sous forme ClK

Fumure N P uniforme :

en CP et 1R.	N	120 Kg N/Ha sous forme de Sulf. d'Amm.
	P	70 Kg P ² O ⁵ /Ha sous forme de Phosph. bica.
en 2R.	N	120 Kg N/Ha sous forme de Sulf. d'Amm.
	P	120 Kg P ² O ⁵ /Ha sous forme de Superphosph.

Essais "Phosphore tout ou rien"

P ₀	0 Kg P ² O ⁵ /Ha en CP et 1R sous forme Phosph.bica.
P ₁	100 "
	puis 120 " en 2R. sous forme Superphosph.

Fumure N K uniforme :

en CP et 1R.	N	120 Kg N/Ha sous forme Sulf. d'Amm.
	K	120 Kg K ² O/Ha sous forme ClK
en 2R.	N	120 Kg N/Ha sous forme Sulf. d'Amm.
	K	200 Kg K ² O/Ha sous forme ClK

Noté. L'essai "Gouffre" a reçu en 1R. la même fumure que celle qui a été apportée en 2R. dans les 4 autres essais.

Protocole expérimental.

Essai niveaux "N" et "K" : carré latin, 4 traitements - 4 répétitions. Essai "P" tout ou rien : couples de Student.

USINE GARDEL Htton Ste Marie PIECE LILETTE

2 R. 1960

Tableau des résultats

Traitements	Récolte 2ème Rejeton			Analyses Foliaires		
	CT/Ha	S % C	ST/Ha	N	P	K
N ₁	94	13,03	12,22	1,648	0,185	0,939
N ₂	97	13,40	12,99	1,588	0,181	0,936
N ₃	92	12,96	11,93	1,648	0,174	0,869
N ₄	94	12,93	12,21	1,697	0,177	0,875
			n.s.			
K ₁	105	12,71	13,35	1,725	0,176	0,858
K ₂	107	12,93	13,82	1,653	0,175	0,954
K ₃	110	13,01	14,34	1,641	0,173	0,941
K ₄	121	13,28	16,07	1,648	0,182	0,973
			s.d=1,90			
P ₀	106	13,05	13,80	1,655	0,167	0,866
P ₁	116	12,58	14,53	1,597	0,176	0,848

Variété : B.37 161Date de plantation : 14 Juin 1957Date de récolte en CP.: 12 Juin 1958Date de récolte en IR.: 29 Avril 1959Date de récolte en 2R.: 10 Mai 1960

USINE GARDEL Htion MONTPLAISIR PIECE PARC

2 R. 1960

Tableau des résultats

Traitements	Récolte 2ème Rejeton			Analyses Foliaires		
	CT/Ha	S % C	ST/Ha	N	P	K
N ₁	82	11,78	9,63	1,782	0,181	0,896
N ₂	83	11,80	9,74	1,801	0,183	0,874
N ₃	76	11,79	8,98	1,782	0,181	0,888
N ₄	76	11,56	8,74	1,836	0,181	0,885
			n.s.			
K ₁	101	11,56	11,89	1,811	0,184	0,773
K ₂	97	11,44	10,99	1,776	0,178	0,864
K ₃	103	11,09	11,42	1,795	0,185	0,858
K ₄	100	11,80	11,78	1,754	0,186	0,933
			n.s.			
P ₀	117	11,41	13,35	1,789	0,178	0,809
P ₁	113	10,85	12,24	1,845	0,184	0,802

Variété : B.37 161Date de plantation : 19 Juin 1957Date de récolte en CP. : 17 Juin 1958Date de récolte en IR. : 16 Mai 1959Date de récolte en 2R. : 12 Mai 1960

USINE GARDEL Htion MARLY PIECE RICHEPLAINE

2 R. 1960

Tableau des résultats

Traitements	Récolte 2ème Rejeton			Analyses Foliaires		
	WT/Ha	S % C	ST/Ha	N	P	K
N ₁	97	12,37	11,99	1,757	0,185	0,980
N ₂	104	12,58	13,07	1,815	0,191	0,980
N ₃	100	11,87	11,86	1,778	0,185	0,939
N ₄	104	12,93	13,42	1,809	0,183	0,953
			n.s.			
K ₁	99	11,53	11,42	1,815	0,185	0,925
K ₂	114	12,08	13,80	1,830	0,182	0,957
K ₃	110	12,32	13,62	1,839	0,181	0,988
K ₄	110	12,27	23,42	1,861	0,185	0,993
			n.s.			
P ₀	98	12,34	12,09	1,798	0,180	0,959
P ₁	96	12,18	11,69	1,769	0,174	0,958

Variété : B.37 161

Date de plantation : 16 Juin 1957

Date de récolte en CP. : 14 Juin 1958

Date de récolte en IR. : 25 Mai 1959

Date de récolte en 2R. : 17 Mai 1960

USINE GARDEL Htion GENTILLY PIECE K'ANGON

2 R. 1960

Tableau des résultats

Traitements	Récolte 2ème rejeton			Analyses Foliaires		
	CT/Ha	S % C	ST/Ha	N	P	K
N ₁	91	12,03	10,93	1,863	0,173	0,925
N ₂	91	12,09	10,92	1,874	0,173	0,927
N ₃	97	12,43	12,01	1,840	0,168	0,963
N ₄	98	12,19	11,89	1,883	0,168	0,910
			n.s.			
K ₁	89	12,07	10,76	1,818	0,167	0,769
K ₂	100	12,10	12,09	1,815	0,165	0,839
K ₃	94	12,05	11,33	1,861	0,167	0,939
K ₄	91	12,15	11,04	1,815	0,167	1,003
			n.s.			
P ₀	105	12,04	12,56	1,851	0,160	0,948
P ₁	99	12,34	12,22	1,837	0,170	0,917

Variété : B.37 172

Date de plantation : 24 Juin 1957

Date de récolte en CP. : 14 Juin 1958

Date de récolte en IR. : 30 Mai 1959

Date de récolte en 2R. : 20 Mai 1960

USINE GARDEL Htion Ste MARIE PIECE GOUFFRE

I R. 1960

Tableau des résultats

Traitements	Récolte 1 ^{er} jeton			Analyses Foliaires		
	CT/Ha	S % C	ST/Ha	N	P	K
N ₁	102	11,47	11,67	1,337	0,196	0,965
N ₂	100	11,59	11,51	1,378	0,198	0,965
N ₃	108	10,77	11,56	1,408	0,193	1,007
N ₄	107	11,01	11,76	1,427	0,192	0,962
			n.s.			
K ₁	104	10,55	10,94	1,397	0,184	0,883
K ₂	105	11,52	12,04	1,384	0,180	0,951
K ₃	101	10,91	11,06	1,409	0,186	0,996
K ₄	106	11,42	12,08	1,400	0,182	1,010
			n.s.			
P ₀	109	10,72	11,65	1,410	0,187	0,953
P ₁	108	11,01	11,86	1,417	0,187	0,929

Variété : B.46 364Date de plantation : 5 Août 1957Date de récolte en CP. : 29 Avril 1959Date de récolte en IR. : 8 Mars 1960

Résultats

Pour les 5 champs d'essais les résultats obtenus à la récolte sont présentés dans les tableaux ci-joints. (Production de cannes en T/Ha - sucre % canne - production de sucre en T/Ha).

Analyses foliaires

Des prélèvements foliaires ont été effectués à 3 mois - 4 mois $\frac{1}{2}$ et 6 mois de végétation pour détermination analytique des niveaux N P K dans les feuilles. Chacune des valeurs présentées dans les tableaux ci-joints correspond à la moyenne des niveaux trouvés pour les 4 répétitions du traitement à l'intérieur de l'essai et pour les 3 prélèvements. Les niveaux moyens n'étant pas précisés pour les conditions particulières de la Grande Terre et de la Guadeloupe nous admettons les normes suivantes.

N	1,75 % à 1,85 %
P	0,20 %
K	1,15 %

Conclusions Générales

Les Conclusions particulières qui s'imposent à l'examen des résultats de chacun de ces 5 essais sont présentées avec les tableaux de résultats ci-joints.

Dans leur ensemble ces résultats appellent quelques observations:

Azote

La réaction à l'engrais azoté est nulle de 80 à 140 Kg N/Ha. Le niveau "N" dans les feuilles ne paraît pas être influencé par les doses croissantes d'N apportées par la fumure. La forte sécheresse qui a sévî durant la période de végétation peut expliquer ce phénomène.

La végétation ayant été ralentie l'absorption d'azote a été réduite d'autant. Cette hypothèse semble se confirmer par l'examen des résultats de l'essai "Gouffre" 1er R. de Gde culture. Les niveaux "N" dans les feuilles y sont anormalement bas alors qu'ils paraissent corrects pour les 4 autres essais. La végétation de cet essai, récolté en C.P. l'année précédente au début de campagne, a été en effet plus affectée que les 4 autres par l'extrême sécheresse. Cette observation montre à quel point la fumure azotée doit être souple dans des régions au climat si peu sûr que la Grande Terre.

La norme de 1 Kg d'N par tonne de canne récoltée reste donc pour l'instant la règle de la fumure azotée en Grande Terre (soit 100 Kg N/Ha pour une récolte escomptée de 100 tonnes de cannes/Ha). On veillera pour éviter le gaspillage de l'engrais azoté à ne fumer que lorsque l'humidité est suffisante c'est pourquoi on ne saurait trop recom-

...../.....

..../....

mander la fumure en 2 fois : 1ère application, à la plantation ou aussitôt après la coupe, d'un engrais composé permettant l'apport de toute la fumure phosphopotassique et des 2/5 de la fumure azotée, 2ème application, 3 mois après, d'un engrais azoté apportant les 3/5 complémentaires.

Potasse

L'augmentation des rendements sucre T/Ha avec les doses croissantes de K²O apportées par la fumure n'est pas significative d'une manière générale (exception faite pour le champ "Lilette"). L'absorption de "K" par les feuilles est nettement améliorée par l'apport de doses croissantes de K²O dans la fumure, elle reste cependant très faible puisque même à la dose K₄ (400 Kg K²O/Ha) le niveau K dans les feuilles est déficitaire (inférieur à 1 %). Devant des résultats analogues, lors de la récolte dernière, nous avons conclu que la potasse apportée par la fumure n'avait servi qu'à augmenter les réserves potassiques du sol. La forte capacité, que ces sols à Montmorillonite présentent vis à vis des éléments minéraux, justifiait une telle hypothèse. C'est ce qui nous avait déterminés à élargir l'éventail des doses croissantes de K²O (100 à 400 Kg contre 80 à 200 Kg l'année précédente) et à mettre en place des essais de fumure de fond potassique. Ces essais dont on trouvera les premiers résultats plus loin, ont montré une amélioration très nette de l'absorption du potassium puisque les niveaux s'établissent autour de 1,2 % pour les apports de 600 Kg de K²O/Ha; même ce niveau ne paraît pas excédentaire si on le compare à ceux obtenus en Guyane Britannique (1,4 ou même 1,4 %). Il y a donc là un problème très important de la nutrition potassique en Grande Terre. Les essais de fumure de fond seront susceptibles de nous fournir des renseignements valables sur ce point lors de la récolte en 1er rejetons l'année prochaine. Un programme d'étude sur les exportations de la canne au cours de sa végétation est envisagé pour dégager les lois de la nutrition potassique dans les conditions particulières de la Grande Terre. Les essais pourront être conduits à la fois sous les conditions normales de pluviométrie et sous irrigation pour mettre en évidence l'influence de la sécheresse et dégager des conclusions pratiques sur le mode de fumure.

Phosphore.

L'augmentation des rendements Sucre T/Ha avec l'apport de P^{205} dans la fumure n'est pas nette - La nutrition phosphatée de la canne est améliorée puisque les niveaux "P" dans les feuilles ont été sensiblement augmentés 0,175 % à 0,180 %. Ce dernier niveau 0,180 % reste faible cependant, si on le compare à celui obtenu dans les essais de fumure de fond phosphatée (0,220 %). Il y a là encore un problème à élucider. Notons qu'en Guyanne Britannique comme à l'île Maurice la norme pour le phosphore est fixée à 0,220 %.

ESSAIS DE FUMURE DE FONDS

USINE GARDEL

4 Essais de fumure de Fonds ont été établis sur les terres de l'usine Gardel.

Habitation :	Ste Marie	Pièce :	Dévarieux
"	: Montplaisir	"	: Dacorée
"	: Marly	"	: Forge
"	: Gentilly	"	: Moulin du Patty

Type de sol : Sol formé sur calcaire à argile Montmorillonite.

Le tableau suivant donne pour chacune des 4 pièces les valeurs moyennes sur 25 échantillons de sol du pH - du potassium échangeable exprimé en mé K^+ pour 100 g de sol - du phosphore assimilable "Truog" exprimé en mg de P^{2O5} pour 100 g de sol.

Pièces	Ste Marie Devarieux	Montplaisir Dacorée	Marly Forge	Gentilly Moulin du Patty
pH	7.8	7.6	7.7	7.7
K^+ mé pour 100 g de sol	0.28	0.51	0.26	0.21
P^{2O5} mg pour 100 g de sol	3.8	8.0	5.9	6.9

Variété : B.46 364

Date de plantation : fin Juillet - début Août 1959

Date de récolte : fin mai - début Juin 1960

Fumure :

- T 600 Kg/Ha R - 8 - 28 à la plantation
- 350 Kg/Ha sulfate d'Azotique à 3 mois
- P idem T
- + 500 Kg/Ha de P^{2O5} sous forme de phosphate bicalcique avant plantation.
- K idem T
- + 600 Kg/Ha de K^{2O} sous forme de ClK avant plantation.
- PK idem T
- + 500 Kg/Ha de P^{2O5} sous forme de phosphate bicalcique
- + 600 Kg/Ha de K^{2O} sous forme de ClK avant plantation.

Chacun des 4 traitements a été appliqué sur une superficie d'1/5 Ha environ (9 rangs à 1,80 m sur 200 m de long) et répété 2 fois dans chaque essai.

Résultats :

A la récolte chaque bande a été pesée séparément et a donné lieu à une analyse effectuée à l'usine sur le jus de 1ère pression (détermination du Brix et de la Pureté). Les résultats sont portés dans le tableau ci-joint.

Pièces	Devarieux			Dacorée			Forge			Moulin du patty		
	Traitements	CT/Ha	S%C	ST/Ha	CT/Ha	S%C	ST/Ha	CT/Ha	S%C	ST/Ha	CT/Ha	S%C
T	60.1	11.49	6.91	71.7	11.49	8.24	63.2	12.42	7.84	70.2	12.25	8.60
P	62.2	11.26	6.98	70.1	11.70	7.95	67.7	12.00	8.12	67.4	11.54	7.77
K	67.1	11.52	7.72	74.2	11.10	8.24	63.8	11.79	7.51	74.1	12.09	8.95
PK	63.9	11.79	7.57	64.3	11.11	7.14	66.7	12.11	8.07	72.5	11.87	8.60
Effet K	+4.3	+0.20	+0.70	-3.3	-0.24	-0.40	-0.2	-0.26	-0.19	+4.5	+0.08	+0.59
Effet P	-2.1	+0.02	-0.04	-5.8	-0.14	-0.70	+3.7	-0.05	+0.42	-2.2	-0.46	-0.59

Analyses Foliaires:

Au cours de la végétation des prélèvements foliaires ont eu lieu à 3 mois - 4 mois $\frac{1}{2}$ - 6 mois d'âge pour détermination des niveaux.

N - P - K.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus (moyenne des 3 prélèvements et des 2 répétitions).

Pièces	Devarieux			Dacorée			Forge			Moulin du Patty			
	Traitements	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
T	2.11	70.20	30.98	02.03	90.21	00.95	61.97	40.19	70.98	12.01	60.19	11.05	8
P	2.05	00.23	01.00	11.98	10.20	11.01	02.07	20.21	61.01	32.01	30.20	21.02	5
K	2.03	90.19	61.25	32.02	70.20	08.15	12.06	00.19	81.11	81.93	60.19	51.21	11
PK	2.04	40.23	71.22	51.99	90.22	21.11	12.00	50.20	91.19	11.97	40.19	31.22	5

Ce tableau appelle quelques observations :

- Les niveaux N sont élevés, généralement supérieurs à 20%. Ceci est en accord avec les analyses déjà effectuées sur B.46 364. Cette variété présente des teneurs en azote élevées.
- Les niveaux K sont assez faibles voisins de 1,0 % dans les traitements sans K^2O supplémentaire - Dans les formules + K et + PK les niveaux s'établissent autour de 1,2 %. La faible augmentation de rendement enregistrée avec l'apport supplémentaire de K^2O (350 Kg de sucre/Ha) ne permet pas de dire que le niveau de 1,0 % est déficitaire. Il ne s'agit en effet que la récolte d'une canne plantée de 10 mois de végétation dont 3 d'extrême sécheresse. La récolte en rejetons sera susceptible d'apporter plus de précision.

Les niveaux P sont voisins de 0,20 % dans les traitements sans P^{25} supplémentaire. Dans les formules + P et + PK les niveaux s'établissent autour de 0,22 %. L'action du phosphore sur les rendements n'est cependant pas nette.

CONCLUSIONS.

Nous noterons l'effet des apports de K^2O sur la nutrition potassique de la canne le niveau K dans les feuilles passant de 1,0% à 1,2 %. Il n'est pas encore possible de relier ce fait avec une augmentation du rendement sucre/Ha. La récolte des rejetons doit nous permettre de tirer des conclusions valables.

ESSAI A NIVEAUX N - K VARIABLES

Interaction P - Ca

Usine Darboussier Centre Abymes Htion Boisvinière -
Pièce Céline et Roger

Type de sol : Sol lourd à kaolinite et hydroxides - acide pH 4,5 à 5

Variété : B.37 172

Plantation : 8 Mai 1959

Récolte : 9 Juin 1960

Fumure : Essai niveaux " Azote "

N₁ 50 Kg N/Ha sous forme de sulfate d'ammoniaque
N₂ 100 " " "
N₃ 150 " " "
fumure P - K uniforme 100 Kg/Ha P²O⁵ sous forme "Ultraphos"
200 Kg/Ha K²O sous forme ClK

Essai niveaux " Potasse "

K₁ 150 Kg K²O/Ha sous forme ClK
K₂ 200
K₃ 250
fumure N - P uniforme 120 Kg/Ha N sous forme sulf. Ammoniaque
100 Kg/Ha P²O⁵ sous forme Ultraphos

Interaction P - Ca

P₀ Ca-0
P₁ Ca-0 100 Kg/Ha P²O⁵ sous forme " Ultraphos "
P₁ Ca-1 100 Kg/Ha P²O⁵ sous forme " Ultraphos "
10 T/Ha CO³Ca finement broyé " SOMEXBA "
fumure N - K uniforme 120 Kg/Ha N sous forme sulf. Ammoniaque
200 Kg/Ha K²O sous forme ClK.

Protocole expérimental

Pour chaque essai les 3 traitements ont été répétés 5 fois suivant la méthode des blocs de Fisher.

La fumure a été apportée en totalité avant plantation dans le fond des sillons - Le calcaire a été épandu uniformément sur les parcelles après sillonnage.

Résultats

Les tableaux suivant présentent les résultats obtenus à la récolte.

Essai Niveaux " Azote "

Traitements	CT/Ha	S % C	ST/Ha
N ₁	108	13,44	14,52
N ₂	104	12,94	13,54
N ₃	105	12,82	13,37

n.s n.s

Essai niveaux " Potasse "

Traitements	CT/Ha	S % C	ST/Ha
K ₁	105	13,05	13,62
K ₂	103	12,81	13,15
K ₃	106	13,04	13,80

n.s

Interection P - Ca

Traitements	CT/Ha	S % C	ST/Ha
P ₀ Ca-0	92	12,77	11,77
P ₁ Ca-0	100	13,10	13,08
P ₁ Ca-1	108	12,58	13,59

n.s s.d = 0,6t pour P = 0,05

Analyses foliaires - Au cours de la végétation des prélèvements foliaires ont eu lieu à 3 mois - 4 mois $\frac{1}{2}$ - 6 mois d'âge pour détermination des niveaux N - P - K. Les tableaux suivants présentent les résultats obtenus (moyenne des 3 prélèvements et des 5 répétitions).

Essai " Azote "

Niveaux Traitements	N	P	K
N ₁	2,030	0,183	0,978
N ₂	2,025	0,179	0,974
N ₃	2,043	0,180	1,009

Essai " Potasse "

Niveaux Traitements	N	P	K
K ₁	2,038	0,184	1,005
K ₂	1,986	0,186	1,084
K ₃	2,097	0,188	1,045

Interaction P - Ca

Niveaux Traitements	N	P	K
P ₀ Ca-0	2,015	0,180	1,029
P ₁ Ca-0	1,964	0,193	1,080
P ₁ Ca-1	2,015	0,192	1,061

CONCLUSIONS

Azote.- Aucune différence significative n'apparaît dans les rendements entre les doses 50 - 100 et 150 Kg N/Ha. Les analyses foliaires reflètent une nutrition azotée excédentaire (2,00 % environ) le niveau optimum pour la B.37 172 s'établissent à 1,75 à l'île Maurice. Notons la baisse du rendement industriel avec l'apport d'azote bien que la totalité de l'azote ait été apporté à la plantation.

Potasse .- Aucune différence significative n'apparaît dans les rendements entre les 150 - 200 (250 Kg K^2O /Ha. Les analyses foliaires reflètent pourtant une alimentation déficitaire en K^2O (1,00 %) - la norme fixée à l'île Maurice est de (1,15 %) - Notons que les réponses à la potasse apparaissent rarement en C.P. La récolte en rejets sera susceptible d'apporter quelques éclaircissements.

Interaction P - Ca

L'effet du phosphore est significative. L'amélioration de l'alimentation phosphatée de la canne est mise en évidence par les résultats de l'analyse foliaire (0,190 % contre 0,180 %). Le calcul statistique appliqué aux niveaux " P " dans les feuilles lors du 1er prélèvement montre qu'une différence $d = 0,005$ entre 2 niveaux peut être considérée comme significative à un seuil $P = 0,05$. L'effet de la chaux est bénéfique pour la production de cannes à l'ha mais néfaste pour le rendement industriel ce que nous avons constaté déjà dans plusieurs essais. Finalement la supériorité de la formule P - Ca sur la formule P - Ca-O n'est pas significative et ne paraît pas devoir être intéressante puisqu'elle entraîne la récolte d'un tonnage de cannes supplémentaire sans production de sucre significativement supérieure.

EXAMEN DES RESULTATS POUR 1960

----->

I - SOLS ACIDES DE GUADELOUPE

Les tableaux des pages 54-55 montrent bien la nécessité d'un équilibre minéral pour l'obtention d'un bon rendement et donner aux engrais leur maximum d'efficacité. Certains résultats sont très nets et significatifs statistiquement, d'autres le sont moins, il ne s'agit que d'une tendance. Une interprétation statistique plus complète sera faite ultérieurement. Il faudra de toute façon attendre la confirmation des résultats en 2ème rejeton avant de tirer des conséquences pour la pratique courante des fumures.

1) BUT

Ces trois essais factoriels N P K Ca sont situés sur des sols perméables, qui reçoivent d'abondantes chutes de pluies 2,5 à 4,5 m (1). Les sols sont très acides (pH = 4,5) avec de faibles teneurs en calcium échangeable; le lessivage des éléments minéraux, nitrates, potasse, calcium est important, variable suivant les sols.

Le but poursuivi était de voir l'action du chaulage et son influence sur l'assimilation des autres éléments, azote, potasse, phosphore.

Aucun essai n'ayant jusqu'ici mis en évidence une action positive de la chaux et du phosphore, le témoin pour ces deux éléments ne comporte aucun apport. Par contre pour l'azote et la potasse où les doses moyennes de 100 à 120 Kg N/ha et 180 Kg K₂O/ha ont été reconnues comme les meilleures d'après les résultats moyens de nombreux essais sur divers sols (Fretay) il a paru inutile d'avoir un témoin sans azote ni potasse et préférable de comparer deux doses encadrant celle qui est normalement utilisée dans la fumure (75 et 150 Kg pour N - 100-200 Kg pour K₂O)

L'apport de calcaire peut agir sur les rendements, soit par un relèvement du pH et ses conséquences sur l'évolution de l'azote et de la potasse, la réduction de la toxicité de certains éléments comme l'aluminium et le manganèse, soit par une amélioration de la nutrition phosphatée, soit par la fourniture de calcium alimentaire quand les teneurs en Ca échangeable sont très basses (0,6 mé % aux Hawaï, dans d'autres pays 2 mé pour 100 g de sol).

(1) Dupré : Sol à kaolinite et hydroxydes de fer 70% d'argile - faible capacité d'échange de bases et faible capacité pour l'eau utile - Sol très évolué.

Changy : Kaolinite (Fire clay) et hydroxydes de fer - Sol plus jeune. Capacité d'éch. de base et pour l'eau moyenne.

Manceau : Allophane, hydroxydes de fer et surtout d'Alumine capacité de rétention pour l'eau élevée .

CHANGY

54

K éch. = 0,38 méq %

		Ca-0				Ca-1			
		N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2
Tonnes	P1	91	100	110	96	100	117	110	113
C Ha	PO	81	109	108	102	82	105	116	117
	Moy.	86	104	109	99	91	111	113	115
S %	P1	13,9	13,3	13,6	13	13,8	13,25	13,2	13
C	PO	14,4	13,5	13,1	13,14	13,65	13,7	13,1	13,9
Tonnes	P1	12,6	13,3	14,9	12,4	13,8	16,8	14,8	15
S Ha	PO	11,5	14,7	14,1	13,4	11,2	14,4	15,3	15,2
	Moy.	12,05	14	14,5	12,9	12,5	15,6	15	15,1

Réponse globale: N=ns K=ns P=ns Ca=significatif

MANCEAU

K éch. 0,45 méq % g = 0,23 p100 cc

		Ca-0				Ca-1			
		N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2
Tonnes	P1	71	87	91	74	86	87	93	97
C Ha	PO	28	29	36	29	22	48	52	26
	Moy.								
S %	P1	12,75	13,67	13,67	12,57	12,9	12,4	12,7	12,4
C	PO	12,75	12,9	12,1	12,7	12,8	12,5	12,6	13,1
Tonnes	P1	9,14	11,8	12,3	9,3	11,1	11	11,9	12,3
S Ha	PO	3,7	3,8	4,4	3,8	2,8	6	6,6	3,3

Réponse globale: N=ns P=Très significatif K=ns Ca=signifi.

DUPRE - ANANAS
CaO

K éch = 0,17 méq %
Ca-1

		Ca-0				Ca-1			
		N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2
Tonnes	P1	107	125	116	128	115	128	114	131
C Ha	PO	103	93	101	107	119	131	107	119
	Moy.	105	109	108	117	117	130	110	125
S %	P1	9,26	8,52	8,4	8,3	9,1	8,1	8,7	8,7
C	PO	8,3	8,85	9	8,5	8,8	8,1	8,3	8,9
Tonnes	P1	9,9	10,6	9,8	10,7	10,4	10,4	9,9	11,45
S Ha	PO	8,6	8,3	8,9	9,1	10,5	10,6	8,9	10,54
	Moy.	9,25	9,45	9,35	9,9	10,45	10,5	9,4	11

Réponse globale: N=ns P=significatif K=signif. Ca=signif.

ANALYSES DE LA 3^{ème} FEUILLE EN MMG
 POUR 100 Gr. DE POUDRE MOYENNE DE
 4 PRELEVEMENTS

55

CHANGY

		Ca-0				Ca-1				
		N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	
Teneurs en	N	P ₁	1515	1512	1666	1728	1578	1557	1677	1661
		P ₀	1586	1665	1689	1675	1546	1642	1696	1681
P	P	P ₁	169	175	177	174	191	135	186	185
		P ₀	154	171	169	158	164	167	174	167
K	K	P ₁	1076	1097	1127	1210	1154	1149	1115	1145
		P ₀	1066	1156	1133	1134	1072	1137	1122	1182

MANCEAU

		Ca-0				Ca-1				
		N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	
N	N	P ₁	1605	1579	1701	1751	1667	1695	1735	1752
		P ₀	1591	1623	1629	1665	1615	1618	1672	1643
P	P	P ₁	138	144	139	146	144	148	157	151
		P ₀	97	96	103	99	99	105	106	104
K	K	P ₁	970	1053	1001	1055	916	1050	1125	998
		P ₀	960	970	929	984	923	959	964	956

DUPRE

		Ca-0				Ca-1				
		N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	N1K1	N1K2	N2K1	N2K2	
N	N	P ₁	1544	1666	1705	1817	1551	1628	1710	1656
		P ₀	1645	1571	1716	1718	1668	1592	1731	1688
P	P	P ₁	190	188	190	190	188	195	182	180
		P ₀	174	164	167	162	177	173	180	171
K	K	P ₁	1013	1081	1031	1100	1024	1074	970	1058
		P ₀	1060	1122	1026	1097	1020	1165	1031	1201

2) RESULTATS MOYENS

A Dupré, sol très acide et très désaturé, pauvre en potasse échangeable (0,17 mé) d'ailleurs facilement lessivé, les apports de chaux, de phosphore et d'une dose supplémentaire de potasse donnent chacun une augmentation significative de rendements. L'azote reste sans effets.

A Changy, sol également très acide, mais moins désaturé, plus riche en potassium échangeable (0,38), la chaux agit significativement sur les rendements. La potasse et l'azote augmentent les rendements mais de façon non significative, le phosphore agit plus faiblement.

A Manceau, sol très acide, très désaturé, riche en alumine, le phosphore augmente les rendements de façon très spectaculaire et son absence trouble la nutrition minérale de la plante. La chaux, la potasse et l'azote augmentent les rendements mais pas significativement.

Ces résultats globaux moyenne de ceux de toutes les parcelles ne traduisent que très imparfaitement la réponse aux différents éléments apportés par la fumure et masquent souvent le mécanisme de leur action.

C'est en somme la moyenne des résultats que pourraient fournir une série d'essais simples effectués sur des sols ayant au départ des niveaux variés en potasse, phosphore et chaux, niveaux qu'il serait souvent difficile ou impossible d'apprécier par des analyses de sols ou de feuilles (1)

L'examen détaillé des résultats de ces champs factoriels met en lumière par contre les interactions entre les différents éléments et fait ressortir des conséquences pratiques importantes qui auraient échappé avec des essais simples.

3) INTERACTION N - K

a) CHANGY

Sur un sol relativement bien pourvu en K échangeable recevant 75 Kg d'N et 100 Kg de potasse à l'ha, un apport supplémentaire séparé de potasse ou d'azote augmente les rendements. L'apport supplémentaire aux mêmes doses mais simultané de ces deux éléments provoque la même augmentation de rendements dans les parcelles chaulées mais une forte diminution dans les parcelles non chaulées. (Diminution de 2,5 T de sucre/Ha pour un apport supplémentaire de 100 Kg de potasse/Ha soit une perte d'environ 100.000 Fr/Ha (2)

- (1) Les apports de ST de calcaire n'ont élevé que faiblement le pH. le Calcium échangeable serait une meilleure indication.
- (2) tenu compte du tonnage de canne en moins à manipuler, du prix de l'engrais et 63 % du prix du sucre.

Le chaulage évite donc le déséquilibre dû à un excès simultané relatif de potasse et d'azote.

b) MANCEAU

La réponse au phosphore étant très forte nous distinguerons les parcelles avec et sans apports de phosphates.

avec phosphates - Les résultats sont identiques à ceux obtenus à Changy.

Dans les parcelles sans chaux, l'apport séparé supplémentaire de potasse ou d'azote provoque une augmentation des rendements mais l'apport simultané aux mêmes doses provoque une forte diminution des rendements par rapport aux parcelles ayant reçues séparément les mêmes engrais.

Cette diminution est significative et de 3 t de sucre/Ha dans le cas de l'apport supplémentaire de 100 Kg de potasse (perte de 120.000fr/ha) et de 2,5 T de sucre/Ha dans le cas de l'apport supplémentaire de 75 Kg d'azote.

Dans les parcelles chaulées cette diminution n'apparaît pas. Les rendements obtenus avec des apports supplémentaires séparés ou simultanés sont analogues. Seul l'azote semble d'ailleurs agir.

La chaux en présence de phosphore, évite donc comme à Changy dans ce sol très carencé en phosphore une action dépressive d'un excès relatif simultané d'azote et de potasse.

sans phosphates - La nutrition de la plante est très déséquilibrée par la carence en phosphore.

Dans les parcelles sans chaux la carence en P limite beaucoup l'action de l'azote et de la potasse, l'augmentation de rendement par des apports séparés supplémentaires et la diminution par des apports simultanés sont peu sensibles.

Dans les parcelles avec chaux l'effet bénéfique du chaulage sur l'assimilation du phosphore du sol se fait sentir. Il permet par des apports supplémentaires séparés de potasse ou d'azote une augmentation significative des rendements respectivement (3,2 et 3,8 T de sucre/Ha) mais l'apport simultané en quantité équivalente provoque une forte chute des rendements par rapport aux parcelles ayant reçues séparément les mêmes doses de ces 2 éléments.

Cette diminution est significative, de 3,3 T de sucre/Ha dans le cas d'un apport supplémentaire de 100 Kg de potasse (environ 130.000fr de perte à l'Ha) et de 2,7 T de sucre dans le cas d'un apport supplémentaire de 75 Kg d'azote.

Le chaulage en favorisant une meilleure assimilation du phosphore du sol a partiellement corrigé la carence phosphatée et permis

aux apports séparés de N et de K d'augmenter les rendements dans une certaine mesure. Cette correction a été cependant insuffisante; et pour les apports simultanés de N et de K le manque de phosphore a joué le rôle limitant qu'a eu l'absence de chaulage dans les parcelles du même champ et à Changy dans les parcelles avec ou sans phosphates.

c) DUPRE

Par suite d'un accident, le feu dans les cannes, cette pièce a dû être récoltée avant que les cannes aient atteint une bonne maturation. Le sol était pauvre en potasse échangeable à la plantation. (0,17 mé % g de sol) (aux Hawaï les sols contenant moins de 0,19 mé % g de potasse répondent presque tous à la potasse).

L'apport supplémentaire de 100 Kg/Ha de potasse (soit 200 Kg en tout) a provoqué pour l'ensemble de toutes les parcelles une augmentation significative des rendements sucre/Ha. Cependant :

- l'apport supplémentaire de potasse sur les parcelles non chaulées n'a donné une réponse positive que dans les parcelles ayant reçues du phosphore quelque soit la dose d'azote.
- l'apport supplémentaire de potasse sur les parcelles chaillées a augmenté les rendements avec ou sans phosphates et permis avec la dose N⁻ d'obtenir les rendements maximum.

L'apport supplémentaire d'azote n'a pas donné de réponses bien sensibles dans aucun traitement.

La potasse étant un des principaux éléments limitatifs du rendement, l'azote ne donnant pas de réponse, l'interaction négative N K ne s'est pas produite même dans les parcelles où l'absence de phosphore et de chaux limitait le rendement. Rappelons que ce champ par suite d'un accident a dû être récolté avant sa maturité.

d) ANALYSES FOLIAIRES (moyenne de 3 ou 4 prélèvements à 3 - 4½ - 6 - 7 mois)

A Dupré où la réponse à la potasse est la plus nette, l'apport supplémentaire de potasse se traduit par une nette augmentation du potassium des feuilles.

A Changy et Manceau l'augmentation du potassium des feuilles à la suite des apports supplémentaires de potasse est moins sensible.

En général l'apport supplémentaire de potasse ou d'azote dans le sol, provoque sauf dans quelques cas une augmentation simultanée de l'azote et de la potasse des feuilles.

Certains auteurs estiment que la potasse n'augmente les rendements que lorsque la teneur en azote des feuilles diminue. Ceci n'est que très partiellement vérifié.

C'est à Dupré où l'azote marque le moins que l'apport supplémentaire d'azote au sol provoque l'augmentation la plus sensible de l'azote des feuilles. Notons d'ailleurs que les teneurs en N oscillent entre 1,5% et 1,7% alors qu'en petite culture, l'année passée elles ne descendaient pas en dessous de 2,1% à Dupré avec la B 41 227 et de 1,85 à Changy avec la B 37 172.

L'interaction négative N K n'est pas traduite par l'analyse foliaire. Des diminutions de rendement de 2,5 T de sucre sont accompagnées d'une élévation des teneurs en N et K de la feuille.

Si l'analyse foliaire traduit donc assez bien par une augmentation des teneurs les apports en azote et potasse au sol, elle ne reflète qu'occasionnellement les rendements. Il est possible que l'examen des résultats non plus de la moyenne des prélèvements mais à chaque date de prélèvement donne de meilleurs résultats.

Cette observation est valable pour ces trois essais où les teneurs en N et K des feuilles sont voisines de l'optimum. En cas de carences graves, l'analyse foliaire donnerait par contre de précieuses indications.

C'est encore le phosphore des feuilles qui dans certains essais (Changy) semble représenter le mieux l'action et les interactions de l'azote et la potasse.

4) ACTION ET INTERACTION PHOSPHORE et CHAUX

A Dupré, l'apport de phosphate ou de chaux augmente de façon analogue et significative les rendements. L'action des phosphates est plus sensible en l'absence de chaux, celle de la chaux plus sensible en l'absence de phosphates.

Chaux et phosphates élèvent nettement le niveau en P des feuilles, les phosphates agissant davantage que la chaux.

Les phosphates et la chaux épandus simultanément renforcent très légèrement leur action.

La chaux semble donc comme l'année passée favoriser l'assimilation du phosphore du sol.

A Manceau, les phosphates augmentent de façon hautement significative les rendements en Canne et en sucre. Rappelons que l'année passée en canne plantée, les apports séparés de phosphates ou de chaux avaient fortement augmenté et de façon voisine les rendements et que le même apport mais simultané avait considérablement renforcé l'action de chacun d'eux permettant d'obtenir un rendement double de celui que procuraient des apports séparés.

Les phosphates et la chaux agissaient donc de façon analogue et additionnaient leurs effets.

En 1er rejeton, les résultats sont assez différents.

Les parcelles ayant reçues des phosphates cette année et la précédente donnent à peu près les mêmes rendements avec ou sans chaux, mise à part la forte interaction négative N K dans les parcelles non chaulées.

Il semble que les deux apports de phosphates aient été suffisants en l'absence de chaux pour, soit limiter l'action d'éléments toxiques (aluminium), soit procurer suffisamment de calcium alimentaire, ce qui n'était pas le cas l'an passé dans les parcelles ayant reçues un seul apport de phosphate.

Les parcelles n'ayant pas reçues de phosphates cette année et la précédente donnent des rendements très faibles en l'absence de chaux et nettement supérieurs en présence de chaux mis à part la forte interaction négative N K

La chaux remédie donc dans une certaine mesure à la carence phosphatée en améliorant l'assimilation du phosphore du sol.

L'apport de phosphates augmente fortement la teneur en P des feuilles, la chaux agit également mais faiblement.

A Changy, l'effet du phosphore est faible, la chaux agit surtout en évitant l'interaction négative N K des apports supplémentaires d'azote et de potasse.

EN RESUMEAMENDEMENTS CALCAIRESChaulage et phosphore

Le chaulage agirait en améliorant l'assimilation par la canne du phosphore du sol. Son action est sensible et l'augmentation du rendement sucre/Ha positive dans le cas de sols carencés en phosphore peu nette, souvent dépressive pour la qualité des jus, dans les champs ayant reçus des phosphates calciques en quantité suffisante.

Il est fort possible que la meilleure assimilation du phosphore dans le cas d'apports de phosphates ou de chaux soit la cause des augmentations de rendement que l'on constate. Il est possible aussi qu'elle ne soit qu'une conséquence, la chaux et les phosphates pouvant agir de façon similaire sur un autre facteur qui limite le rendement par exemple, la réduction de la toxicité de l'aluminium^e de la carence en calcium, une meilleure assimilation des éléments mineurs.

Interaction Azote-potasse

Le chaulage sauf en cas de carence grave en phosphore, empêcherait dans certains cas la réduction importante des rendements que peut provoquer une forte fumure azotée et potassique.

Remarquons que cette dépression des rendements a été observée dans des parcelles recevant seulement 150 Kg d'N et 200 Kg de potasse à l'hectare par rapport à des parcelles ayant reçues soit 75 Kg d'N en moins, soit 100 Kg de K₂O en moins à l'hectare.

Les écarts de fumure sont donc relativement faibles. Bien que dans beaucoup de sols perméables de Guadeloupe le lessivage de la potasse soit important et l'arrière-action de la potasse d'une année sur l'autre faible, il sera difficile de régler avec exactitude les apports d'engrais potassiques. Cela sera encore plus difficile pour l'azote, le sol pouvant d'une année à l'autre provoquer des écarts importants à partir de l'azote du sol.

L'analyse du sol ou des feuilles reste souvent trop imprécise. Il paraît donc prudent si de telles dépressions de rendements sont confirmées l'année prochaine ou dans d'autres essais de se prémunir contre elles en chaulant au moins les sols les plus acides.

Recommandations

Le nombre des essais est trop insuffisant pour qu'il soit permis de faire des recommandations dès cette année.

Il faudrait poursuivre ces études en distinguant différents niveaux de calcium échangeable.

On peut cependant dire provisoirement :

1) Dans les sols très acides (pH = 4,5) pauvres en calcium échangeable (inférieur à 1 mé) l'apport du calcaire à faible dose (2 à 4 T/Ha) paraît économiquement intéressant. Il renforcerait l'action des phosphates et éviterait une action dépressive des fortes fumures azotées et potassiques.

2) Dans les sols acides (pH ≈ 5) mais mieux pourvus en calcium échangeable, le chaulage, sauf en cas de carence en phosphore a souvent (Angélique, Céline et Roger, essais Douchez) une action dépressive sur la qualité des jus qui contrebalance l'action positive sur le rendement canne et rend finalement l'opération peu intéressante.

Si l'action dépressive des fortes fumures minérales en l'absence de chaux se confirme en 2ème rejeton, un nouveau réseau d'essais sur des sols à niveaux plus élevés en calcium échangeable et pH devrait être mis en place pour déterminer à partir de quelle valeur on évite par le chaulage une action dépressive des fortes fumures azotées et potassiques sans abaisser pour autant la qualité des jus.

En attendant ces résultats on peut conseiller d'apporter des phosphates calciques, hyper ou bicalciques, en fumure de fond, superphosphates ou bicalciques en rejets et de ne chauler très légèrement que dans le cas d'apports prolongés d'engrais composés pauvres en calcium.

Les essais parcelles nues ayant mis en évidence un lessivage rapide du calcium échangeable dans les sols perméables de Guadeloupe recevant d'importantes précipitations (- 3 à 4,5 mètres) il semble qu'il soit plus économique et qu'il y ait moins d'inconvénients à faire de fréquents apports de 2 à 3 T, si besoin est même sur les rejets, que de faire des apports massifs de 8 à 10 tonnes ou davantage.

POTASSE

La dose de 100 Kg/Ha de K₂O paraît dans presque tous les cas, insuffisante.

A Dupré, où la teneur en potassium échangeable est faible (0,17 mé %) les besoins en potasse sont bien marqués et la réponse significative.

A Changy et Manceau, où les teneurs en potassium échangeable du sol sont plus élevées (Changy : 0,38 mé - Manceau : 0, 23 mé pour 100 cc sol) les apports supplémentaires d'engrais potassiques ne marquent que faiblement.

Ceci confirme les observations faites aux îles Hawaï où les sols renfermant moins de 0,19 mé de potasse échangeable pour 100 cc de sol répondent presque tous à la potasse et ceux renfermant plus de 0,29 mé ne donnent que rarement une réponse bien nette.

L'analyse du sol avant plantation devrait permettre de

savoir si on peut se contenter (pour la canne plantée et le 1er Rejeton seulement dans les sols perméables à faible capacité d'échange où le lessivage de la potasse est important) de la formule jusqu'ici classique de 180 Kg de K_2O /Ha où s'il faut forcer un peu la dose au moins les premières années.

Les teneurs en potasse des feuilles voisines de 1 % indiqueraient déjà une légère déficience. 1,1 à 1,2% seraient l'optimum - moyenne de trois prélèvements. On ne peut vraiment dire qu'il y a carence que lorsque les teneurs sont inférieures à 0,900 g %

PHOSPHORE

La réponse au phosphore dans les sols à allophanes acides riches en hydroxydes d'alumine des hauteurs de Capesterre a été très forte. On peut conseiller dans cette région un apport de 3 à 4 T de calcaire à la plantation et 200 Kg à 300 Kg de P_2O_5 sous forme de hyper ou de bicalcique en mélange avec le sol.

Dans les sols perméables acides de la plaine du N-O, la réponse au phosphore paraît très fréquente. On peut conseiller à la plantation un apport ou mélange avec le sol de 200 Kg de P_2O_5 en bicalcique où dans les sols les plus acides en hyper.

Dans les sols très acides $pH < 5$ et désaturés (sols situés en bordure de la montagne) on peut conseiller pour le moment un apport de 2 à 3 T de calcaire à la plantation en plus du phosphate.

En rejets, l'analyse foliaire sera un guide assez sensible. Il semble qu'il y ait peu de réponse pour des teneurs supérieures à 0,180 % de P dans les feuilles - moyenne de 3 prélèvements - Dans le cas de teneurs inférieures à 0,160 % des apports de superphosphates localisés près de la ligne de Canne sont à conseiller.

AZOTE

Le problème de la fumure azotée n'est pas résolu. A Dupré deux apports de 75 Kg N depuis 2 ans ont été suffisants. A Marquisat les besoins seraient un peu supérieurs.

On ne peut en attendant d'autres résultats que conseiller avec prudence l'augmentation de la fumure azotée au delà de 100 Kg/Ha surtout dans les sols où des déficiences en potasse, phosphore ou calcium ont été constatées.

Avec un bon équilibre minéral, il est possible comme on le constate dans les essais qu'une fumure azotée supplémentaire augmente les rendements sans pour autant diminuer la qualité des jus, parfois même en l'améliorant.

Les études en cours sur l'évolution de l'azote dans les parcelles nues et en cannes aideront à débrouiller ce problème.

L'analyse foliaire semble trop imprécise. Les teneurs varient beaucoup d'une année à l'autre et suivant les Variétés; l'examen plus détaillé des résultats permettra de voir si les teneurs à certaines dates de prélèvements ou les comparaisons des teneurs entre les diverses dates sont en meilleure concordance avec les rendements.

II SOLS MONTMORILLONITIQUES CALCAIRES

Dans une première série d'essais, quatre doses d'azote et de potasse ont été comparées, les autres apports d'éléments étant maintenus au niveau le plus élevé. Le dispositif utilisé était le carré latin.

Pour le phosphore on s'est contenté de comparer les doses 0 avec les doses 120 ou 200 Kg de P_2O_5 /Ha

L'acide phosphorique a été apporté sous forme de phosphate bicalcique au début et de super phosphate depuis 1959.

Les réponses aux apports d'engrais pour les différentes doses ont été très faibles ou insignifiantes. Un seul essai situé sur un sol très pauvre en P_2O_5 total (40 mg pour 100 g) et Truog (0,6 mg pour 100 g) a montré une augmentation de rendement très significative aux apports de phosphates. Les teneurs en phosphore des feuilles, très faibles dans les parcelles sans phosphates au 3ème mois ont rejoint au 6ème mois les teneurs en P des parcelles ayant reçues des phosphates. Le tallage a été pratiquement inexistant dans les parcelles sans phosphates et les rendements très faibles.

Ce manque de réponse aux engrais, surtout aux engrais potassiques, avec pourtant des teneurs faibles en potasse dans les feuilles (700 à 900 mg pour 100 g - moyenne de 3 prélèvements à 3, 4½, 6 mois) et parfois aussi dans le sol (0,14 mé pour 100g enK échangeable) a incité à essayer des fumures potassiques beaucoup plus élevées. Les écarts entre les doses ont été renforcés en 2ème rejeton pour atteindre 400Kg K_2O /Ha et de nouveaux champs d'essais recevant 600 Kg de K_2O /Ha et 500 Kg de P_2O_5 /Ha à la plantation en fumure de fond, en plus de la fumure classique annuelle, ont été mis en place.

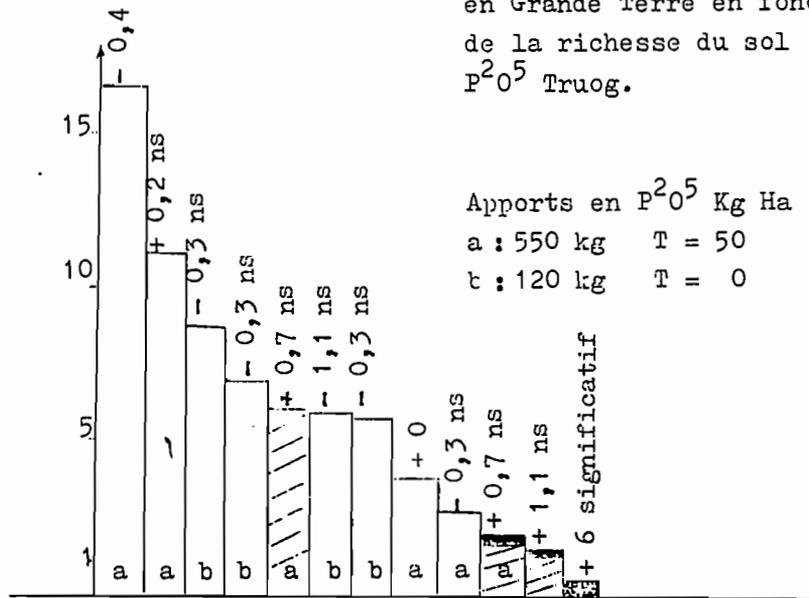
De nouvelles plantations de cannes après bananes irriguées, dans des sols ayant reçus annuellement pendant 4 ans plus de 1 t/Ha de K_2O et riches en potasse échangeable sont aussi suivis de très près.

P²O⁵

Truog

mg pour 100 g de sol

Réponse aux phosphates en Grande Terre en fonction de la richesse du sol P²O⁵ Truog.

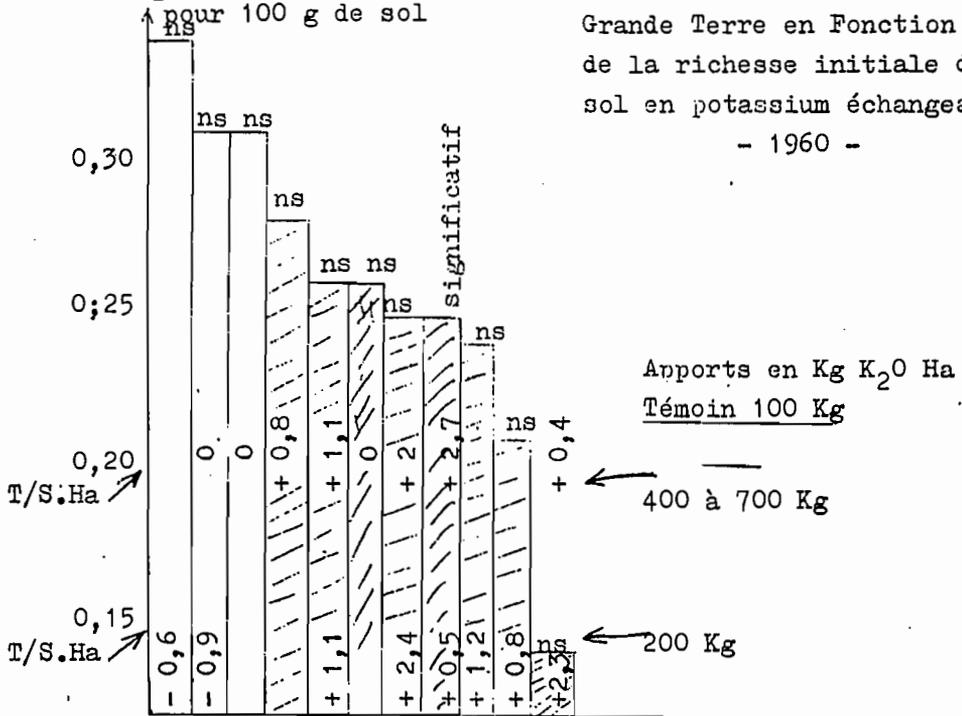


K
Még.

pour 100 g de sol

Réponse à la potasse en Grande Terre en Fonction de la richesse initiale du sol en potassium échangeable.

- 1960 -



On pense que ces importants apports de potasse pourront remédier à une éventuelle rétention de la potasse sous des formes moins assimilables par ces sols montmorillonitiques à forte capacité d'échange de base (50 à 60 mé pour 100 g)

L'ensemble des résultats est consigné dans les deux graphiques de la page 65. Fort malheureusement bien peu de résultats sont significatifs. L'hétérogénéité des parcelles est d'ailleurs plus importante que dans les sols perméables de Guadeloupe. Des différences importantes peuvent être constatées en passant d'un carreau bombé à l'autre (drainage). La récolte en saison des pluies en terrain détrempe et la sécheresse, certaines années, en détruisant les souches accroissent encore les différences parcellaires en rejets.

RECOMMANDATIONS

Phosphore

- Dans les sols renfermant moins de 60 mg de P_2O_5 total (extraction à l'acide nitrique bouillant) ou moins de 1 mg pour 100 g de sol de P_2O_5 Truog la carence en phosphore est importante.

Apporter 200 à 300 Kg de P_2O_5 /Ha sous forme de phosphate bicalcique en fumure de fonds enfoui dans le sol et en rejets 100Kg à 120 Kg de P_2O_5 en superphosphate localisé près de la ligne de cannes.

- Dans les sols renfermant entre 60 et 100 mg pour 100 g de sol de P_2O_5 total et entre 1 et 3 mg pour 100 de P_2O_5 Truog il est conseillé d'apporter chaque année au moins 100 à 120 Kg de P_2O_5 /HA sous formes solubles, superphosphates par exemple.

- Avec des teneurs plus élevées en P_2O_5 total ou Truog on peut se contenter de la fumure classique à 60 ou 80 Kg de P_2O_5 /Ha mais il est bon de choisir des formes solubles : super phosphates ou ammophosphates de préférence, bicalcique à la rigueur, pour des épandages superficiels.

L'analyse foliaire surtout à 3 mois constitue un bon indice. Avec des teneurs inférieures à 100 ou 120 mg pour 100 g de feuilles séchées, la déficience est sévère. Avec des teneurs de 140 ou 150 mg elle est possible mais pas certaine. Avec des teneurs supérieures à 180 mg il ne semble pas y avoir de réponses même quand des apports importants de phosphates élèvent les teneurs des feuilles à 200 ou 220 mg pour 100 g

Potasse

La réponse aux apports d'engrais potassiques n'a été significative que dans un seul essai.

Le graphique semble indiquer que la réponse à des apports de potasse supérieurs à 100 Kg K_2O /Ha est peu probable pour des teneurs du sol en potasse échangeable à la plantation supérieures à 0,30 mé pour 100 g. Ceci recoupe les observations faites aux îles Hawaï sur d'autres sols.

Pour des teneurs inférieures à 0,30 mé p. 100 g la réponse à des doses plus fortes est incertaine mais possible.

L'analyse foliaire ne donne guère d'indications. Il y a peu de concordances entre le niveau initial de la parcelle témoin (moyenne des trois prélèvements de feuilles à 3, 4 $\frac{1}{2}$, 6 mois) et la réponse aux engrais. (entre des teneurs de 0,7 à 1%)

Les teneurs en potassium de la feuille augmentent nettement avec les apports d'engrais mais cette augmentation ne se traduit qu'occasionnellement par une augmentation du rendement.

Avec 400 Kg de K_2O à l'ha, le niveau en K des feuilles ne dépasse souvent pas 1%. Dans le cas de fortes fumures de fond il peut atteindre 1,2 ou davantage mais sans qu'une influence bien nette sur le rendement soit jusqu'ici visible. Il faut attendre les résultats de l'année prochaine.

La teneur en azote de la feuille augmente ou diminue suivant les cas quand le potassium de la feuille augmente mais sans relations avec le rendement.

Les variations des teneurs d'une date de prélèvement à l'autre sont beaucoup plus importantes qu'en Guadeloupe. Il est possible qu'un examen plus détaillé aux différentes dates de prélèvements donne de meilleures indications.

Azote

Comme sur les sols acides de Guadeloupe le problème de la fumure azotée reste entier. On ne constate pas de réponses entre 80 et 140 Kg/Ha d'azote. La répartition des pluies a très certainement une très grande influence.

Les études en cours sur l'évolution de l'azote dans le sol nous renseigneront probablement sur ce point bien que dans ces sols lourds, il soit difficile d'avoir un bon échantillonnage dans les prélèvements.

L'analyse foliaire ne paraît pas donner d'indications pour le moment. La décroissance des teneurs en azote de la feuille entre deux prélèvements consécutifs tous les mois et demi est beaucoup plus forte qu'en Guadeloupe. Cette observation recoupe celles faites par SAMUEL sur Cannes non irriguées ayant une courte mais rapide période de végétation et Cannes irriguées ayant une plus longue période de croissance pour aboutir finalement au même rendement.

Il semble donc que la sécheresse et la durée de la période de végétation, la rapidité de croissance affecte très fortement la nutrition de la plante.

C'est aux variations du climat qu'il faudra essayer d'adapter la fumure. Ceci est certainement valable pour l'azote mais sans doute aussi pour les autres éléments.

On peut pour l'instant conseiller d'apporter seulement 80 à 100 Kg d'N/Ha en fractionnant l'apport pour qu'une partie soit apportée sur sol humide au début des pluies.

Les risques de perte d'N dans l'atmosphère sur sols ^{secs} très calcaires à la suite d'épandage d'engrais ammoniacaux sont fort possibles.

PROGRAMME D'ETUDE SUR LA FERTILISATION
 =====

Les études effectuées ces dernières années permettent de donner des conseils aux planteurs pour le choix des fumures, mais avec encore dans certains cas des incertitudes.

Dans les sols volcaniques de Guadeloupe, la connaissance du lieu donc du type de sol et du climat complétée par l'analyse d'échantillons de terre prélevés après labour par le personnel du Centre Technique ou suivant ses indications permet de dire :

- 1) S'il est nécessaire ou non de chauler et à quelle dose environ.
- 2) Si on doit forcer la fumure potassique pour la canne plantée et le 1er rejeton et si elle doit être fractionnée en canne plantée.
- 3) S'il est nécessaire d'apporter des phosphates avant plantation à quelle dose, mélangés au sol ou localisés et sous quelle forme.

L'analyse foliaire indiquera :

- S'il faut prévoir des apports supplémentaires de phosphates sur les rejets et une forte fumure sur la canne plantée suivante.
- Si la fumure potassique doit être augmentée.
- Si la nutrition de la plante a été fortement troublée par des facteurs comme la sécheresse.

Dans les sols calcaires de Grande-Terre, l'analyse du sol ayant plantation ne nous permet guère pour le moment que de déceler les carences graves en phosphore.

L'analyse foliaire manque aussi de précision. Dans ces sols lourds, la sécheresse et l'excès d'eau agissent parfois plus fortement sur le niveau des éléments que les variations de la fumure.

Ces résultats obtenus à l'aide d'essais culturaux et des analyses foliaires et de sols doivent être complétés.

Le programme envisagé serait le suivant :

- I - Poursuite des essais culturaux selon la technique classique pour l'étude plus approfondie de l'action du chaulage et d'une façon plus générale de l'équilibre minérale de la fumure.

Les essais chaulage ont été implantés dans les sols les plus acides et les plus désaturés ce qui était normal.

On a vu le rôle important des apports de calcaire pour l'obtention et le maintien de hauts rendements en présence de fortes fumures minérales (suppression de l'interaction négative N-K) mais aussi l'influence souvent néfaste sur la qualité des jus.

Un juste équilibre doit être recherché. Ces essais doivent être implantés sur des sols ayant des acidités et des états de saturation en bases différents.

Des essais sont aussi prévus pour l'étude de l'interaction éventuelle si fréquente dans d'autres pays entre l'azote et le soufre. Une réponse aux apports de soufre semble s'être produite dans un essai du Service des Recherches des S.O.M.

- II - Les champs d'essais culturaux classiques ne donnent qu'un résultat

global qui dépend en partie des antécédents cultureux. Après par exemple des années de fumure excédentaire en phosphore mais déficiente en potasse, les essais n'indiquent aucune réponse aux apports de phosphates mais des besoins intenses en potasse. En corrigeant la fumure d'après ces résultats on peut aboutir au bout de quelques années à un nouveau déséquilibre.

L'analyse foliaire complète efficacement les essais cultureux. Très influencés par les facteurs climatiques, les variétés etc ... les niveaux en éléments de la feuille ne permettent cependant souvent de diagnostiquer une déficience que lorsque la carence est déjà sérieuse. Il en est de même pour l'analyse du sol.

Il semble donc nécessaire, pour limiter le danger de retour rapide à un déséquilibre de connaître quelles sont les exportations réelles de la canne dans les différents sols et surtout dans les différents climats de Guadeloupe. Si la même variété placée dans différentes conditions de climats et de sols, ou si deux variétés au même endroit, exportent des quantités très différentes d'éléments, il faudra en tenir compte dans la fumure. Or, en ce moment on se base en Guadeloupe pour les exportations de la canne sur des chiffres obtenus dans d'autres pays dans des conditions souvent très différentes.

Un réseau d'essai est prévu pour déterminer les exportations totales de deux variétés de cannes dans les principales régions naturelles de l'île.

III - Il est souvent possible que certaines déficiences n'apparaissent pas dans les essais. Suivant les sols et les climats, le cycle de la plante, sa rapidité de croissance et l'évolution des éléments nutritifs dans le sol sont différents. Les essais en parcelles nues et cultivées poursuivis depuis trois ans ont permis dans une certaine mesure de connaître pour les principaux sols l'évolution de l'azote, de la potasse, de l'acide phosphorique au cours de l'année. Il est nécessaire maintenant de connaître les besoins réels de la canne dans ces mêmes régions au cours de sa croissance pour mieux ajuster dans le temps la fumure. Il faut s'efforcer de fournir à la plante ce dont elle a besoin au moment où elle en a le plus besoin. Il est possible qu'une déficience à un moment donné du cycle entraîne un retard qui ne puisse être rattrapé par la suite et qu'une meilleure répartition de la fumure dans le temps permette de meilleurs rendements sans dépenses supplémentaires.

L'analyse foliaire est un outil très précieux mais insuffisant. Il semble d'abord nécessaire de connaître les exportations totales de la canne au cours de sa croissance dans les différentes régions (sol-climat).

Un réseau d'essai est prévu dans lequel on étudiera simultanément sur 2 variétés.

- La croissance de la canne et ses exportations totales tous les 2 ou 3 mois suivant les périodes de la végétation.
- L'évolution de l'N et des autres éléments dans le sol.
- L'analyse foliaire.

Après l'obtention des premiers résultats une étude plus approfondie de l'adaptation de la fumure aux différentes périodes pourra être envisagée sur des bases sérieuses.

VII/- / Programme essais sol/plante/climat /
/ et fertilisation de la canne à sucre /

ORSTOM-Antilles, 1961, 13 pp.

F. COLMET DAAGE
J. GAUTHEYROU

M. GAUTHEYROU

Publication ORSTOM-Antilles n° 8 bis

20 novembre 1961

PROGRAMME DU BUREAU DES SOLS

Le programme du Bureau des Sols comprend trois parties avec peut-être une quatrième partie plus proprement ORSTOM.

ESSAIS ENGRAIS CANNES

Les essais mis en place, entretenus et récoltés par les Centres techniques sont partie intégrante de leur programme. Jusqu'à l'année dernière, j'avais choisi moi-même presque tous les emplacements bien représentatifs d'un type de sol, le dispositif expérimental faisant l'objet d'un commun accord. Les prélèvements des sols ont été effectués au départ dans chaque parcelle, des prélèvements foliaires sont effectués à 3,41/2,6 mois. Les mesures de croissance et de tallage, systématiques au début, sont maintenant effectuées sporadiquement. A la récolte, le rendement Canne est déterminé par pesée de la totalité de la parcelle. Le rendement sucre est déduit d'un échantillon de 10 Cannes, broyées au moulin.

La dimension des parcelles varie entre 50 et 100 m². Le dispositif factoriel est le plus fréquemment utilisé 3³ et 2⁴ (schémas fournis par MM. PRÉVOT et BOUYER).

Le rôle du Bureau des Sols est d'effectuer les analyses de feuilles et de sols dans ces essais.

Des résultats très intéressants au point de vue pratique et scientifique ont déjà été obtenus. Carences en P. Effet phosphore de la chaux sur les sols pauvres en Phosphore. Intercation N.K. négative, etc.. Ils permettent de voir en particulier comment l'apport d'un élément au sol peut faire varier la teneur des autres éléments dans la feuille (N et K, P et Ca).

L'analyse d'un élément de la plante pour la détermination des niveaux optima d'alimentation de la Canne a déjà fait l'objet de très nombreux travaux à l'étranger. Des corrélations basées sur un grand nombre de résultats ont été établies pour les teneurs dans les différentes parties de la plante, à certains âges et entre celle-ci et les rendements. La variété et le type de sols modifient souvent les niveaux.

Les essais des Centres techniques ont permis d'adapter les méthodes à la Guadeloupe et de connaître les limites de leur utilisation.

On dispose en ce moment de suffisamment d'indications dans la pratique pour détecter les déficiences importantes. En peu de temps, toutes les déficiences graves en K et P et peut-être en azote devraient être supprimées. On ne peut guère demander plus à l'analyse foliaire et à l'analyse du sol pour le moment car les facteurs de variations sont trop importants au voisinage de l'optimum. L'analyse foliaire et du sol peut aussi suggérer des déséquilibres dont les causes ne sont pas apparentes et restent à découvrir.

En Guadeloupe, le laboratoire du Bureau des Sols, aidé éventuellement par celui de Bondy, continuera d'effectuer les analyses foliaires (2500) et de sols : N, P, K et souvent Ca Mg. Du point de vue des applications pratiques, des simplifications pourraient être apportées en mélangeant les échantillons recevant le même traitement, mais du point de vue scientifique il est intéressant de conserver le maximum de données.

En Martinique, nous verrons ce qu'il y aura lieu de faire suivant les possibilités du Centre technique. Tous ces essais sont poursuivis, d'autres essais seront mis en place. En particulier, il y a en Guadeloupe 6 essais 2^4 N P K Ca.

Les interprétations statistiques pourront être confiées à M. DESJARDIN.

ESSAIS SOLS/PLANTES/CLIMATS

A) Insuffisance des essais classiques

Les essais classiques et l'analyse foliaire et du sol permettent désormais d'éliminer des déficiences graves pour les éléments majeurs. Il s'agit de résultats moyens sur une année.

Des traitements différents peuvent cependant ne pas donner de résultats parce que certains éléments, quoique présents en quantité suffisante, ne sont pas absorbés à certains moments de l'année, par suite de conditions physiques défavorables du sol, engorgement en eau pour K, sécheresse, etc.. ou parce que la période de leur présence maximum dans le sol ne correspond pas à la période des besoins intenses (azote, potasse) ou encore correspond à un moment où leur présence est plutôt néfaste (azote pour la maturation de la Canne).

Les premières études effectuées en parcelles nues et cultivées ont montré que dans bien des sols, les variations des teneurs en azote nitrique ammoniacal ou potasse échangeable du sol pouvaient être importantes et rapides au cours de l'année.

L'alimentation de la plante peut être équilibrée (N K par exemple) à certains moments et déséquilibrée à d'autres moments, sans que cela puisse affecter très sensiblement les rendements en poids. Il est possible qu'il y ait une influence importante sur la qualité (dégrain pour la banane, sucre pour la Canne).

Or, aux Antilles, l'amélioration de la qualité des fruits pour la banane, et de la richesse en sucre pour la Canne est maintenant bien plus nécessaire que l'augmentation des rendements.

Les essais engrais avec différents niveaux d'azote effectués jusqu'ici aux Antilles sont maintenant dans une impasse. Telle dose recommandable une année, ne sera pas la même l'année suivante: Il faudrait de très longues années pour qu'une corrélation avec le climat puisse être obtenue.

B) But du nouveau programme

Le programme suivant qui a été établi résulte en grande partie des conseils de plusieurs Directeurs de Stations de l'I.N.R.A. auxquels il a été soumis, et des travaux qui ont été publiés sur la Canne ou les sols tropicaux.

Il se propose d'étudier, sur des sols et sous des climats très variés (pluie et ensoleillement) dans des parcelles homogènes, recevant une fumure uniforme et plantées en Canne ou en banane :

1) l'évolution des éléments dans le sol,

en particulier l'azote ammoniacal et nitrique, l'azote minéralisable, la potasse ainsi que le pH, l'eau. Des études antérieures ont montré que des prélèvements tous les 10 ou 15 jours étaient suffisants pour l'azote. Pour la potasse, et le pH, on pourra se contenter d'un prélèvement par mois avec un échantillonnage plus soigné. Pour l'eau, des prélèvements plus fréquents seront parfois nécessaires.

Des micro-parcelles de sol nu seront adjointes à certains des essais en sol perméable.

Nous ne partons donc pas en aveugles, mais avec une idée déjà relativement précise du sens et de l'ampleur des variations que nous allons constater.

2) La réaction de la plante aux variations des éléments du sol :

Il s'agira surtout de l'azote et peut-être de la potasse. Connaître les variations de l'azote du sol est beaucoup plus intéressant si on connaît en même temps les effets sur la plante. On envisage pour cela de déterminer les teneurs en azote nitrique

et soluble (méthodes Drouineau) dans la plante, au moins au début aux périodes maxima et minima de l'azote nitrique du sol.

La détermination des sucres se fera simultanément (Blanchet, Drouineau, Soubies) car l'absorption intense d'azote peut fort bien, suivant les conditions d'ensoleillement, provoquer une diminution des teneurs en sucre ou ne rien changer. Ces déterminations seront particulièrement importantes pour la Canne, pendant la saison sèche en pleine période de maturation, quand de petites pluies provoquent une rapide nitrification.

Les dosages seront faits sur le jus de la Canne et la sève du bananier. Toute une étude préparatoire est à faire pour déterminer :

- la constance relative des teneurs au cours de la journée, et d'un jour à l'autre. Il est possible que les variations de la teneur en eau provoquent un effet de dilution important.
- la partie du végétal à prélever :
 - pour la Canne cela ne doit pas faire de difficultés : jus de la tige (en séparant au besoin le bas et le haut), ce qui peut être fait soit directement avec l'appareil Borer qui sert à prélever au champ le jus pour la détermination des sucres au saccharimètre de poche ou en broyant la totalité, au laboratoire;
 - pour la banane, cela sera peut-être plus délicat.

A notre connaissance pour la Canne, si beaucoup de corrélations ont été recherchées entre les teneurs en sucre de certaines parties de la plante et les teneurs en azote total et autres éléments, et le rendement, rien n'a encore été fait avec l'azote soluble et nitrique, ce qui paraît devoir être plus aisé que sur le seigle comme le fait M. Drouineau.

Pour le potassium, il sera bon au préalable d'étudier les résultats des travaux du Dr. Evans, qui effectue depuis plusieurs années des dosages directement sur la sève de la nervure de la feuille, à raison parfois d'un prélèvement tous les trois jours à certains stades végétatifs.

Il n'est pas certain que cette méthode aboutisse à des résultats; ceux-ci n'apparaîtront que si l'ampleur des variations est importante. Si de grandes variations des teneurs des sols en certains éléments ne provoquent que de très petits changements dans la plante, cela limite singulièrement les conclusions que l'on peut en tirer. Mais si l'inverse se produit, la méthode se révélera intéressante.

3°) Les prélèvements de la plante

Il est intéressant de savoir pour les plantes comme le bananier et la Canne d'une durée de 10 à 12 mois et dans des endroits très différents par le sol et le climat :

- a) si les prélèvements en potasse, phosphore, azote, ont lieu surtout pendant une brève période ou sont répartis au cours de l'année régulièrement, ou si encore ils sont confondus avec la courbe de production de matière sèche (voir travaux de Lefèvre);
- b) si la période de présence dans le sol d'un élément en quantité importante correspond à la période de besoins intenses de la plante. Faute de pouvoir déterminer les besoins théoriques la courbe d'absorption est susceptible de donner très approximativement les indications utiles (Hebert-Lefevre);
- c) si le fléchissement des teneurs du sol en azote et peut-être potasse (et aussi phosphore s'il y a insolubilisation progressive, bien que cela soit difficile à estimer) pendant une certaine période correspond à un fléchissement de leur absorption pendant cette même période.

Ces résultats peuvent conduire à effectuer différemment les épandages d'engrais, quantité et date, pour que la plante ait davantage d'éléments à sa disposition au cours de sa croissance.

Puisqu'on ne peut confondre courbe d'absorption et courbe des besoins, de tels résultats n'impliquent pas nécessairement un effet sur le rendement ou la qualité, mais ils constituent le point de départ nécessaire à de nouveaux essais ultérieurs classiques de fertilisation.

C) Dispositif expérimental

Observations préliminaires

L'idéal pour ces essais sols/plantes serait d'avoir pour chaque station des microparcelles permettant d'avoir un sol aussi homogène que possible. Avec de petites plantes il aurait même été possible d'opérer dans des vases/végétation placés sous les différents climats.

Avec la Canne et la banane, nous sommes malheureusement obligés d'avoir des parcelles d'une certaine dimension et une certaine hétérogénéité du sol peut exister dans certaines parties.

Les zones d'hétérogénéité qui se traduisent par un développement différent du végétal doivent être éliminées. Le but

n'est pas d'avoir une représentation exacte de ce que la plante prélève dans la surface de la station, mais d'avoir pour chaque prélèvement, nécessairement distant, des conditions de milieu aussi voisines que possible (et naturellement pas trop éloignées de la moyenne) pour que la comparaison des variations des éléments dans le sol et dans la plante puisse être la plus précise possible.

BANANES - Le dispositif expérimental a été proposé par le statisticien de l'I.F.A.C. (voir annexe ci-jointe).

Sur un sol le plus homogène possible et bien représentatif d'un type de sol, on plante des souches d'une même provenance, 120 bananiers sont observés régulièrement. Les prélèvements de sols sont effectués tous les 15 jours, sur 30 cm de profondeur autour de 6 bananiers à raison de 7 échantillons par bananier, prélevés à des distances variables, et mélangés. Tous les deux mois, les 6 bananiers sont arrachés pour être analysés. On choisit alors 6 autres bananiers de développement similaire qui seront analysés aussi deux mois plus tard et autour desquels sont à nouveau effectués les prélèvements de sols.

Les premiers essais ont été mis en place en Martinique en juin 1960, sur deux sols différents situés à peu de distance, mais soumis à un écart de précipitation important et à une différence d'altitude de 150 mètres environ. Dans une zone, les bananes présentent à certaines périodes de l'année de mauvaises qualités, dans l'autre leur qualité est bonne tout au long de l'année.

Les premiers résultats d'analyse de sol portant sur une année montrent que le système de prélèvements est satisfaisant pour l'azote. Peu de variations se produisent lorsqu'on change de bananiers. Toutefois les modifications suivantes sont envisagées :

- effectuer les prélèvements de sols simultanément autour des bananiers que l'on arrache et autour des 6 autres qui sont choisis, ce qui, pour ce jour là, fera le double d'échantillons,
- espacer davantage les dates de prélèvements pour la potasse et faire un échantillonnage plus soigné. Donc, les jours de prélèvements destinés à la potasse, prélever davantage d'échantillons.

Le mode d'échantillonnage du bananier a été établi par M. Martin-Prevel qui disposait déjà d'une certaine expérience acquise en Afrique sur ce problème. Un pluviomètre est placé à proximité et relevé tous les jours.

CANNES

Un dispositif semblable est étudié par MM. Desjardin et Laussois. Il s'appuie sur des prélèvements de Canne effectués de façons continues sur 1,5 mètre sur 7 rangs de 40 mètres par M. Lemaire, dans un champ n'ayant pas/l'objet de précautions spéciales. fait

Les parcelles avaient été choisies en juin dernier, mais le programme étant en discussion, elles ont été abandonnées; elles devront être choisies au printemps prochain.

L'homogénéité de l'échantillonnage pour le sol, comme pour la plante, présente bien moins de difficultés, les engrais sont épandus uniformément.

Les échantillons de sols seront prélevés dans l'interrang de chaque côté au 1/3 de la distance. Des essais sont à effectuer, mais les variétés ne doivent pas être très importantes.

Six à sept prélèvements de Cannes sur chacun 1,5 m seraient nécessaires pour avoir une précision suffisante en poids. Les difficultés de l'échantillonnage ne paraissent donc pas considérables.

La tige de la Canne sera échantillonnée à la scie d'Aguire, et les parties vertes au broyeur à fourrage. Un pluviomètre sera placé à proximité de l'essai et un solarimètre si possible.

D) Réalisation pratiqueBANANE

L'I.F.A.C. se charge de tous les travaux sur le terrain. M. MONTAIGUT, Ingénieur agricole de Grignon, en a la charge. Il avait été prévu que le Bureau des Sols se chargerait des analyses de sols. Par suite du retard dans son installation, c'est le laboratoire de l'I.F.A.C. en Martinique qui a effectué toutes les analyses jusqu'ici.

Pour les analyses de plantes dont aucune n'a été faite, il faudra faire appel soit au laboratoire de Guadeloupe (ce qui est son rôle), soit à celui de Bondy si l'I.F.A.C. ne peut tout absorber.

Si la collaboration prévue initialement pour ces essais entre l'I.F.A.C. et le Bureau des Sols ne pouvait se concrétiser, l'I.F.A.C. poursuivrait seul ces études, à moins que ce système d'expérimentation n'apparaisse défaillant.

CANNE

En Guadeloupe, c'est le Directeur du Centre technique, M. LEMAIRE, qui doit se charger de la partie terrain de ces essais. Le Bureau des Sols lui fournit un Chef d'équipe (M. UFENS) et trois manoeuvres. Les analyses sont effectuées par le laboratoire du Bureau des Sols, en Guadeloupe ou à Bondy.

En Martinique, la démission du Directeur, M. FRETAY, ne permet pas pour le moment de savoir ce qu'il sera possible de faire. Le Bureau des Sols doit fournir un Chef d'équipe et trois manoeuvres au Centre technique.

E) Nombre des essaisa) Situation

Pour commencer, avant d'être très sûr de la validité de cette méthode, il est préférable de limiter le nombre des essais.

Pour la banane, on peut se contenter des quatre qui existent actuellement avec peut-être un cinquième en Grande Terre en zone irriguée.

Pour la Canne, on peut se limiter à trois en Guadeloupe : en Grande Terre sur un sol montmorillonitique calcaire, bien drainé, avec et sans irrigation. A Dupré Roussel, sur un sol ferrallitique friable, en région très arrosée.

Pour la Canne, en Martinique, on peut envisager : un essai en sol lourd montmorillonitique de fonds, un sur les sols jeunes sur cendres, un sur sols à allouanes de la région de Bassignac, si une surface homogène peut être trouvée.

b) Deux variétés ou deux doses d'azote ?

Pour les essais sur la Canne, on pouvait :

- soit ne prendre qu'une seule variété et la même dose d'engrais par station,
- soit prendre deux variétés et la même dose d'engrais par station, une variété précoce et une variété tardive,
- soit prendre deux doses d'azote différentes et la même variété.

Les deux dernières solutions reviennent à doubler le nombre des essais. C'est la deuxième, deux variétés et une même dose d'engrais qui a été choisie.

F) Nombre d'analyses par essaisPRELEVEMENTS DE SOLS : Canne et bananeAzote nitrique et ammoniacal :

Tous les 15 jours 6 échantillons provenant chacun du mélange de 7 à 10 échantillons en 6 endroits différents, soit dans l'année : 150 échantillons environ en surface / 300 avec ceux de la profondeur : 30-60 cm

Potasse, pH :

Tous les mois on prélève une dizaine d'échantillons provenant du mélange, chacun de 10 échantillons, sur 10 emplacements, soit dans l'année : 150 analyses environ (échantillonnage à étudier).

PRELEVEMENTS DE PLANTESI - Cannea) Dates :

On prélèvera les Cannes à analyser :

- en Canne plante à 3, 4½, 6, 9, 12 mois d'âge : 5 dates
- en rejetons à 2, 4, 6, 9, 12 mois d'âge : 5 dates

b) Parties prélevées :

- à trois et à quatre mois on distinguera :
 - . la souche
 - . la tige et les feuilles } 2 éch. + 2 éch.
- à six mois et à neuf mois, on distinguera au début :
 - . la souche
 - . la tige
 - . les feuilles sèches et vertes } 4 éch.
+
4 éch.
 - . le bout blanc qui sera peut-être ensuite réuni à la tige
- à douze mois à la récolte :
 - . la souche
 - . la tige usinable
 - . le bout blanc
 - . les feuilles
 } 4 échantillons

Soit en tout 16 échantillons et s'il y a 8 répétitions 128 échantillons par station. Chaque organe devra être pesé à l'état frais et l'humidité déterminée au séchage à l'étuve.

II - Banane

Les prélèvements sont faits tous les deux mois suivant un dispositif fixé par M. MARTIN PREVÈL.

Objections présentées au programme

I - Les essais engrais classiques et l'analyse foliaire

Pas d'objection. M. CHAMINADE préconise une uniformisation des essais et se rallie au type factoriel.

Une réduction du nombre des analyses par mélange des échantillons des parcelles de même traitement pourrait se justifier au point de vue des applications pratiques immédiates. Cependant, M. PREVOT pense qu'il est intéressant de maintenir les analyses de chaque parcelle pour pouvoir disposer de courbes de variation des éléments les uns par rapport aux autres plus précises.

M. PREVOT suggère, si cela est possible, des essais factoriels plus complets encore.

II - Essais sols/plantes/climats

Pas d'objection contre le principe. La présence de la culture qui peut modifier beaucoup l'état du sol durant une année est jugée nécessaire. Les sols perméables, sous une forte pluviométrie, peuvent à la rigueur être comparés, nus ou cultivés, mais les sols lourds deviennent très différents, la dessiccation étant limitée à la surface en sol nu et beaucoup plus profonde en sol cultivé.

La grandeur des parcelles effraie un peu M. CHAMINADE qui y voit des risques d'hétérogénéité, renforcés encore dans les essais sur les bananes par le changement des emplacements tous les deux mois. Les courbes toutes récentes établies par M. MONTAIGUT pendant une année paraissent cependant très satisfaisantes pour l'azote nitrique et ammoniacal et justifient ce type d'expérimentation. On perd peut-être un peu en précision en opérant ainsi, plutôt que sur de petites parcelles, mais on gagne beaucoup en sûreté pour la comparaison des résultats des analyses de sols avec ceux de la plante et pour la vulgarisation.

Le fait même d'opérer sur six bananiers peut enfin apporter des enseignements supplémentaires si les causes de variation d'un bananier à l'autre peuvent être découvertes, par exemple : écart d'une semaine et intensité variables de la nitrification provoqués peut-être par une position topographique un peu différente.

M. MAIGNIEN suggère moins de dates de prélèvements mais un échantillonnage plus soigné. Pour l'azote nitrique et ammoniacal, les variations sont si rapides en quelques jours et même en quelques heures s'il y a de fortes averses qu'il est préférable de s'en tenir au système actuel tous les 15 jours. Un échantillonnage plus soigné serait d'une utilité illusoire.

Pour la potasse par contre, où les variations sont plus lentes et les erreurs nettement plus importantes d'après les premiers résultats de l'I.P.A.C., il paraît préférable d'abandonner une date de prélèvement sur deux et de faire un échantillonnage plus soigné.

L'azote nitrique et soluble et les sucres dans la plante

Ces études nous ont été suggérées par M. DROUINEAU. M. BLANCHET a insisté sur la nécessité de faire les sucres en même temps que l'azote nitrique et soluble.

Il s'agit là d'études qui à elles seules peuvent constituer au début un programme particulier.

Une mise au point des méthodes est à faire (constance, dans la journée et d'un jour à l'autre des teneurs; parties de la plante où doit être fait le prélèvement; variations de l'humidité dans la plante, etc..).

Les apports, limités à une ou deux talles de Cannes ou un ou deux bananiers, d'engrais nitriques au sol, éviteront peut-être au début d'attendre les variations de l'azote du sol et aideront à aller plus vite pour tester la méthode.

Ces mises au point étant faites, l'application de cette méthode aux parcelles où les coûteuses études d'évolution des éléments dans le sol sont effectuées ne peut être qu'intéressante. Ces parcelles, formant d'ailleurs des champs très homogènes, les bordures seront très utiles pour les mises au point envisagées ci-dessus.

Les prélèvements et les exportations de la plante

L'intérêt de ces études a paru discutable aux uns, indiscutable aux autres.

Les travaux de MM. HEBERT et LEFEVRE sur la betterave, le colza, le blé, etc... donnent déjà des indications.

Plusieurs difficultés existent :

- L'échantillonnage de la Canne et du bananier est délicate. Seule l'expérience nous renseignera sur ce point. Pour des essais identiques sur le blé, M. HEBERT à Laon effectue des prélèvements très peu nombreux qu'il estime suffisants;

- L'écartement de deux mois entre chaque prélèvement risque d'être trop grand et de laisser passer inaperçus des points d'inflexion des courbes d'absorption. M. HEBERT conseillait tous les dix jours. Cela n'est pas possible pour le bananier car il faudrait une parcelle trop vaste. Pour la Canne, cela pourra être envisagé si les premiers résultats expérimentaux permettent de simplifier l'échantillonnage. Pour débiter, cela semble difficile.

Les exportations

Les résultats obtenus dans les seuls essais sols/plantes, surtout si le nombre en est réduit, ne seront pas suffisants. Il faudra effectuer un certain nombre de déterminations, mais sur les jus seulement, dans certaines des parcelles des essais engrais classiques : parcelles témoins ou parcelles recevant certains traitements.

Il est utile de savoir si d'une région à l'autre, sous des climats différents, les exportations peuvent varier beaucoup, ce qui incitera à forcer ou diminuer la fumure d'entretien suivant les cas...

Des teneurs élevées en certains éléments dans le jus peuvent aussi être nuisibles à l'Usine. C'est le cas du potassium par exemple.

CONCLUSION

Le programme du Bureau des Sols peut être maintenu dans son ensemble à condition d'éviter que son ampleur même ne constitue un obstacle à sa réalisation. Pour cela, il est indispensable de sérier les problèmes et tout en cherchant à effectuer la totalité d'adopter une priorité dans les études.

L'évolution des éléments dans le sol est la partie, au moins au début, qui est la plus importante et qui devra être faite en priorité. C'est une étude qui se justifie presque en elle-même indépendamment du reste.

Les prélèvements de la plante et les exportations ne présentent de difficultés que pour l'échantillonnage - le nombre d'analyses à raison de 130 par essai n'est guère élevé. Elles pourront aisément être absorbées par les laboratoires de Guadeloupe et de Bondy.

L'étude de l'azote nitrique et soluble dans la plante et des sucres ne viendra se greffer sur l'étude de l'évolution des éléments dans le sol qu'une fois les mises au point effectuées, Il est bien entendu que l'ampleur à donner à cette partie du programme dépend des possibilités en temps et en moyens. Elle pourrait être confiée par exemple, entre autres, au jeune agronome de l'I.N.R.A. puisque, tout en s'intégrant dans le programme général, elle constitue aussi à elle seule un ensemble susceptible d'ailleurs d'être considérablement développé si les premiers résultats sont encourageants.

Les dangers relatifs à l'ampleur du programme apparaissent donc ainsi comme limités, sauf défection toujours possible évidemment de certaines personnes sur lesquelles il repose.

Les études agronomiques sont si longues qu'on ne peut attendre d'avoir rassemblé séparément toutes les données sur le sol et la plante pour les confronter ensemble, ce qui exigerait de nombreuses années et n'est d'ailleurs plus rationnel qu'en apparence, puisque le sol, la plante, le climat, influent souvent fortement l'un sur l'autre, et qu'en éliminant certains facteurs on risque d'observer des phénomènes très différents de ceux qui se produisent dans la réalité.

Ce qui importe surtout, c'est de trouver des résultats ayant un intérêt pratique susceptible d'être vulgarisé. L'expérimentation bien conduite suggère d'ailleurs souvent des études de laboratoire à effectuer pour tâcher de comprendre des résultats inattendus, alors que la méthode inverse d'étude du sol au laboratoire a priori peut fort bien se révéler stérile ou même dans quelques cas erronée.

Les essais factoriels 2^4 en Guadeloupe ont ainsi mis en évidence des interactions N - K et un effet phosphore de la chaux que l'on peut chercher à expliquer maintenant par des études au laboratoire orientées alors que les études au laboratoire effectuées a priori auraient pu fort bien ne rien donner ou même aboutir (toutes les méthodes d'analyses étant conventionnelles) à des conclusions inverses de celles que l'on a observées.

*

La réussite de ce programme nécessite la collaboration bien définie des différents organismes : le Bureau des Sols n'est en somme qu'un laboratoire bien équipé (aidé éventuellement par ceux de Bondy), mis à la disposition de l'I.F.A.C. et des Centres Techniques (I.N.R.A. peut-être pour les essais fourrages) pour la réalisation d'un programme coordonné établi d'un commun accord. Chaque organisme dispose donc de ses propres résultats, mais le Bureau des Sols disposant de l'ensemble des résultats est susceptible d'en tirer un enseignement scientifique beaucoup plus large qui déborde le cadre des Antilles./.

VIII/- / Exports of mineral elements in the cane juice /

Proceedings of the 12th I.S.S.C.T. Congress,
PUERTO-RICO, 1965
Elsevier Ed., 1967, 254-261

Y. LEMAIRE
F. COLMET DAAGE

J. GAUTHEYRCU

Publication ORSTOM-Antilles n° P 42

EXPORTS OF MINERAL ELEMENTS IN THE CANE JUICES

Y. Lemaire

Centre Technique de la Canne et du Sucre de la Guadeloupe,

F. Colmet-Daage and J. Gautheyrou

Bureau des Sols des Antilles - O.R.S.T.O.M.

DETAILS OF THE EXPERIMENT

A set of eleven $3 \times 3 \times 3$ NPK factorial trials was laid out to study different aspects of the fertilization of sugar cane in Grande Terre. The following data were gathered over several years.

Initial soil analyses

At the time each trial was laid out, a composite sample of the surface soil for each of the twenty seven elementary plots was taken before manuring and pH, exchangeable potassium and total phosphorus were determined.

Foliar diagnosis

Two or three samplings of the tissue of the Top Visible Dewlap leaf lamina were taken between the third and seventh month in each plot and the percentages of N, P, K, Ca, Mg in the dry matter were determined.

Harvest results

The yield of cane per plot was obtained, samples of thirty whole cane stalks per plot were collected for the determination of the recoverable sucrose content, and sugar production in tons par hectare was calculated (Lemaire, 1961).

Mineral elements P, K, Ca, Mg in the juices

The juice sample collected for sucrose content was also used for the determination of the amount of mineral elements P, K, Ca, Mg entering the factory.

Final soil analyses

At the end of the cycle, comprising one plant cane and three or four ratoons, a second soil sample for each experimental plot was taken in order to determine pH, exchangeable potassium, total phosphorus.

All the individual plot data were analysed statistically by means of an IBM 704 computer at the C.N.R.S. (Centre National de la Recherche Scientifique) and the O.R.S.T.O.M. (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer) by Char-

bonnel and van den Driessche (1961, 1964). The analysis of variance included the decomposition of the main effects and the two factor interactions. Partition of these into linear (l), quadratic (q), general (g) and additional (a) was adopted. For the complete interpretation of the tables, it is specified that, if the indices 0, 1 and 2 of the responses "y" indicate the levels, the linear component (l) of a main effect is represented by the difference $y_2 - y_0$, the quadratic (q) by the difference

$$\frac{y_0 + y_2}{2} - y_1,$$

the general (g) by the difference

$$\frac{y_1 + y_2}{2} - y_0$$

and the additional (a) by the difference $y_2 - y_1$ (Yates *et al.*, 1959).

Analytical work was done at the laboratory of the "Bureau des Sols des Antilles" according to analytical procedures developed by Gautheyrou and Gautheyrou (1960).

The trials are designated by the initials of the factory, the farm and the field chosen.

The trials SCC, BDC₁, BDC₂, GMC, GGM, SZB₁, SZB₂, MLV, BEG were laid out on heavy calcareous soils with montmorillonite in an area where the average yearly rainfall ranges from 1,200 to 1,500 mm. The trials BRJ and DPM were laid out in Grande-Terre too, but on soils with kaolinite and hydroxides.

The variety B.46364 was used in all the fields except for MLV and BEG where the variety B 49119 was planted. The manuring was done in one application, in the furrows at planting for plant canes and one month after harvesting for ratoons. The fertilizer treatments, which did not change during the experiment, consisted of the following:

Nitrogen - N₁ = 60, N₂ = 120, N₃ = 180 kg N/ha as sulphate of ammonia;

Phosphorus - P₀ = 0, P₁ = 60, P₂ = 120 kg P₂O₅/ha as di-calcium phosphate or triple superphosphate;

Potassium - K₁ = 80, K₂ = 160, K₃ = 240 kg K₂O/ha as muriate of potash.

PRESENTATION OF THE RESULTS

Numerous results may be drawn from such an experimentation. Only those referring to the influence of fertilization on the exports of mineral elements in the cane juices will be taken into account here after.

The results shown in the appended tables only refer to ratoon canes. The harvest year is indicated.

Table 1 - Harvest results

The simplified harvest results only include tons of canes per hectare (T.C. Ha). The type of the response (l, g, q, a) is indicated with the significant results at the 2.5% level.

TABLE 1

Trials	Tons cane/hectare			P ₀	P ₁	P ₂	K ₁	K ₂	K ₃
	N ₁	N ₂	N ₃						
SCC									
1st Rat. 62	104	108	118 l	99	113	118 lg	99	116	116 lg
2nd Rat. 63	50	51	61 lga	49	54	59 lg	47	56	59 lg
3rd Rat. 64	67	81	86 lg	76	74	82 a	63	84	86 lqg
BDC 1									
1st Rat. 62	93	97	100	97	100	94	95	97	98
2nd Rat. 63	105	107	108	105	107	108	100	108	112 lg
3rd Rat. 64	82	87	88	87	84	87	81	88	89 lg
BDC 2									
1st Rat. 62	98	103	109 lg	103	103	103	99	104	107 lg
2nd Rat. 63	90	107	106 lg	101	102	101	98	98	107
3rd Rat. 64	76	80	84 lg	77	81	82	79	78	83
GMC									
1st Rat. 63	93	102	99 lqg	98	97	99	101	97	96
2nd Rat. 64	100	107	105 lqg	104	105	103	103	103	106
GGM									
1st Rat. 63	92	98	99 lg	96	99	94	92	98	99 lg
2nd Rat. 64	87	101	101 lg	95	97	95	92	97	98
SZB 1									
1st Rat. 63	84	98	102 lg	94	93	96	93	90	100
2nd Rat. 64	85	91	90	89	87	90	89	85	92 a
SZB 2									
1st Rat. 63	89	95	93	98	93	86 l	90	95	91
2nd Rat. 64									
MLV									
1st Rat. 64	108	120	121 lg	120	114	114	114	115	119
BEG									
BRJ									
1st Rat. 63	56	70	76 lqga	68	64	70 qa	67	67	67
2nd Rat. 64	97	110	109 lg	106	103	107	99	109	108 g
DPM									
1st Rat. 64	123	150	154 lqg	146	141	141	139	141	148
Mean	89	98	100	95	95	96	92	96	99

Table 2 - Mineral element contents of the juices

The results are expressed in mg of element per litre of juice. They concern: the total phosphorus P in the juices in relation to nitrogenous and phosphatic fertilizer applications; the potassium K in the juices in relation to nitrogenous and potassic fertilizer applications; the calcium Ca in the juices in relation to nitrogenous and potassic fertilizer applications; the magnesium Mg in the juices in relation to nitrogenous and potassic fertilizer applications. The type of the response (l, g, q, a) is indicated with the significant results at the 2,5% level.

Table 3 - The export of mineral elements per hectare

This table combines the results of the two preceding ones, viz, the tonnage of cane

per hectare (T.C.Ha) and the mineral contents of the juices. Special studies have shown a very close relationship between total P in volume of juices and total P in weight of cane stalk and this is also true for potassium.

On the analogy of fertilizers, the exports are expressed in P_2O_5 and K_2O . This relation is as follows:

$$\begin{aligned} P_2O_5 \text{ in g per ton of cane} &= 2.8 \text{ P in mg per litre of juice} \\ K_2O \text{ in g per ton of cane} &= 1.2 \text{ K in mg per litre of juice} \end{aligned}$$

MINERAL ELEMENTS IN THE JUICES

The action of the fertilizer applications on the mineral elements content of the juices is particularly outstanding in the case of phosphorus and potassium, not so clear with calcium and magnesium.

Phosphorus in the juices

We have noted a reduction in the phosphorus content of the juices with increasing rates of nitrogen application. This action is more often linear and general, than additive. We have also found an increase in the phosphorus content of the juices with increasing rates of phosphate applications. This action is linear and general and fairly often additional.

If we refer to the table of exports per hectare we notice that the increase in production following an additional application of nitrogen does not result in increased exports of P_2O_5 per hectare in the stalks but, the contrary, in a reduction of these exports. This reduction is of the same magnitude as the increase of P_2O_5 exported following the additional applications of phosphatic fertilizers without any corresponding increase in production.

In conclusion, the grower who wishes to increase his sugar production by means of higher applications of nitrogenous fertilizers does not require a simultaneous increase in the phosphatic fertilizer applications to offset a higher uptake.

We may point out that a level of 250 mg of P_2O_5 per litre of juice (110 mg of P) is usually accepted by the factory for a good defecation of the juices. In some trials, after a few harvests without any application of phosphates, the juices show abnormally low contents; consequently it seems desirable to maintain a regular application of phosphate at the rate of about 50 kg of P_2O_5 per ha.

Potassium in the juices

Additional applications of nitrogen in the fertilizer treatment bring about a reduction of the potassium exported in the juices. This action is linear and general.

Additional doses of potash in the fertilizer treatment result in a very important increase of the potassium in the juices. The potassium content of the juices is increased 1.7 times on an average, when the fertilizer application rises from 80 kg to 240 kg K_2O /ha. This action is in all cases linear, general and additional.

If we refer to the table of exports of potash per hectare, we notice that the additional application of nitrogen, in spite of an increased production of cane per hectare, does not lead to a rise of the quantity of potash exported in the stalks; in fact, this quantity remains very nearly the same, around 125 kg of K_2O /ha when the production rises from 89 to 100 tons of cane. On the other hand, high doses of potash in the

TABLE 2
MINERAL ELEMENTS CONTENTS OF THE JUICES

Trials	P mg/litre						K mg/litre					
	N ₁	N ₂	N ₃	P ₀	P ₁	P ₂	N ₁	N ₂	N ₃	K ₁	K ₂	K ₃
SCC												
1st Rat. 62	71	67	61 lga	44	68	87 lga	637	596	534	380	568	819 lga
2nd Rat. 63	136	135	113	78	139	165 lg	1127	1053	1012	627	991	1574 lga
3rd Rat. 64	127	113	99 lg	59	125	155 lqga	906	826	721 lg	432	822	1198 lga
BCD												
1st Rat. 62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2nd Rat. 63	173	132	110 lga	108	139	168 lga	1160	901	940 lqg	698	1054	1249 lga
3rd Rat. 64	117	94	83 lg	59	108	128 lqga	1059	890	883 lg	636	958	1239 lga
BDC 2												
1st Rat. 62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2nd Rat. 63	164	137	120 lg	110	140	172 lga	1420	1101	1114	957	1101	1578 lga
3rd Rat. 64	134	91	82 lg	61	106	140 lga	1466	1142	1131 lg	1016	1113	1610 lga
GMC												
1st Rat. 63	229	181	138 lga	188	181	178	1119	1282	934 lga	1061	1056	1219 la
2nd Rat. 64	190	160	130 lg	153	155	172	968	952	796 lga	752	913	1050 lga
GGM												
1st Rat. 63	237	180	141 lga	174	183	201 lg	967	1026	844 a	747	937	1153 lga
2nd Rat. 64	175	128	100 lga	113	139	150 lg	886	901	754	614	848	1079 lga
SZB 1												
1st Rat. 63	162	117	96 lga	97	142	136 lqg	1566	1430	1243 lg	1193	1412	1633 lg
2nd Rat. 64	121	91	95 lg	67	114	127 lg	1368	1221	1019 lga	950	1160	1498 lga
SZB 2												
1st Rat. 63	133	98	94 lg	78	110	136 lga	1610	1478	1466	1196	1537	1821 lga
2nd Rat. 64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MLV												
1st Rat. 64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BEG												
1st Rat. 63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BRJ												
1st Rat. 63	225	157	147 lqg	159	178	192 lg	1250	1049	1014 lg	824	1108	1381 lga
2nd Rat. 64	202	150	121 lga	137	155	181 lga	1320	982	908 lqg	687	1036	1488 lga
DPM												
1st Rat. 64	231	183	167 lg	202	183	196	1087	878	728 lga	734	824	1133 lga
Mean	166	130	111	111	139	158	1171	1041	943	794	1025	1336

fertilizer application cause a very important increase in the quantity of potash exported per hectare in the stalks without a marked increase of the production since the quantities of potash exported increase from 90 kg to 170 kg per hectare for 7 additional tons of cane. There is certainly there a luxury consumption.

This interpretation is confirmed by the fact that the additional effect of dose 2 over dose 1 which is marked by a sharp increase of the potassium in the juices is significant 16 times out of 18.

A study to determine whether such high amounts of potash in the juices actually hamper factory efficiency would be worth-while undertaking. These results stress the necessity of both soil analyses and foliar diagnosis as proper guides to potash fertilization.

TABLE 2 (continued)

Trials	Mg mg/litre						Ca mg/litre					
	N ₁	N ₂	N ₃	K ₁	K ₂	K ₃	N ₁	N ₂	N ₃	K ₁	K ₂	K ₃
SCC												
1st Rat. 62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2nd Rat. 63	368	427	437 lg	452	403	377 lg	308	336	320	344	333	288 la
3rd Rat. 64	339	381	408 lg	411	374	345 lg	245	314	314 lg	305	298	270
BDC 1												
1st Rat. 62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2nd Rat. 63	199	259	258 lqg	261	243	213 lga	428	423	452	456	426	420
3rd Rat. 64	300	323	327	339	314	298 lg	292	307	340 lg	335	322	283 lga
BDC 2												
1st Rat. 62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2nd Rat. 63	171	207	233	210	221	181	392	420	440	431	400	422
3rd Rat. 64	265	298	313 lg	310	296	270 lg	289	325	331 lg	331	324	291 lga
GMC												
1st Rat. 63	268	276	313 lga	294	286	277	399	391	432 a	413	400	409
2nd Rat. 64	232	256	276 lga	259	250	254	352	367	373	379	362	350 lg
GGM												
1st Rat. 63	246	253	281	276	253	251	298	319	352 lga	339	324	307 lg
2nd Rat. 64	243	251	282 lga	272	257	247 lg	315	329	364 lga	356	329	323 lg
SZB 1												
1st Rat. 63	294	322	351 lga	341	327	299 lga	274	270	286	285	279	265
2nd Rat. 64	287	297	314	325	294	279 lg	270	291	291 a	299	288	265 lga
SZB 2												
1st Rat. 63	302	338	357 lg	350	326	321	265	278	274	275	274	269
2nd Rat. 64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MLV												
1st Rat. 64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BEG												
1st Rat. 64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
BRJ												
1st Rat. 63	253	302	309 lg	311	286	266 lg	228	233	242 l	237	240	226 a
2nd Rat. 64	230	305	315 lqg	314	288	247 lga	200	232	255 lga	245	233	208 lga
DPM												
1st Rat. 64	210	244	280 lga	259	249	225 l	166	179	212 lga	186	189	182
Mean	263	296	316	312	292	272	295	313	330	326	314	299

Magnesium in the juices

Nitrogen applications result in an increased magnesium content of the juices, whereas potash fertilization on the contrary, reduces the magnesium content of the juices.

Calcium in the juices

Nitrogen applications increase the calcium content of the juices and the potash applications reduce it. These are parallel observations to those made for magnesium.

CONCLUSION AND SUMMARY

Applications of nitrogen have an important bearing on the mineral element contents

IX/- / The ripening of sugarcane /

Congr. Brit. West Indies Sugar Technologist Ass. (Georgetown),
1966, oct. 266-271 (publié 1968)

F. COLMET DAAGE
J. GAUTHEYROU

Y. LEMAIRE
M. POMPIGNAN (de)
et al.

Publication ORSTOM-Antilles n° P 35

The Ripening of Sugarcane

BY

F. COLMET DAAGE AND J. GAUTHEYROU, O.R.S.T.O.M., Y. LEMAIRE AND M. DE POMPIGNAN, C.T.C.S.,
SOBESKY AND J. SALETTE, I.N.R.A.

(Presented by Mr. H. R. Strang)

INTRODUCTION

Sugarcane cultivation has a great economic importance in Martinique and in Guadeloupe. Whereas some gently undulating windward areas have a fairly marked dry season (Grande Terre, Marie Galante, South Martinique) most of the other areas get frequent and abundant downpours during harvest. In 1966, this period has been particularly rainy and the observations made cannot thus be compared with those of other years.

Following these rains, which occurred during the reaping season, a decrease in the sugar content has often been observed although not systematically. This decrease varies in magnitude.

These unfavourable climatic conditions for sugarcane cultivation are not common in the other sugarcane countries. Therefore, the improvement of sugarcane maturation is a very important part of our research programme.

EFFECT OF NITROGEN

Many results of factorial experiments carried out in both islands for many years show that if nitrogen increases both in tonnage and the sucrose content as occurs when deficiencies in this element are severe, supplementary applications to bring the yields in tons of cane/acre to near the optimum, tend to lower the sugar content even when further increases in tonnage are still possible. As a result of climatic variations, optimum dosages of nitrogen vary from year to year. It is, therefore, very difficult to establish permanent recommendations for nitrogen applications.

In certain elevated areas with overcast skies, heavy rains and soils with a higher organic matter content, experiments seem to show that less nitrogenous fertilisers are needed than in lower areas, and more so in the case of first ratoons. An increase in the application of nitrogen to successive ratoons seems necessary, particularly in heavy soils.

Whereas an excessive potash application, which can be checked by the K levels in the juice, in the soil and in the third leaf of the previous crops, leads to unnecessary export of K in juice and may cause some losses of sugar at the factory it seems impossible in a given area to forecast the quantity of nitrogen to be applied at planting or just after reaping. Depending on the climatic conditions the latter can be either insufficient to achieve optimum yields or excessive thus causing a drop in the sugar content.

Thanks to aerial application of urea, it seems possible

to reduce the basal dressing of nitrogen to the minimum average dose required and to correct the possible deficiencies afterwards when the cane is well developed.

One of the aims of the trials was to determine if such high yields could be obtained whether nitrogen was applied on the soil or in urea solution in water on the leaves. Another object was to find out under which conditions nitrogen could have depressive effects on the sugar content and whether it could be responsible for those sudden drops in quality or cessation of sugar increase which have been noted from time to time during the harvest.

SOIL NITROGEN

The study of the mineral nitric and ammoniacal nitrogen variations during a number of years in the French West Indies in the sugarcane and banana soils, shows that fertiliser applications were followed in some cases by a very moderate increase in mineral nitrogen levels and in other cases by an increase which could be much higher than the quantity applied.

Furthermore, in soils regularly fertilised, sudden increases of mineral nitrogen levels have been observed during some periods of the year and particularly when rains occur during the so-called dry season. These increases can be very important sometimes in soils heavily dressed. Annual variations are of very little importance in non-fertilised soils.

A low mineral nitrogen level in the soils does not necessarily mean that the soils cannot supply any nitrogen to the plant. It is the case when the plant uptake reaches or goes beyond the speed at which the mineral nitrogen of the soil is renewed. On the other hand, a high level of nitric nitrogen indicates with certainty the possibility for the plant to find readily available nitrogen in the soil if the uptake conditions by the root system are favourable. This is what happens when the rains are frequent enough during harvesting for the resumption of growth.

It seems that the way to prevent these important increases in nitrogen consists in limiting, as much as possible, nitrogen applications to the soils. This nitrogen can be transformed into the organic form by the soil micro-organisms and re-mineralised by way of very complex processes.

Through foliar applications of nitrogen, it seems possible to avoid, except during the first weeks of growth, important applications of nitrogen to the soils and thus to maintain during harvesting a very low mineral nitrogen level in the soils.

METHODS

(i) Uptake of soil nitrogen by the cane

As a result of some preliminary experiments, it has been possible to relate the variations in soil nitrogen to those of certain forms of nitrogen in the plant. The graphs of Figure 1 show that an increase in nitric nitrogen levels in the soils is followed by an increase of the nitrogen obtained through simple distillation in presence of magnesia of the sugarcane juice extracted with a Waring blender. This method has, therefore, been provisionally chosen for the first experiments until more precise and varied determinations can be undertaken.

The semi-quantitative paper chromatographic determinations of the various amino acids undertaken in 1966 by Mr. Yot show that a close connection exists between variations of soluble nitrogen obtained by distillation and those of the principal amino acids. Some delay in securing the necessary ingredients has made it impossible to make use of the new techniques already available.

(ii) Experimental designs

The experiments comprise six repetitions of:

(a) Plots on which the nitrogen is applied to the soil in one or two applications after plantation or after reaping.

(b) Plots getting only 30 kgs. of N/Ha on the soil at the beginning of the growth, then three or four sprays of urea solution on the leaves amounting to 90 kg./Ha from August to November.

Each plot is split in two halves. One half is not reaped and is used for sampling during the ripening period, the other half is weighed and analysed after harvesting.

During the ripening period, cane is sampled every 8 or 15 days in each plot. Three portions of stalk are prepared for analysis, viz. three internodes from the basal part, three internodes from the middle part and the 8-10 internodes. Sucrose was determined by polarimetry. Reducing sugars, soluble nitrogen and the moisture content of 4-5 internodes were also determined.

Soil samples were also taken at the same time in each plot for the determination of nitric and ammoniacal nitrogen and moisture content.

RESULTS AND DISCUSSIONS

(i) Soil mineral nitrogen

In 1965, in most of the experiments laid out on plant cane, the soil nitric-nitrogen level remained somewhat lower during the harvest in the plots getting nitrogen on the leaves than in those to which nitrogen was applied on the soil.

This was the case in the following experiments: Grand Ravine, Grand Cesar, Girard, Loison, Fonds Boyer and Plateau.

In the following experiments the levels remained practically identical: Ravine Negresse, Lemoine and Dattier.

In 1966, probably because of very heavy and steady rains occurring from the beginning of February, the mineral nitrogen levels remained fairly constant and identical in the plots with foliar or soil application.

In Martinique very few differences were observed. It seems, however, that certain occurrences of high mineral nitrogen level during some periods cannot be altogether eliminated.

(ii) Nitrogen/sugar relation

An important increase of the soil moisture following heavy rains in 1966, was immediately followed by an increase of soluble nitrogen in the stalk. This increase can affect the three parts of the stalks: low, middle and 8-10 internode simultaneously, or of one of these parts, only far more intensively.

A sudden increase of the soluble nitrogen in the stalk is, in nearly all cases, followed either by a drop of the sucrose in the cane or by a slowing down of its accumulation. 8-10 internodes seem particularly affected. Sucrose of these internodes has constantly decreased in certain fields from the first rain in February to the end of the harvest. In some other plots, the accumulation of sucrose slowed down during a certain period but increased again for a few weeks.

Examples:

Loison—February rains causing an increase of the soil moisture and of the soluble nitrogen and a slowing down of the sugar formation in the lower and middle part of the stalk followed by a resumption of the accumulation. In May there was a new peak of soil moisture and of the soluble-nitrogen in the cane, and a marked slowing down of sugar formation in the lower and middle part of the stalk accompanied by a drop in the 8-10 internode.

Ride—An appreciable increase of soluble-nitrogen following the February rains caused a stoppage in the accumulation of sucrose in the three parts of the stalk, particularly in the lower part and in the 8-10 internodes, with very little accumulation in the middle section. The 4-5 internode moisture content remained over 90 per cent from mid-February to mid-April and over 89 per cent up to the end of the harvest.

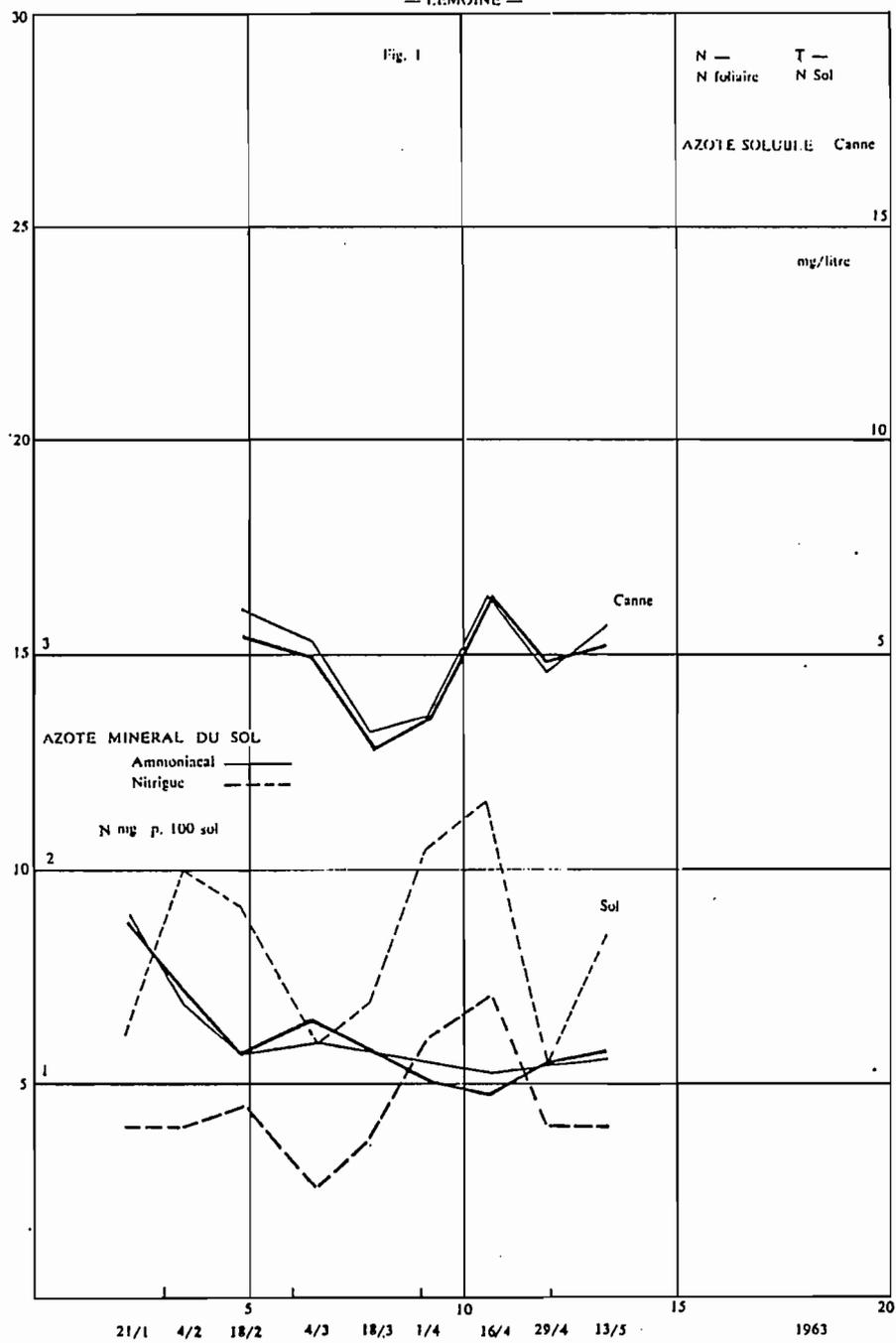
Plateau—High soluble nitrogen level caused a drop of sucrose in the three parts of the stalk. From the beginning of March, although the 4-5 internode moisture was over 90 per cent, the accumulation increased again.

A new increase in the soluble-nitrogen of the stalk in April was followed by a general slowing down in the accumulation of sucrose and by a drop in the 8-10 internodes.

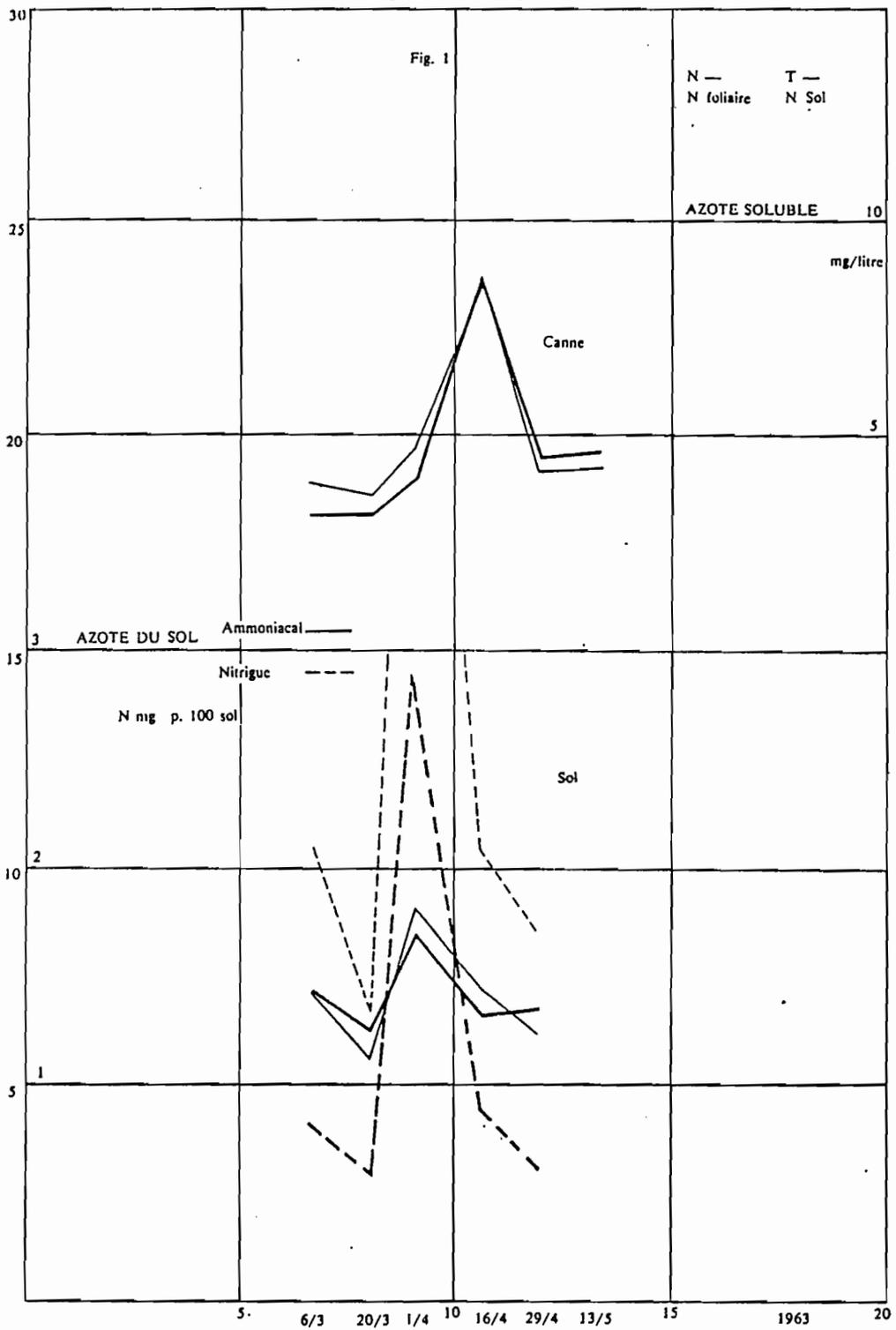
Girard—A noticeable slowing down of the accumulation of the sucrose in February accompanied by a small increase in the soluble-nitrogen and a 4-5 internode moisture content of 90 per cent was followed by an increase in the accumulation of sucrose followed by a further stoppage in April.

Digue—The 8-10 internode sucrose content dropped constantly after the rains at the beginning of February and the soluble-nitrogen in the stalk increased. After a slight slowing down during February, the accumulation of sugar continued until harvest.

Fonds Boyer—A constant drop in sucrose followed the rains at the beginning of February and soluble-nitrogen increased in the 8-10 internodes. The accumulation of



— GRAND RAVINE —



De

sucrose slowed down during February and increased again very slowly afterwards. The 4-5 internode moisture remained in the region of 90 to 91 per cent.

Dattier—A cessation of the accumulation of sucrose and an increase in soluble-nitrogen followed the first rains in February. During March soluble-nitrogen dropped and sucrose increased again; subsequently, further rains caused an increase in soluble-nitrogen, a drop in sucrose in the 8-10 internodes and a retardation of sucrose accumulation in the lower part of the stalk.

Pallabaty—A very high increase of soluble nitrogen followed the rains of February causing a cessation in the accumulation of sucrose in the lower and middle parts of the stalk. This was followed by a slight increase. There was a continuous drop in the sucrose content of the higher part of the stalk associated with a high level of reducing sugars.

Riz—There was a constant drop in the sucrose content of the 8-10 internodes and a cessation of ripening in the lower and middle parts of the stalk.

Basse Pointe—An increase of mineral nitrogen during February and March caused two decreases or slowing down of the accumulation of sucrose with a little increase in the middle.

Riviere Sales-Fromager—An increase in soluble-nitrogen caused a drop in the sucrose content of the stalk followed firstly by more rapid ripening and later by a further drop during April.

Parc à Boeufs—A slowing down of the ripening process during February-March, followed by a distinct drop in the 8-10 internodes.

Champs (1964); Grand Ravine (1964); Lemoine (1964) and Ravine Negresse (1964)—In 1964, a high increase in

soluble-nitrogen in the lower part of the stalk and in the 8-10 internodes, and an associated fall in sucrose content was observed.

(iii) Yields in tons of cane and of sugar

(a) Control of the foliar applications

The control of the efficiency of foliar applications has been made by foliar diagnosis on the third leaf when the 4-5 internode moisture content was over 90 per cent.

A slightly lower level of nitrogen is often noted in the plots which have only received 30 kgs. per Ha. of nitrogen on the soil and no foliar applications. Immediately after the first foliar application the levels tend to become identical in the two treatments. The high values in most cases are very close to or somewhat above the usually regarded optimum.

One may often observe, though this is not invariably the case, that foliar applications of nitrogen seem also to increase the foliar level of K and P.

Foliar diagnosis is often inadequate to establish the tremendous importance of foliar applications.

Because of having relied too much on foliar diagnosis, in numerous fields in Martinique in 1965, yields have been considerably lower than those possible because of insufficient nitrogen foliar applications. An alternative method remains to be developed.

(b) In the following table the yields in tons cane per hectare, the extractable sugar per cent cane, and the total yield of sugar per hectare for 1965 and 1966 are presented. One notes very frequently that an important increase in the tons of cane/Ha. without an associated decrease in the sugar content occurs in the plots which have received foliar application.

Guadeloupe 1965	T.C./Ha.		S.E. % C		T.S./Ha.		Varieties	Type of soil	
	N	T	N	T	N	T			
Plateau	55	54	10.85	10.18	5.98	5.53	B.51129	CP	Allophanes à gibbsite
Grand Ravine	82	71	12.87	12.14	10.54	8.68	B.51129	2R	Ferralitique friable
Fonds Boyer	90	87	11.12	11.05	10.0	9.55	B.51129	CP	Alluvions
Lemoine	70	57	13.99	13.07	9.77	7.51	B.51129	2R	Ferralitique friable
Bois Neuf	81	77	12.5	12.6	10.15	9.71	B.46364	CP	Grumosol calcaire
Grand Cesar	79	86	11.22	11.07	8.75	9.54	B.49119	2R	Grumosol calcaire
Loison	49	52	13.76	13.87	6.7	7.17	B.51129	CP	Ferrisol
Ravine Negresse	78	74	13.96	13.9	10.91	10.27	B.51129	2R	Ferralitique friable
Guadeloupe 1966									
Plateau	73	79	13.55	13.72	9.93	10.98	B.51129	1R	Allophane à gibbsite
Fonds Boyer	89	88	11.25	11.24	10.06	9.88	B.46364	1R	Grumosol calcaire
Loison	72	71	13.56	13.49	9.81	9.64	B.51129	1R	Ferrisol
Pallabaty	105	98	8.83	9.31	9.33	9.14	B.51129	1R	Ferralitique friable
Dattier	70	74	11.09	11.26	7.76	8.33	B.46364	1R	Grumosol calcaire
Digue	76	79	12.33	11.72	9.38	9.29	B.51129	1R	Ferralitique friable
Ride	76	76	10.50	10.55	7.81	8.06	B.51129	1R	Ferralitique friable
Grand Cesar	80	90	11.33	11.1	9.1	99.97	B.49119	3R	Grumosol calcaire
Martinique									
Parc à Boeufs	109	112	9.56	9.83	11.88	11.02	B.46364	CP	Alluvions lourdes
Fromager	138	118	8.38	8.52	11.51	10.08	B.46364	1R	Alluvions lourdes vertisol
Basse Pointe	132	161	10.32	9.61	13.70	15.6	B.51129	3R	Jeune sur cendres et ponces
Riz	202	181	7.93	9.2	16.24	16.57	B.37172	3R	Alluvions lourdes
Eloise	124	125	9.26	9.19	11.53	11.53	B.46364	1R	Alluvions
Vinaigrerie	115	118	11.7	11.54	13.47	13.61	B.46364	3R	Alluvions
Fanfan	175	166	9.25	9.14	16.15	15.24	B.37172	3R	Allophane à gibbsite
Paquemar	115	118	11.69	11.54	13.47	13.61	B.46364	3R	Vertisol magnésien
Ramier	131	116	6.64	6.09	8.66	7.04	B.46364	3R	Vertisol

One may say that in 1965 foliar applications of nitrogen caused a noticeable increase of cane and sugar yields (probably because of a better utilisation of nitrogen, during the boom period of growth) as compared to equal quantities applied on the soil, even though this dosage was a little higher than the usual dose.

In 1966, a year of exceptionally heavy rains during the harvest, yields have remained substantially the same, whether the nitrogen was applied on the soil or on the leaves.

It is rather premature to suggest the exact reason for these differences.

CONCLUSIONS

A relationship seems to exist between increases in soluble-nitrogen levels in the stalk and the retardation or actual cessation of sucrose accumulation.

These increases in soluble-nitrogen in the stalk occur during the ripening period when rain falls after a dry spell.

Are these increases of soluble-nitrogen in the stalk responsible for the slowing down of sucrose accumulation in the stalk? Sugar can in fact be utilised for the elaboration of amino acids and protein and utilised in respiration to produce the necessary energy.

Within the scope of these experiments, Mr. Yot of IFAC, has undertaken the detailed study of the amino acids, organic acids and sugars, to determine whether the biological mechanisms found confirm our preliminary hypothesis.

Should these increases in the soluble-nitrogen content of the stalk be attributed to absorption of nitrogen from the soil or to a conversion of the canes' protein reserves?

If the first supposition were correct, one should endeavour to reduce the soils ability to supply nitrogen to the plant during the ripening period as much as possible, as we have tried to do by avoiding appreciable applications of nitrogen to the soil, or by other methods yet to be developed.

It should be pointed out, however, that whereas the increase of soluble nitrogen in the cane seems almost invariably to coincide with rainy periods, such increases in the mineral nitrogen level of the soil are only associated with rainy periods in certain cases. Determinations of the mineral nitrogen content of the soil only indicate the level in the soil at a particular amount however, and give no indication of the soils ability to supply nitrogen to the plant over an extended period. We hope to improve this technique.

In the event of the second hypothesis (according to which the increase in the soluble-nitrogen level in the stalk would originate from the nitrogen reserves of the plant) being correct one should ensure that foliar applications made to induce optimum growth during the boom stage should not be so large as to cause excessive accumulation of nitrogen which would remain, eventually hampering the ripening process. Would it be possible to determine a critical period after which no foliar applications should be made in order not to inhibit the beginning of ripening?

Dr. Nickell of the H.S.P.A. had considered the use of the content in the stalk of soluble amino acids, or of

some of them, to differentiate varieties with good and poor juice quality, the excess of amino acids being an indication of the failure of the active leaves completely to mobilise them, and thus resulting in their being found as amino acids in the stalk. The study of the various forms of nitrogen at the end of the growth period may help to find a control method.

In the meantime, it is already of considerable interest and importance to have established that similar high yields can be obtained either by foliar sprays of urea or by soil applications. It will therefore, be possible to put the results into practice immediately since the aerial application method is already being largely utilised in the French Islands for herbicide and fungicide applications to bananas.

REFERENCES

1. Hartt, Constance and Kortschak. "Radioactive isotopes in sugar cane physiology".
2. Hartt, Constance and Burr, G. "Factors affecting photosynthesis in sugarcane".
3. Lemaire, Y., Colmet-Daage and Gautheyrou, J. (1965). "Exports of elements in the cane juice". I.S.S.C.T. 12th Congress, Puerto Rico (in press).
4. Nickell, L. G. and Baver, L. D. (Personal communication).

DISCUSSION

Mr. Le Grand said, from the limited knowledge he had about the French islands in the Caribbean, he was not surprised that juice quality was affected by aerial application of urea.

Harvest started in about January in both places, and an application of 20 kg. urea per hectare, about equivalent to 20 lb. of urea per acre, in November when the cane was about 10 months old, might affect proper maturation of the cane.

He knew that several field practices in the French West Indies resulted from experience gathered in Puerto Rico, where pioneering work with aerial application in that territory was started by Central Mercedita, on the south coast. Application of urea in this case was made as soon as the cane was "closed in", when the cane was about 3 to 4 months old. He felt, that a similar application and timing might greatly reduce maturing difficulties in the French West Indies. One application of 30 kg. per hectare to 4-5-months-old cane might be more effective than the three split applications now applied. No damage to the leaf surface should be feared with this rate of urea to the foliage, since much higher rates of applications had been reported without causing damage to the foliage.

Dr. Evans commented that in Martinique and Guadeloupe the problem was that during the harvesting season they had frequent heavy showers similar to those being experienced in Guyana this year. These resulted in significant drops in quality. In order to find out the reason for this, these experiments using aerial application at various times, were being carried out.

Mr. Le Grand observed that there were two rather distinct zones in both islands. The first area could be called wet, while the other zone could be regarded as receiving a moderate to heavy rainfall. The latter zone was mainly used for bananas, while the drier areas were often employed for growing sugarcane.

Mr. Strang noted, according to the authors, that a large part of the sugarcane growing area received frequent and heavy downpours throughout the harvesting period.

Mr. L. S. Birkett recalled that several years ago, he, along with his co-workers, carried out soil investigations and found that it was possible during boom periods of growth to get large variations in the nitrate and ammonia-nitrogen levels in the soil within relatively short periods.

X/ - / Factors affecting quality of bananas in the
West Indies:Finger Drop. Effect of variations
/ in the nitrogen content of the soil on Finger Drop /

Caribbean Organization
Puerto-Rico, 1965, p. 36-55

J. GUILLEMOT

F. COLMET DAAGE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 32

CARIBBEAN ORGANIZATION

THE BANANA INDUSTRY
AND RESEARCH

DEVELOPMENTS
IN THE
CARIBBEAN

A selection of papers prepared for the
Banana Demonstration Tour
held in Guadeloupe
February 17-25, 1964

Central Secretariat 452, Avenida Ponce de Leon - Hato Rey -
Puerto Rico 1965

FACTORS AFFECTING QUALITY OF BANANAS IN THE WEST INDIES: FINGER DROP

Effect of variations in the nitrogen content of the soil on Finger Drop

by

J. Guillemot¹⁾ and F. Colmet-Daage²⁾

I. FINGER DROP

Although finger drop was reported more than 30 years ago (WARDLAW, KERVEGANT . . .) and in spite of research into its causes, the problem is still with us today.

It has been noted that finger drop occurs in most plantations at fairly well defined periods (September to January in the West Indies). However, certain areas (altitude) are free from it. (See Appendix I - General characteristics of banana fields where finger drop occurs).

Theory on the cause of finger drop:

external cause - fungal finger drop

internal cause - physiological finger drop

(1) *Fungal finger drop* - For a long time, the most popular theory was that fungi were the cause of finger drop. It was based on the behaviour of the fruit in the ripening rooms, as no special symptom had been observed on bunches before harvesting.

In spite of much research and in view of the lack of promising results recorded after a series of fungi control trials, research workers were forced to come to the conclusion that there had to be a more deep-seated physiological cause to finger drop. The attacks by fungi, far from being negligible, would really be one of the manifestations of the condition but not its cause, the infection being promoted through some vulnerability of the fruit.

(2) *Physiological finger drop* - A series of investigations on bunches in the field brought out the fact that bananas vulnerable to finger drop showed a mechanical weakness. The main features of this weakness were a narrower and more elongated pedicel, a less thick pericarp, a fruit-stalk with a smaller diameter and less firm.

The fact that these features were not present during the periods when finger drop did not occur (first six months) led the authors to consider the size of the pedicel as a possible criterion of quality. A systematic survey carried out in the French West Indies has confirmed this assumption in its broad outlines.

A new suggestion regarding the cause of finger drop has now been put forward: the *mechanical weakness of the fruit* as characterized by the weakness of its organs of support and protection (pericarp, pedicel, cushion and fruit-stalk). Although cytological research carried out at the C.S.T. of Bondy

¹⁾ IFAC Station in the French Caribbean Departments.

²⁾ ORSTOM, Officer-in-charge of West Indies Soils Division (WISD).

(1) has not determined with accuracy the physiological cause of finger drop, it has confirmed that the pedicel of fruit likely to "drop" is indeed weak since it displayed:

- general flattened condition of the core of the pedicel
- cellular elongation of the parenchyma

In addition, trial shipments of bunches in a reinforced Canary Isles type of packing (SUBRA - CHAMPION - December 1961) tend to prove that, with a minimum of care so that there is no superficial abrasion of the pericarp, no finger drop and no invasion by fungi occur. Study of fungi conditions have shown, at least so far as "canker" and finger-stalk rot are concerned, that the fungi first establish themselves on recent bruises and then spread to the fruit, finger by finger, climatic conditions playing an important part in the development of the rot (2).

In the case of certain "vulnerable" consignments with long pedicels and put to ripen in ripening rooms, Mr. CHAMPION counted from 40 to 50% of pedicels with lesions (3).

(3) *Theories on the origin of finger drop*

Several have been put forward and concern more especially:

- nutrition imbalance
- climatic factors
- pathogens
- hormones

Research has either been initiated or will soon be undertaken on the following:

- Carbohydrate changes in the banana
- Finger drop attributed to hormonal causes
- Nutrition imbalance, with special attention being paid to nitrogen (See section III of this paper).

II. TENDENCY TO FINGER DROP CALCULATED ON THE BASIS OF THE PEDICEL RATIO

(1) *Weakness index*

For practical reasons (difficulty in making evaluations), the study of the weakness of the pericarp, even though this feature had been stressed, had to be abandoned and research limited to the measurements of the pedicel.

The term *weakness index*, or tendency of the fruit to finger drop, has been given to the pedicel ratio: $\frac{\text{length of pedicel}}{\text{diameter of pedicel}} = \frac{l}{d}$

where l = length of pedicel measured on its longitudinal section from the summit of the pulp to where it is attached to the cushion; and

where d = diameter of the pedicel measured mid-length on the longitudinal section.

These measurements are taken on a cross-section drawn out on paper (by applying a longitudinal section of the finger to the paper) or by means of a sliding caliper.

The weakness of a bunch is calculated on the basis of the measurements of the middle finger of the lower row of the second hand.

The weakness of a consignment of bananas harvested from the same field is determined by taking fingers from 15 to 20 bunches. (The choice of the sample finger and the sampling method have been the subject of a statistical study by P. LOSSOIS).

The other measurements are as follows:

l	=	Length of the finger to determine l/L ratio
W	=	Weight of the sample finger to determine the grade $W/(L - 1)$
W of bunch	=	Weight of bunch at harvesting
W corrected	=	Weight of bunch corrected by means of the grade $= \frac{\text{Weight of bunch} \times 10 (L - 1)}{W}$

(2) *Variation in the l/d ratio and finger drop*

The first surveys carried out in the field and in the ripening rooms in 1960 confirmed the fact that the bunches making up the consignments reported by ripeners as spoilt (finger drop, canker, rust, etc.) included pedicels that were thin and elongated.

Investigations were carried out both in Guadeloupe and Martinique from 1960 to 1963 which led to the establishment of several facts.

Main facts established by prior investigations (4) from 1960 to 1962

(a) Close relationship between the pedicel ratio l/d on the one hand and the tendency to finger drop and vulnerability to invasion by fungi on the other (study of trial consignments and reports by ripeners).

(b) Seasonal variations of l/d in all districts: peak at the end of the year in the French West Indies; minimum during the dry season (See Appendix II).

(c) Possible calculation, for each type of planting, of a critical l/d value; in the West Indies, the average critical value has been established as follows:

Robusta	=	2.4
Giant Cavendish	=	2.7

(d) Correlation between the average weight of the bunches and the pedicel ratio for each banana field surveyed (Appendix III).

(e) In addition, it has been established that when vulnerable fruit are subjected to slow ripening, this process promotes the development of fungal infection and finger drop. This is particularly noticeable when banana price quotations are low. This implies that ripening processes should be revised and should be adapted to each specific case.

(f) In 1960 and 1961, when the l/d ratio was high, finger drop occurred. In 1962 and 1963, when the l/d ratio was comparatively low, the occurrence of finger drop was low. It should also be recorded that, in 1963, owing to good prices offered as a result of hurricanes "Helena" and "Edith", the period of ripening was shortened.

III. EFFECT OF VARIATIONS IN NITROGEN CONTENT OF THE SOIL ON FINGER DROP

It was decided that IFAC and the WISD would carry out this investigation jointly, following the suggestion that finger drop might be connected with nitrogen.

A. TRIAL METHOD

14 banana farms were selected as the best samples for Guadeloupe (See Appendix IV). These farms are as follows

<i>Name of Farm</i>	<i>Altitude in metres ³⁾</i>	<i>Location</i>
1 - La Violette	80	Trois Rivières
2 - Grand Maison	250	do.
3 - Moléon	300	Basse-Terre
4 - Ilet	250	do.
5 - Bologne	100	Basse-Terre
6 - Beauvallon	250	do.
7 - Ste Anne	500	Matouba
8 - Convenance	50	Petit-Bourg
9 - Lézarde	5	do.
10 - Blondinière	200	Capesterre
11 - Moreau haut	40	Goyave
12 - Moreau bas	80	do.
13 - Neufchâteau	250	Ste Marie
14 - do.	250	do.

B. SUBJECTS OF STUDY

(1) *Soil samples*

5 samples per farm, at the rate of 0.25 cm. per boring NO₃ and NH₄ analyses by the WISD within 4 days of sampling Interval of 14 days between samplings.

(2) *Quality of fruit.* 1/d was selected as the only measurable criterion.

The fruit measurements were taken when the bunch was cut and were based on a sample finger of the bunch:

Length of the finger in mm.

Measurements of the pedicel in mm.

Weight of the finger in grams.

The trial was based on 15 bunches; the average of the sample gave an indication of the tendency to finger drop of the banana field

C. INTERPRETATION OF RESULTS -

correlation between 1/d and NO₃ & NH₄ Nitrogen content

Recordings of the variations of the nitrogen contents (NO₃ & NH₄) on the one hand, and of the variations of the 1/d pedicel ratio on the other are to be found in the attached graphs. Where appropriate, comments are included.

As variations in the results of the 5 soil samples taken for each field were comparable, only the average of the results is recorded as it makes reading of the graph easier.

³⁾ 1 m. = 3 feet approximately.

The amount of fertilizer indicated on the graphs is the rate applied to each banana plant (about 2,500 plants per hectare⁴).

Correlation between 1/d and Nitrogen

A few general conclusions may be drawn from the graphs.

(1) In higher-altitude farms and for similar maintenance, the 1/d values are lower than in the case of low altitude farms. On the other hand, the nitrogen contents are appreciably higher, as illustrated by:

comparison between Moreau haut and Moreau bas	(Goyave)
comparison between Neufchâteau and Roseau	(Sainte-Marie)
comparison between Beauvallon and Bologne	(Basse-Terre)

(2) In the areas where finger drop occurs, the highest 1/d values are recorded at 3.5 months⁵) after a noticeable increase in the nitrogen contents ($\text{NO}_3 > 1$ mg. for 100 gr. soil) following a period of about two months (June-August - rainy season) when nitrogen contents are very low (NO_3 much below 1 mg.): Lézarde, La Violette, Roseau, Moreau Plantations.

(3) In the higher-altitude plantations, very noticeable variations in the nitrogen contents of the soil were also recorded: either their value is higher than 1 mg. or the periods during which low contents are recorded are very short (Grand Maison Plantation).

(4) When variations in the nitrogen content are slight, a slight variation in the 1/d values is also recorded. This observation is also valid when - in spite of sharp variations - the NO_3 and NH_4 contents are higher than 1 mg.

Matouba Plantation	- N contents always regular
Moléon Plantation	- N values always high
Bologne Plantation	- N values comparatively low without sharp rises.

(5) Based on the preceding conclusions, it is possible to put forward the suggestion that there is a minimum level for the NO_3 content, such minimum being generally exceeded in the low-altitude zones, after leaching caused by the first heavy rainfalls. The value of this level would be around 1 mg. N (NO_3) for 100 gr. of soil.

(6) Finger drop is not promoted by high nitrogen content of the soil but only by sharp variations, especially those exceeding the above-mentioned critical level.

The proof is that there is no finger drop in the Moléon and Matouba banana plantations, where the nitrogen content is remarkably high.

(7) Obviously, the influence of rainfall must not be overlooked since it affects nitrogen changes in the soil. During the dry reason, high nitrogen content is observed but does not seem to influence the lengthening of the pedicel, since the effect of nitrogen is retarded by drought.

The areas with a pronounced dry season are those where the variations are the most pronounced regarding both nitrogen and pedicel ratio.

⁴) 1 hectare = 2.47 acres.

⁵) Study of the 1/d ratio takes place at crop time. At that time of the year, the interval between shooting of the bunch and harvesting ranges from 75 to 80 days. The adverse effect of the Nitrogen would occur, therefore, at floral initiation, that is 15 to 30 days before shooting of the bunch.

(8) The interference of a number of factors must also be taken into account.

- climate = sun, exposure
- soil = type and texture
- general maintenance = fertilizer application

This last point, in particular, is underscored by the example of Convergence: although apparently located in a finger drop area, no finger drop is observed there. By comparing the graph of that plantation with those of other plantations with finger drop, it may be concluded that the fertilizers with high nitrogen content applied in June and September have caused the period with low nitrogen content (June - August) to diminish appreciably.

PRACTICAL CONCLUSIONS

This briefly described trial may be termed a preliminary study; other factors are also under investigation.

In spite of this, however, several practical conclusions may be drawn, the following especially:

- Nitrogen content should be kept as high as possible during the critical period which follows the first heavy rains; possibility of achieving such a result is illustrated by the Convergence case.
- The application of nitrogen fertilizers might be avoided in April-May at a time when nitrogen content of the soil is very high.
- Possibility of assessing the nitrogen fertilizer requirements of a plantation by taking samples during the critical period. Such a period, being definitely linked to the weather, may vary. Samples should be taken every year to determine this period. There seems to be no need for taking many samples in the same area. It was seen, for instance, that in the case of Plantations Moreau haut and Moreau bas belonging to the same owner, where the altitude was different but the soil was of the same type and maintenance was the same, the 1/d pedicel variations and the nitrogen content variations of the soil were fairly similar. Assessment by extra-polation would be feasible; all that is required is to select a few areas.

BIBLIOGRAPHY

1. VALLADE et RABECHAULT — Etude des caractères anatomiques des pédicelles de bananes en corrélation avec le dégrain (FRUITS, vol. 18 No. 3 — 1963).
2. JOLY — Les pourritures de la banane (FRUITS, vol. 17 — No. 1 1962).
3. CHAMPION — Rapport sur des expéditions de lots de bananes en provenance de Martinique (IFAC manuscript).
4. J. GUILLEMOT — Indice de fragilité et dégrain (Rapports annuels IFAC — 1961 et 1962).

APPENDIX I

GENERAL CHARACTERISTICS OF BANANA FIELDS WHERE FINGER DROP OCCURS PERIODICALLY

- Geographical location:* North/East Direction (facing trade winds), Atlantic Coastal Area, low altitude (0 - 100 m.), low-lying lands.
- Rainfall:* Very pronounced dry season, strong sunlight, rainfall less than 500 mm. during first 6 months (rainfall gauges at Roseau and Lézarde (Guadeloupe) and at François and Vauclin (Martinique)).
- Soil:* Clayey with a high exchange capacity.
- Early Montmorillonite type (François and Vauclin (Martinique))
- Typical lateritic brown soil (Robert - Martinique; Moreau - Guadeloupe)
- Lateritic soil (Changy and Roseau (Guadeloupe))
- Alluvial soil Lézarde - Guadeloupe; Lorrain and Lamentin - Martinique)
- Growth:* Very marked slowing down of growth during dry season with telescoping in spite of irrigation exceeding 100 mm. per month.
The number of green leaves at shooting of inflorescence is about 8 during the dry season, as against 15 during the rainy season. Duration of vegetative cycle: short.
- Yield:* Main flowerings naturally grouped at the beginning of the rainy season; bunches with constant high average weight under normal cultivation conditions.

AREAS NOT SUBJECT TO FINGER DROP

Many banana plantations, although the majority of the features mentioned above are found to occur, produce bunches with short pedicels and with an excellent behaviour record in ripening rooms. These banana fields are located on soils of recent volcanic origin:

- | | |
|--|---|
| Despite a pronounced dry season: | Southwestern Guadeloupe (Bologne, Beauvallon)
Northwestern Martinique (St. Pierre, Prêcheur) |
| Despite a low altitude and exposure to Trade Winds | Northeastern Martinique (Basse-Pointe). |

APPENDIX II

VARIATIONS OF 1/d RATIO

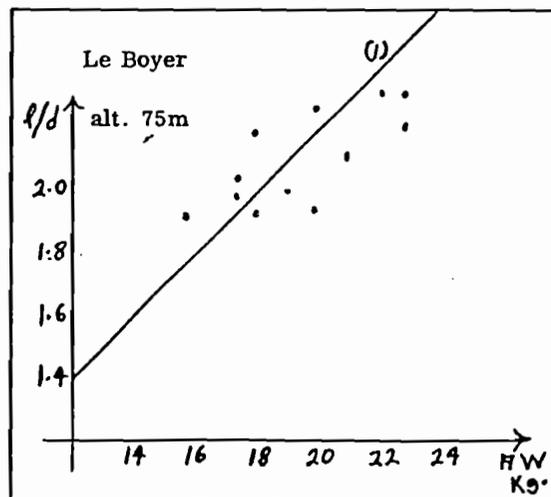
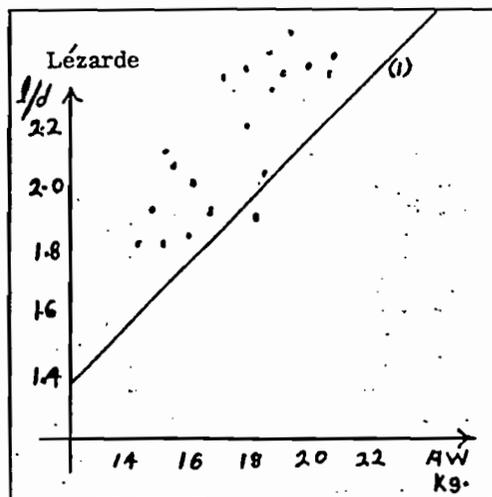
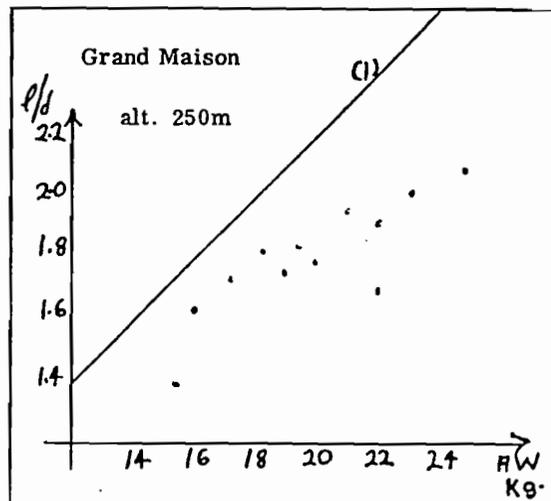
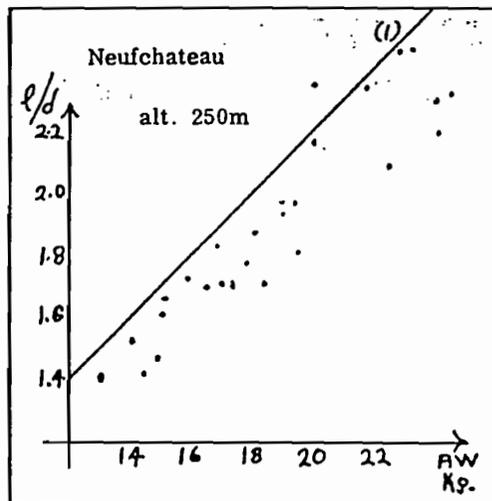
Differences in 1/d values in various plantations in Guadeloupe and Martinique, 1961-62

Martinique (Giant Cavendish)					Guadeloupe (Robusta)				
Stations	Altitude (m)	Min	Max	% diff. ¹⁾	Stations	Altitude (m)	Min	Max	% diff. ¹⁾
Macouba	150	1.49	2.07	38	Neufchâteau	250	1.42	2.49	75
Gros-Morne	170	1.68	2.27	35	Roseau	5	1.73	2.57	48
Fort de France	200	1.85	2.08	12	Dothemare	30	1.69	2.34	38
Lamentin ²⁾	10	1.81	2.64	45	Le Boyer	75	1.96	2.34	19
Vert Pré	50	1.81	3.11	71	Gd Maison	200	1.38	2.10	52
St-Esprit	70	7.64	2.43	48	Moreau	40	1.79	2.29	27
Francois	5	2.06	2.86	38	Manceau	230	1.54	2.43	57
Vauclin	5	1.98	4.05	105	Lézarde	5	1.86	2.58	38

¹⁾ Percentage difference compared with minimum.

²⁾ Stations where finger drop is always very pronounced during the second half of the year have been underscored.

CORRELATION BETWEEN AVERAGE WEIGHT OF BUNCHES AND PEDICEL RATIO Appendix III



AW = Average weight of bunches of one crop

(1) = Line representing critical values of $l/d = AW \times 0.1 + 0.2$

034

APPENDIX III

CORRELATION BETWEEN THE BUNCH WEIGHT AND THE PEDICEL RATIO

It is impossible to establish this correlation for the whole crop, as some plantations with comparable average weight yields exhibit considerable differences in pedicel ratio:

Close average weights (18-20 kilos) for very different values of pedicel ratio are recorded for Neufchâteau and Lézarde in Guadeloupe, particularly in September and October.

Neufchâteau 1/d 1.91 to 2.34

Lézarde 1/d 2.40 to 2.58

Following these observations, an attempt was made to establish such a connection within the stations and it was observed that it did exist.

In order to determine the size of the bunch, only the average weight as adjusted by the grade $W / (L - 1)$ is taken into account, i.e.

$$AW = \text{adjusted average weight} = \frac{\text{bunch weight} \times 10 (L - 1)}{W}$$

1/d = pedicel ratio

These two values represent the averages of one sample.

From the examination of the graphs, the distribution of values in the various stations gives rise to the following comments:

In particular, the relation between 1/d and AW (kilo) is similar for the stations located in finger drop areas. Thus we have:

Finger drop areas 1/d > (AW x 0.1) + 0.2 Lézarde

Healthy areas 1/d < (AW x 0.1) + 0.2 Neufchâteau
Gd Maison

Doubtful areas 1/d (AW x 0.1) + 0.2 Le Boyer

If we use this correlation for practical purposes, we can, at any given time of the year, indicate whether a plot will have finger drop or not. The accuracy of the forecast will depend on the difference between the measurements and the relation $1/d = (AW \times 0.1) + 0.2$.

Obviously it will be necessary to take several samplings in order to have an accurate idea of the general trend.

- Concept of Maximum Weight

Assuming that 1/d has a critical value of 2.40 (Robusta), the examination of 1/d and average weight (AW) distributions leads to the concept of a maximum average weight as this value of average weight is related to varying ecological factors; it will be limited therefore to specific conditions at each station.

Neufchâteau	24 kilos	- maximum reached in 1961 = 25 kilos
Grand Maison	30 kilos	- maximum reached in 1961 = 23 kilos
Dothémare	20 kilos	- maximum reached in 1961 = 20 kilos
Lézarde	18 kilos	- maximum reached in 1961 = 24 kilos (finger drop)
Le Boyer	24 kilos	- maximum reached in 1961 = 23 kilos

EXAMINATION OF 1/d VARIATIONS (HARVEST STAGE)
IN STATIONS SURVEYED

General observation

The chief feature of the 1961 - 62 crop was a later finger drop but not quite as pronounced as in 1960-61; this difference may be caused by several factors:

Climate: August and September 1961 were dry and hot (Indian Summer)

Banana prices: High prices have pronounced consequences. When sales are easy the bananas spend a shorter time in the ripening rooms.

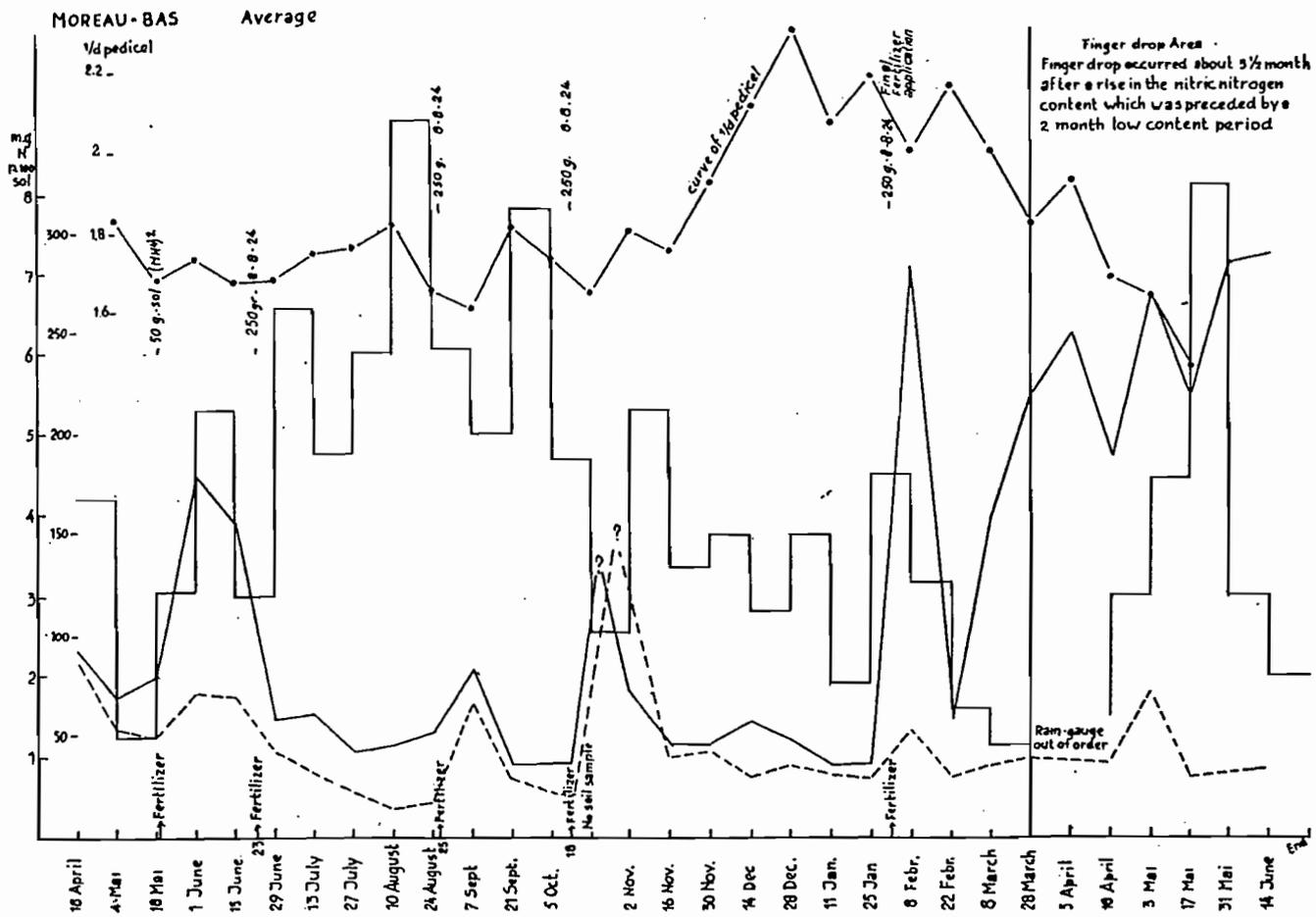
Careful packing: Definite improvement over 1960.

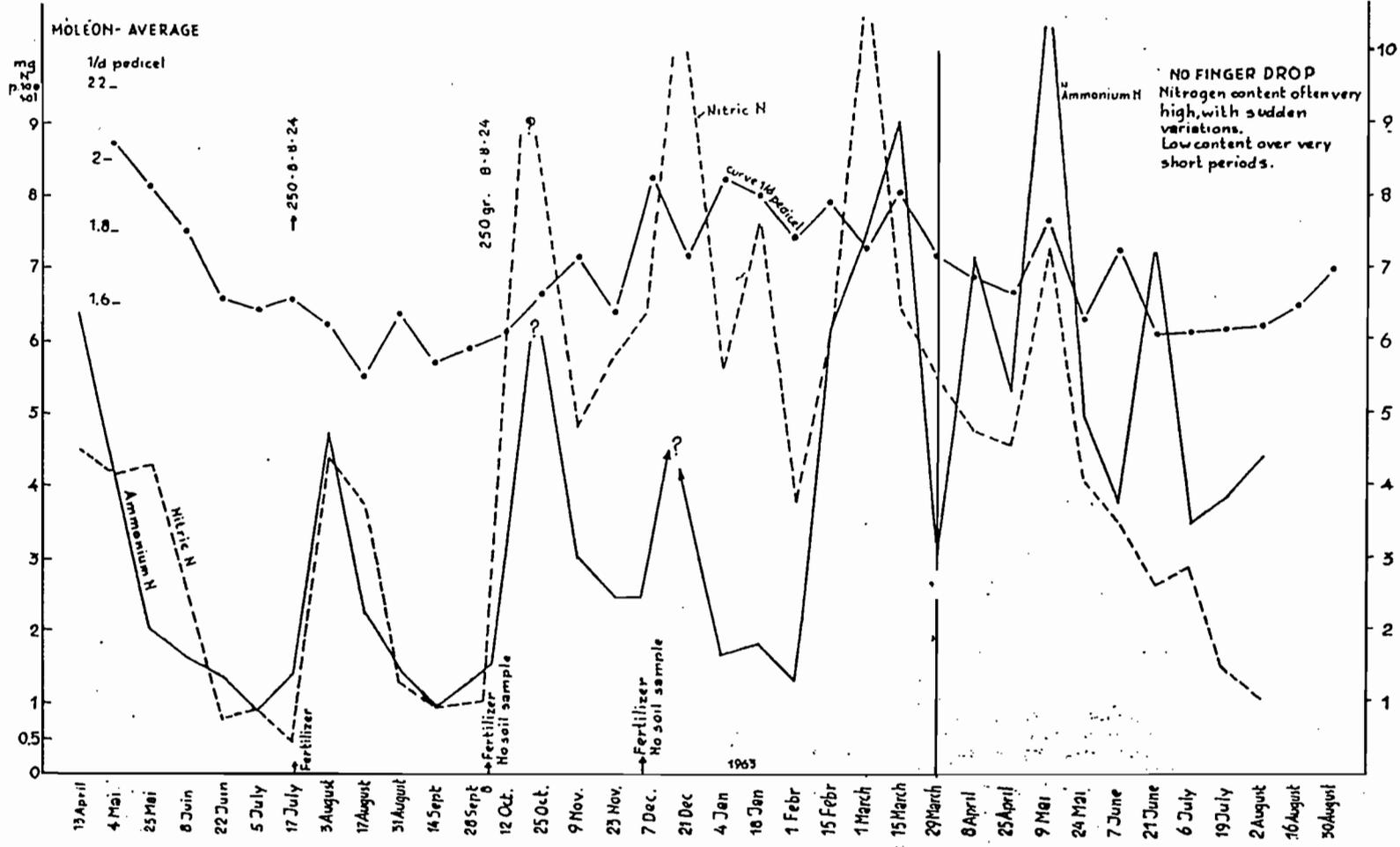
APPENDIX IV

DESCRIPTION OF BANANA FIELDS UNDER STUDY

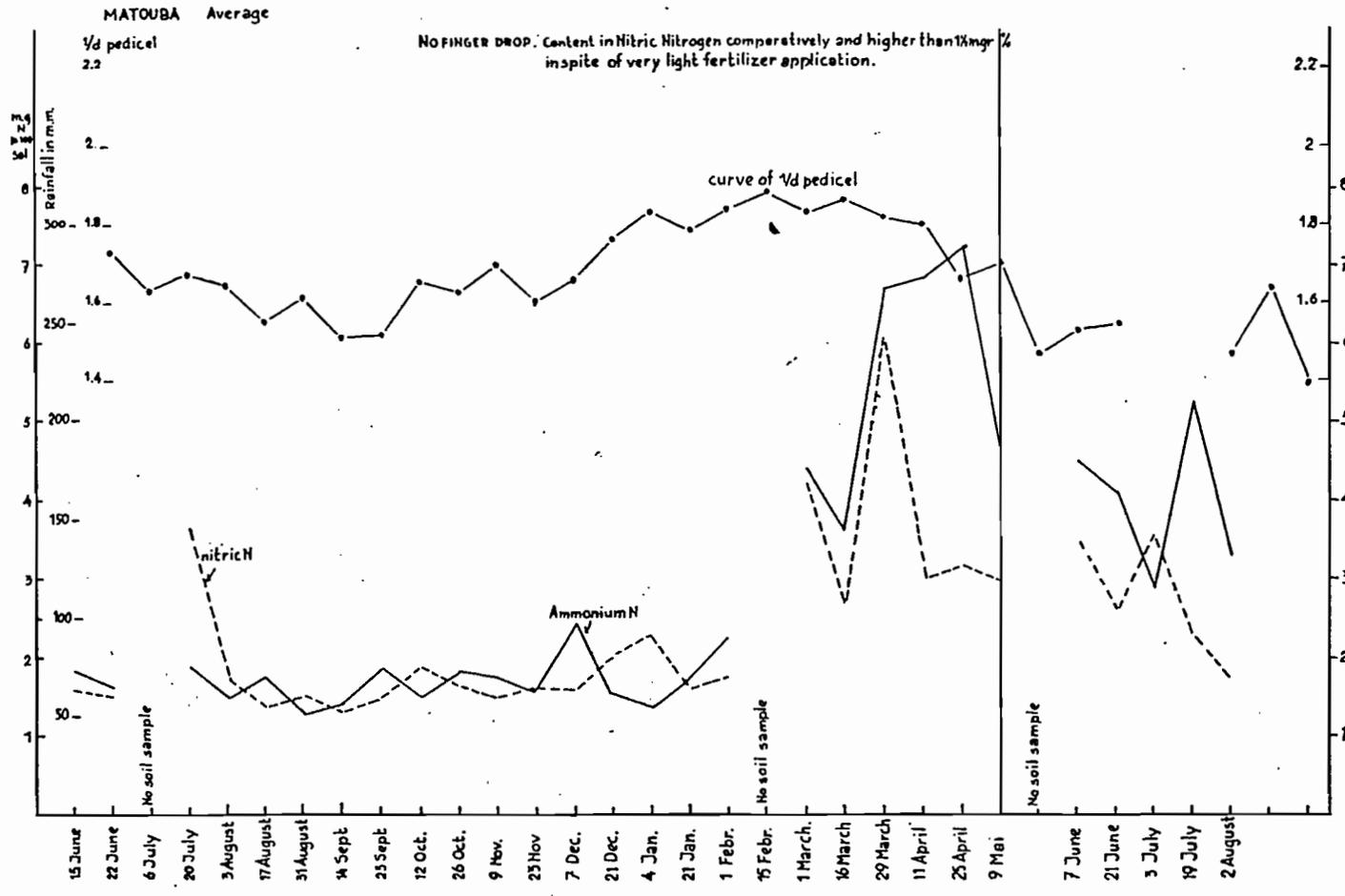
1. TROIS RIVIERES *Habitation la Violette* (rain-gauge)
Mangot Field, altitude: 80 meters, very gentle slope.
Prior crop: pineapples
When planted: June 1961 with Robusta
Density: 3,300/ha
Fertilizers: 1500 Kg/ha CaCO₃
3000 Kg/ha Superphosphates
Slightly lateritic soil/Changy type
2. TROIS RIVIERES *Habitation Grand Maison* (Ermitage rain-gauge)
Bois d'Inde Field number 1, altitude: 250 meters
Prior crops: coffee and bananas
When planted: May 1961 with Robusta
Density: 3,300/ha
Fertilizers: 1500 Kg/ha agricultural lime (80% CaCO₃)
1500 Kg hyperphosphates
Soil with transition allophane.
3. BASSE TERRE *Habitation Moléon*
Altitude: 300 meters.
Rehabilitated banana plantation
Soil with transition allophane.
4. BASSE TERRE *Habitation Ilet*
Savana Field, altitude: 250 meters, gentle slope
Prior crops: savana land (Guava, Digitaria)
When planted: February - March 1962 with Robusta
Density: 3,000/ha
Fertilizers: hyperphosphates - 1000 kg/ha
Soil with transition allophane.
5. BASSE TERRE *Habitation Bologne* (rain gauge)
Grande découverte Field, altitude: 100 meters.
Prior crops: sugar-cane and bananas in rotation
When planted: June 1962 with Robusta
Density: 3,100/ha
Fertilizers: nil
Clayey, sandy soil with metahalloysite.
6. BASSE TERRE *Habitation Beauvallon* (rain gauge)
Mangot Field, altitude: 250 meters.
Prior crop: bananas
When planted: April-May 1961 with Robusta
Density: 3,100/ha
Fertilizers: nil
Clayey, sandy soil with metahalloysite
7. MATOUBA *Habitation Ste-Anne*
Altitude: 500 meters

- When planted: 1955 with Robusta; coffee trees in 1957
 Robusta density: 2,000/ha
 Fertilizers: manure, lime (unspecified quantities)
 Soils with allophane and high humus content
8. S.I.A.P.A.P. *Habitation Convenance* (rain gauge)
 Jabrun Field, nursery, altitude: 50 meters
 Prior crop: bananas
 When planted: October 1961 with Gros Michel
 Sample bananas (pedicels) of Robusta variety planted in May 1961
 Slightly lateritic soil with Kaolinite
9. S.I.A.P.A.P. (Petit-Bourg) *Habitation Lézarde* (rain gauge)
 Collin Field, altitude: 5 meters
 When planted: 1958
 Soil with heavy hydrogenic alluvium
10. SUCRERIES OUTRE-MER (Capesterre) *Habitation Blondinière* (rain gauge)
 Elizabeth Field, altitude: 200 meters.
 When planted: October 1961 with Gros Michel (soil sampling)
 and in 1960 with Robusta (fruit samplings)
 Soil with allophane
11. GOYAVE *Habitation Moreau Haut*
 Cleared in 1959; altitude: 200 meters
 When planted: March-April 1960 with Robusta
 Density: 2,500/ha
 Fertilizers: lime: 3500 Kg/ha
 hyperphosphates: 1500 kg/ha
 Slightly lateritic soil with Kaolinite
12. GOYAVE *Habitation Moreau Bas* (rain gauge)
 Altitude: 80 meters. Hutte Field, cleared in 1956
 Prior crop: bananas
 When planted: 1961 with Robusta
 Density: 2,500/ha
 Slightly lateritic soil with Kaolinite.
13. SAINTE MARIE *Neufchâteau Station* (rain gauge)
 Altitude: 250 meters
 Hangar Field, formerly E.S.P.
 When planted: 1960
 Density: 2,500/ha
 Soil with allophane and humus
14. SAINTE MARIE *Habitation Roseau, Espérance* (rain gauge)
 Altitude: 0-5 meters
 Formerly E.S.P.
 Prior crop: sugar-cane
 When planted: 1960 with Robusta
 Density: 2,500/ha
 Soils: talus colluvium from slightly lateritic soil,
 Changy type.

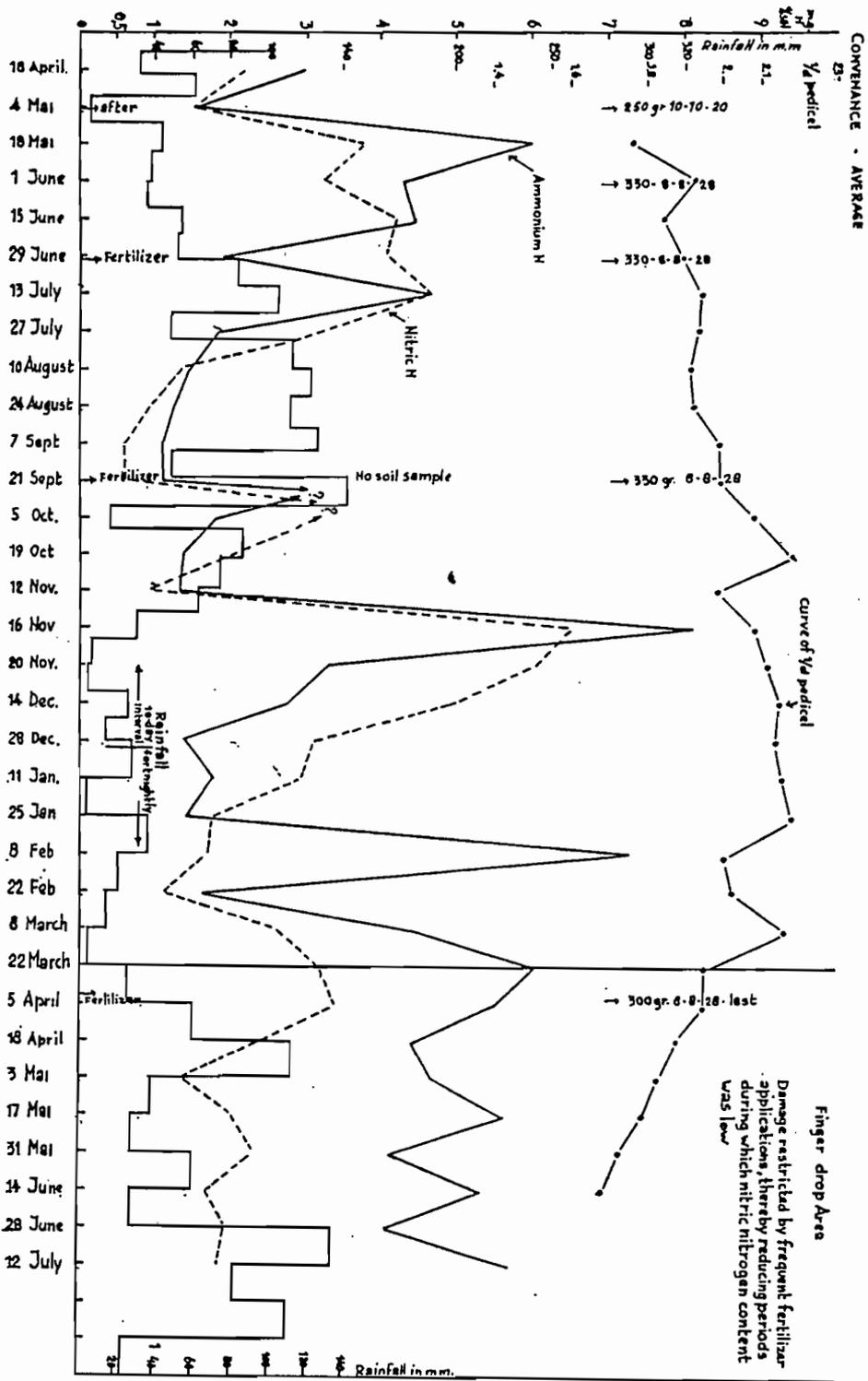


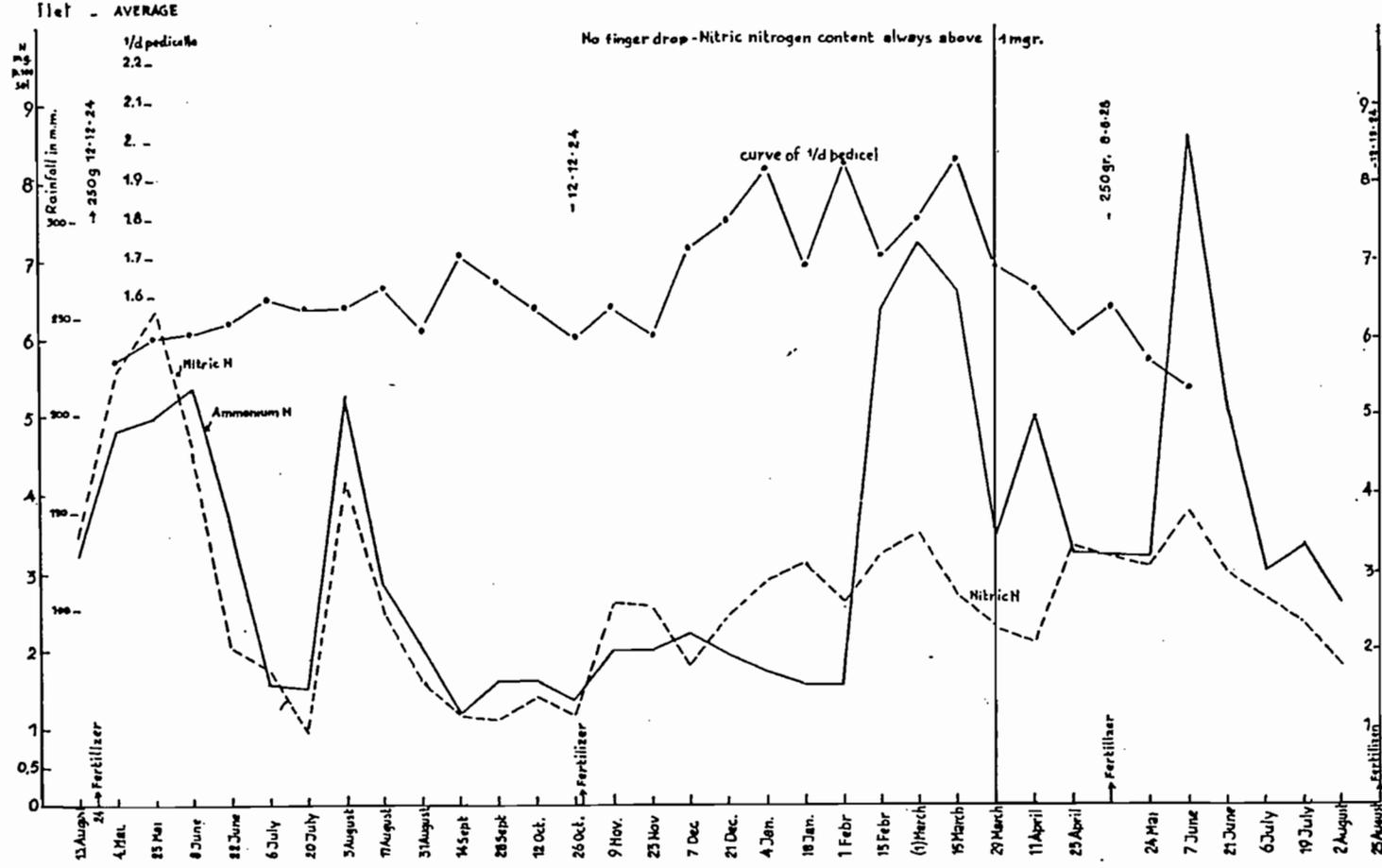


243



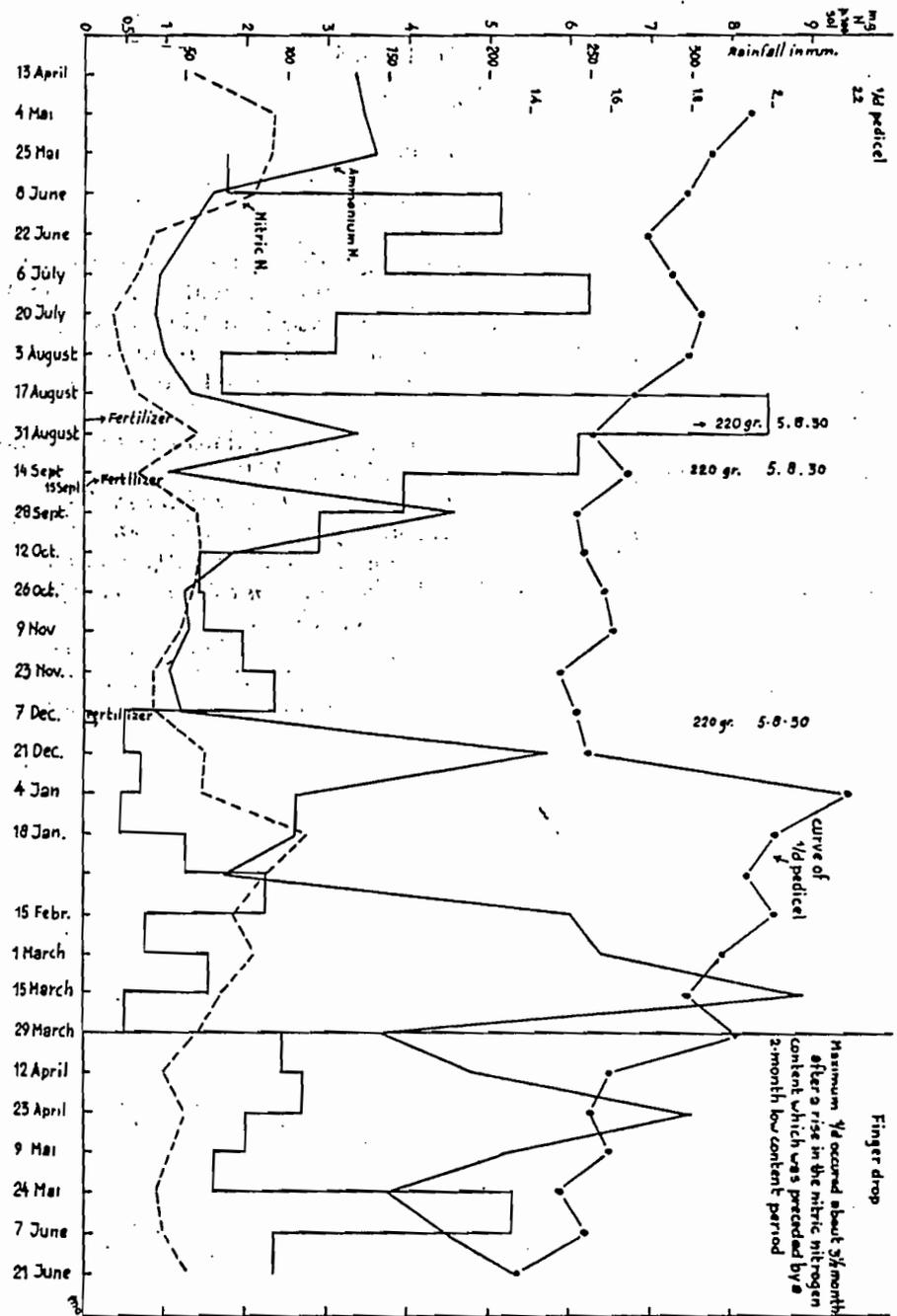
541





043

LA VIOLETTE - Average



045

XI/-/ Résultats d'expériences factorielles 3³ N P K /
sur la fertilisation de la canne à sucre en /
Grande-Terre

C.T.C.S., 1965, janv., 26 pp.

F.COLMET DAAGE
J.GAUTHEYROU

Y.LEMAIRE

Publication ORSTOM-Antilles n° P 31

Résultats d'expériences factorielles 3^3
NPK sur la fertilisation de la canne à sucre en
Grande-Terre

---oOo---

par COLMET-DAAGE F. - GAUTHEYROU J. et LEMAIRE Y. (1)

Données de l'expérience.

Un réseau de onze essais factoriels 3^3 NPK a été mis en place pour étudier différents aspects de la fertilisation de la canne à sucre en Grande-Terre. Les données suivantes ont été recueillies sur plusieurs récoltes :

Analyses préalables de sol. Lors de l'établissement de chaque essai avant apport de la fumure, les vingt sept parcelles élémentaires ont donné lieu au prélèvement d'un échantillon composite de sol de surface avec détermination du pH, du potassium échangeable, du phosphore total.

Diagnostic foliaire. Deux ou trois prélèvements du limbe de la feuille F.V.D. ont été pratiqués dans la période comprise entre trois et sept mois dans toutes les parcelles avec détermination de N,P,K,Ca,Mg % de matière sèche. L'expression F.V.D., first visible dewlap, désigne la première feuille à partir du sommet dont l'insertion du limbe avec la gaine est visible.

Récolte. Le tonnage de canne produit par parcelle a été relevé, des échantillons de trente cannes entières par parcelle ont été constitués pour détermination de la teneur en sucre extractible, la production de sucre à l'hectare a été calculée.

(1) respectivement - Agronome à l'O.R.S.T.O.M.

Chef du Laboratoire du Bureau des Sols aux Antilles.

Directeur du Centre Technique de la Canne et du Sucre de la Guadeloupe.

Eléments minéraux P,K,Ca,Mg dans les jus. L'échantillon de jus ayant donné lieu à analyse pour recherche du sucre extractible a été utilisé pour détermination des quantités d'éléments minéraux P,K,Ca,Mg exportés dans les jus à l'usine.

Analyses finales de sol. A la fin du cycle (une canne plantée et trois ou quatre rejetons) les parcelles expérimentales donneront lieu à un prélèvement de sol pour la détermination du pH, du potassium échangeable, du phosphore total.

Toutes ces données parcellaires ont été analysées sur ordinateur IBM 704 par le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) et l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer) - (CHARBONNEL M. et VAN DEN DRIESSCHE R. 1964). L'analyse de la variance s'est faite par décomposition des effets principaux et des interactions à deux facteurs. La double décomposition linéaire (l) + quadratique (q) et générale (g) + additionnelle (a) a été adoptée. Pour une interprétation correcte des tableaux de résultats présentés il est précisé que, si les indices 0, I et 2 des réponses Y désignent les niveaux, la composante linéaire (l) d'un effet principal est représentée par la différence $Y_2 - Y_0$, la quadratique (q) par la différence $\frac{Y_0 + Y_2}{2} - Y_1$, la générale (g) par la différence $\frac{Y_1 + Y_2}{2} - Y_0$, l'additionnelle (a) par la différence $Y_2 - Y_1$. (Yates et Coll., 1959).

Les déterminations analytiques ont été faites par le laboratoire du Bureau des Sols des Antilles selon des techniques qui sont précisées par ailleurs.

Les essais sont désignés par les initiales de l'usine, de la ferme, de la pièce.

Les essais SCC, BDC 1, BDC 2, GMC, GGM, SZB 1, SZB 2, MLV, BEG ont été établis sur sols lourds calcaires à montmorillonite dans une région où la pluviométrie moyenne annuelle oscille entre 1200 et 1500 mm. Les essais BRJ et DPM ont été établis en Grande-Terre également mais sur sols à kaolinite et hydroxides.

La variété utilisée est la B.46 364 pour tous les champs, excepté pour MLV et BEG où la variété plantée est B.49 119. La fumure a été apportée en une seule fois, dans les sillons à la plantation, un mois après la coupe en rejetons. Au cours de l'expérience le schéma de fertilisation n'a pas varié et a été le suivant :

Azote	N ₁	60 Kg d'N/ha sous forme de Sulfate d'Ammoniaque
	N ₂	120
	N ₃	180
Phosphore	P ₀	0 Kg de P ² O ⁵ /ha sous forme de phosphate bicalcique
	P ₁	60 ou de Super-triple.
	P ₂	120
Potassium	K ₁	80 Kg de K ² O/ha sous forme de Chlorure de potassium
	K ₂	160
	K ₃	240

Pour le champ SCC chaque élément intervenait aux trois doses 0, 100 et 200 Kg/ha.

Présentation des résultats.

Les résultats sont présentés dans les tableaux en annexes. Il n'a pas été tenu compte dans ces tableaux des résultats obtenus en canne plantée. L'année de récolte est indiquée.

Tableau 1 - Analyses de sols. On a rassemblé dans ce tableau les résultats des analyses avant établissement de l'essai : pH, K⁺ échangeable en mé pour 100 g de sol, P total en mg pour 100 g de sol. Pour les essais BDC 1 et BDC 2 les déterminations de potassium échangeable ont été effectuées après quatre récoltes successives.

Tableau 2 - Analyses foliaires. Dans ce tableau figurent comme valeurs annuelles celles correspondant au premier prélèvement. Il nous a semblé plus logique de pratiquer ainsi plutôt que d'établir la moyenne des résultats des deux ou trois prélèvements effectués dans l'année. N'apparaissent dans le tableau que les valeurs que prend la teneur de la feuille F.V.D. en un élément N, P ou K en fonction de l'élément correspondant qui varie dans la fumure. Les résultats significatifs à 2,5 % sont marqués avec la nature de la réponse (l,g,q,a).

Une étude plus approfondie des résultats de l'analyse foliaire permettra peut-être de fixer l'âge optimum du prélèvement, cet âge pouvant très bien ne pas être le même pour chacun des trois éléments N, P ou K. Une nouvelle technique a été appliquée en 1964 pour n'effectuer les prélèvements qu'à l'époque de végétation active en utilisant le test de l'humidité du tronçon 4-5 mis au point par T. TANIMOTO aux Hawai. L'échantillon foliaire n'est prélevé que si l'humidité du tronçon 4-5 est supérieur à 91 %. Notons également qu'un élément de la fumure n'a pas seulement d'effet sur le taux foliaire de cet élément mais également sur le taux foliaire des autres éléments. Cette question n'a pas été envisagée ici afin de ne pas alourdir cet exposé. Il y a dans ce domaine des résultats assez analogues à ceux que nous constaterons pour les taux d'éléments minéraux dans les jus.

Tableau 3 - Récolte. Les résultats obtenus à la récolte sont exprimés en tonnes de cannes produites à l'hectare (C. T. H) en sucre extractible % de canne (SE.%C), en tonnes de sucre produites à l'hectare (S. T. H) pour les différentes doses de fumure N,P,K. Les résultats significatifs à 2,5 % sont marqués avec la nature de la réponse (l,g,q,a).

Tableau 4 - Teneur des Jus en éléments minéraux P,K,Ca,Mg. Les résultats sont exprimés en mg d'élément pur par litre de jus. Ils concernent le phosphore P dans les jus sous l'effet de la fumure azotée et de la fumure phosphatée, le potassium K dans les jus sous l'effet de la fumure azotée et de la fumure potassique, le calcium Ca dans les jus sous l'effet de la fumure azotée et de la fumure potassique le magnésium Mg dans les jus sous l'effet de la fumure azotée et de la fumure potassique. Les résultats significatifs à 2,5 % sont marqués avec la nature de la réponse (l,g,q,a).

Tableau 5 - Exportation des éléments minéraux dans les jus à l'hectare. Ce tableau combine les résultats des deux précédents : le tonnage de canne produit à l'hectare et la teneur des jus en éléments

minéraux. Nous nous sommes basés sur une production de 850 litres de jus par tonne de canne pour calculer les exportations en P_2O_5 , K_2O , CaO et MgO dans les jus pour les récoltes correspondant aux différentes fumures apportées. Cette façon d'opérer est critiquable, la fumure azotée en particulier pouvant très bien abaisser le taux de ligneux et de ce fait entraîner une dilution des jus. En réalité en 1963 sept champs ont donné lieu à des déterminations systématiques de fibre dans les parcelles ; si on a bien constaté - comme l'indique le tableau ci-dessous - une baisse du taux de ligneux avec la fumure azotée, cette baisse est de faible amplitude et ne peut pas expliquer les fortes variations enregistrées dans les exportations avec la fumure.

Fumure :	N ₁	N ₂	N ₃
Fibre %	15,0	14,8	14,2

Les jus ont été analysés après deux extractions au petit moulin de distillerie et on peut se demander si la composition du jus reste constante si on augmente l'extraction.

En premier lieu nous examinerons les résultats bruts présentés par chacun de ces tableaux, nous essayerons ensuite d'en faire une interprétation globale pour apporter des conclusions pratiques aux trois problèmes de l'azote, du phosphore et de la potasse dans la fumure.

Interprétation des tableaux de résultats.

1°) Définition des normes du diagnostic foliaire N, P, K.

Les teneurs de la feuille F.V.D. en N,P,K reflètent d'une façon parfaite la fumure.

- Pour l'azote à la dose N₂ (120 Kg N/ha) la teneur de la feuille F.V.D. en azote se situe à 1,80 % de matière sèche. Au delà de 120 Kg d'N la production de sucre à l'hectare n'augmente plus, la norme de 1,80 % peut donc être retenue pour caractériser une alimentation azotée correcte de la plante.

- Pour le phosphore comme pour le potassium la teneur des feuilles en ces éléments est fonction de la richesse initiale du sol.

En ce qui concerne le phosphore, le taux de 0,200 considéré comme normal est obtenu à la dose P₁ = 60 Kg P_2O_5 /ha. Entre les doses P₀ et P₁ le taux de phosphore dans la feuille passe de 0,175 à 0,200 sans qu'il soit constaté d'augmentation de la production de canne ou de sucre à l'hectare.

En ce qui concerne le potassium le taux foliaire augmente de la même quantité de la dose K₁ à la dose K₂ que de la dose K₂ à la dose K₃ sans atteindre la norme généralement admise de

1,15 %. Parallèlement l'augmentation de production de sucre à l'hectare est la même à chaque dose supplémentaire de potasse dans la fumure. On pourrait croire à l'examen de ces seuls résultats qu'au niveau K₃ (240 Kg K₂O/ha) l'optimum de fumure n'est pas encore atteint. Nous verrons par la suite que le problème n'est peut-être pas aussi simple.

Nous constaterons que l'effet additionnel des trois éléments de la fumure est souvent significatif.

D'une manière générale les résultats obtenus montrent que l'interprétation du diagnostic foliaire en Guadeloupe peut se faire sur la base des normes mondialement reconnues à savoir :

N	=	1,80	%
P	=	0,200	%
K	=	1,15	%

2°) Effets principaux des éléments de la fumure sur la production CTH - SE.%C - STH.

a) Action de l'azote : Nous constaterons que dans 75 % des cas l'action positive de l'azote sur les rendements en canne est significative.

En moyenne la première dose de 60 à 120 Kg d'N/ha augmente la production de canne de 10 tonnes à l'hectare, la deuxième dose de 120 à 180 Kg d'N/ha n'a plus qu'une action de 2 tonnes. L'interprétation statistique détaillée avec décompositions linéaire - quadratique - générale - additionnelle a montré que le mode d'action de l'azote était le plus souvent linéaire et général très rarement additionnel. Signalons à cette occasion que le schéma de l'expérience ne faisait pas appel à des doses assez différenciées. Pour pouvoir être interprété correctement un essai factoriel doit faire apparaître la dose zéro; 1,2 fois la dose supposée optimale et 2,4 fois cette dernière dose.

L'action de l'azote sur le teneur en sucre extractible de la canne est plus difficile à mettre en évidence.

En moyenne nous constatons une baisse de la qualité de la récolte avec l'accroissement de la fumure azotée ; cette baisse est de 0,15 point entre 60 et 120 Kg d'N/ha et de 0,15 point entre 120 et 180 Kg. Les résultats significatifs essai par essai sont peu nombreux et se constatent seulement pour la récolte 1964 qui a été pluvieuse alors qu'en 1963, année sèche, aucun résultat significatif n'est apparu attestant une baisse de la qualité des jus avec une augmentation de la fumure azotée. Nous constaterons cependant que dans trois essais l'effet additionnel dépressif est significatif.

La combinaison de ces deux résultats montre assez clairement qu'il n'y a pas intérêt à dépasser la dose de 120 Kg d'N/ha. Nous remarquerons que l'analyse foliaire se révèle comme un guide efficace de la conduite de la fumure azotée.

b) Action du phosphore : Aucune action de la fumure phosphatée n'est constatée dans ces sols lourds calcaires à pH voisin ou supérieur à 7. La forme du phosphore - le plus souvent il a été utilisé du phosphore bicalcique - ne semble pas être en cause puisque les analyses foliaires attestent que le phosphore est bien absorbé par la plante.

c) Action de la potasse : La richesse initiale du sol en potassium échangeable joue un rôle primordial. La moyenne des essais ne renseigne donc qu'imparfaitement sur l'effet de la fumure potassique et nous soulignerons ici l'utilité d'analyses de sol pour déterminer le niveau des réserves potassiques au moment de la plantation pour un cycle de quatre à cinq années.

Quoiqu'il en soit l'augmentation de la production de canne avec la fumure potassique assez faible en moyenne (3 tonnes/ha entre 80 et 160 Kg de K_2O /ha - 3 tonnes/ha également entre 160 et 240 Kg), s'accompagne d'une amélioration de la qualité des jus qui bien que non significative est assez nette cependant. Le résultat sur la production de sucre à l'hectare se traduit par un accroissement de rendement de 500 Kg de sucre/ha pour la première dose supplémentaire et de 500 Kg encore pour la deuxième dose, mais il n'est pas possible de dire que l'effet additionnel est significatif.

3°) Éléments minéraux dans les jus.

L'action de la fumure sur la teneur des jus en éléments minéraux est particulièrement nette pour le phosphore, le potassium, moins nette pour le calcium et le magnésium.

a) Le phosphore dans les jus : Nous constatons une diminution de la teneur des jus en phosphore sous l'effet de doses croissantes d'azote dans la fumure. Cette action est le plus souvent linéaire - générale, assez souvent additionnelle. Nous constatons une augmentation de la teneur des jus en phosphore sous l'effet de doses croissantes de phosphore dans la fumure. Cette action est linéaire générale, assez souvent additionnelle.

Si nous nous reportons au tableau de calcul des exportations dans les jus à l'hectare, nous remarquerons que l'augmentation de production consécutive à l'apport supplémentaire d'azote dans la fumure ne se traduit pas par une augmentation des exportations d'acide phosphorique à l'hectare mais, bien au contraire, par une diminution de ces exportations. Cette diminution est du même ordre de grandeur que l'augmentation des exportations en P_2O_5 constatée sous l'effet d'apports supplémentaires de phosphore dans la fumure sans accroissement correspondant de production.

En conclusion l'agriculteur qui augmente sa production par une meilleure fumure azotée n'est pas obligé d'élever les apports d'acide phosphorique au sol pour compenser des prélèvements supérieurs.

Signalons que le seuil de 250 mg de P_2O_5 par litre de jus (110 mg de P) généralement admis en sucrerie pour permettre une défécation normale des jus est en moyenne atteint. Dans certains essais, après quelques récoltes sans apports de phosphore, les jus présentent des teneurs anormalement basses; il semble donc judicieux de maintenir dans la fumure une dose normale de phosphore voisine de 50 Kg/ha de P_2O_5 .

b) Le potassium dans les jus. : Les apports supplémentaires d'azote dans la fumure entraînent une diminution de potassium exporté dans les jus. Cette action est linéaire générale.

Les doses supplémentaires de potasse dans la fumure se traduisent par une très forte augmentation du potassium dans les jus. La teneur des jus en potassium est multipliée par 1,7 en moyen-

ne lorsque la fumure passe de 80 Kg de K^2O /ha à 240 Kg. Cette action est dans tous les cas linéaire générale et additionnelle.

Si nous nous reportons au tableau des exportations de potasse à l'hectare nous constatons que l'apport supplémentaire d'azote malgré une augmentation de production de canne à l'hectare n'entraîne pas une élévation de la quantité de potasse exportée dans les jus ; cette quantité reste en effet sensiblement la même voisine de 100 Kg de K^2O /ha pour une production passant de 89 à 100 tonnes de canne. Par contre les doses élevées de potasse dans la fumure se traduisent en moyenne par une augmentation très forte de la quantité de potasse exportée dans les jus à l'hectare sans accroissement très net de la production, puisque pour 7 tonnes de cannes supplémentaires les quantités de potasse exportées passent de 75 Kg à 135 Kg à l'hectare. Il y a là certainement consommation de luxe. Cette manière de voir semble confirmée par le fait que l'effet additionnel de la dose 2 sur la dose 1 qui se marque par une élévation brutale du potassium dans les jus, est significatif 15 fois sur 18.

Une étude pour déterminer si des teneurs aussi fortes en potassium dans les jus ne gênent pas le travail en sucrerie mériterait d'être entreprise. Ces résultats soulignent l'intérêt qu'il y a à se guider pour la fumure potassique sur les analyses de sol et le diagnostic foliaire.

c) Le magnésium dans les jus : L'action de l'azote se traduit par une augmentation de la teneur des jus en magnésium, la potasse au contraire diminue la teneur des jus en magnésium. Ces deux actions présentent le caractère de lois physiologiques mais paraissent n'avoir qu'une action économique très limitée. Soulignons que dans ces sols calcaires les quantités de magnésium exportées à l'hectare sont assez nettement supérieures aux quantités d'acide phosphorique correspondantes également exportées.

d) Le calcium dans les jus : La fumure azotée augmente le taux de calcium des jus et la fumure potassique diminue ce taux. Ce sont là des constatations parallèles à celles faites pour le magnésium.

Résultats pratiques pour la conduite de la fertilisation de la canne à sucre.

Quelles conclusions d'ensemble pouvons nous tirer de cette somme d'observations et quelle est la portée pratique de ce travail pour l'ajustement des doses d'azote, de phosphore et de potasse dans la fumure de la canne.

L'azote dans la fumure. Rappelons tout d'abord qu'au cours de l'expérience la fumure a été apportée tôt et en une seule fois. L'action de l'azote sur la production est nette. Le contrôle de la fumure foliaire azotée par le diagnostic est valable. Il semble qu'en moyenne pour une production espérée de 100 tonnes de canne à l'hectare il faille apporter 120 Kg d'azote. Toutes ces expériences ont été conduites sans brulage pour la récolte et il est certain que la fumure azotée doit être augmentée si on pratique le brulage ; cette opération détruit en effet une grande partie de l'azote qui normalement retourne au sol avec les feuilles sèches. Le diagnostic foliaire doit déceler tout abaissement de l'alimentation azotée de la canne consé-

cutif à la pratique continue du brûlage avant récolte. Nous avons pu constater ce fait en comparant les analyses foliaires de deux centres, l'un ne pratiquant pas le brûlage, l'autre le pratiquant depuis quelques années pour ramassage au Cane Loader.

L'effet de l'azote sur la richesse en sucre de la canne se marque dans le sens d'une diminution. Cette baisse de la qualité n'apparaît significative que dans trois essais récoltés en 1964, année pluvieuse. Elle est cependant assez sensible en moyenne et il importe de savoir dans quelle mesure cette baisse de la qualité sucrière diminue la rentabilité de la fumure azotée.

La rentabilité de l'opération entre les doses N₁ et N₂ se calcule ainsi :

Supplément de recettes

dose N ₂ 100 T/ha à 9,85 % de S.E.			
au prix de 51,75 NF la tonne	5.175,00	NF	
dose N ₁ 90 T/ha à 10 % de S.E.			
au prix de 52,50 NF la tonne	4.725,00	NF	
	<u>450,00</u>	NF	
Différence			
Dépenses supplémentaires correspondantes :			
Engrais 300 Kg de Sulf. Am. à 40,00 NF le qal épandu .	120,00	NF	
Coupe et transport du tonnage supplémentaire			
10 t × 20,00 NF	200,00	NF	
	<u>320,00</u>	NF	
Total			
Bénéfice net de l'opération	450,00	NF	
	<u>320,00</u>	NF	
	130,00	NF	

La rentabilité est assurée malgré une baisse de 0,75 NF par tonne de canne consécutive à la diminution de la richesse en sucre.

Il semble par ailleurs que le problème de la baisse de la qualité avec la fumure azotée soit lié d'une certaine façon au comportement des variétés de canne. Certaines variétés peuvent accepter de fortes doses d'azote sans pour cela accuser une baisse de la teneur en sucre - de telles variétés doivent être recherchées au cours de la sélection - d'autres variétés peuvent être sensibles aux fortes doses d'azote et présenter une chute de la qualité sucrière avec l'augmentation de la fumure azotée.

Cet aspect de la question sera étudié en même temps que la sélection des variétés de canne. Au stade des essais de comportement de deuxième sélection les parcelles élémentaires seront divisées en deux, une moitié recevant la dose normale, l'autre moitié recevant une dose double. Le diagnostic foliaire pratiqué également dans les essais de comportement de variétés permettra de tester pour les variétés promises à la culture industrielle les valeurs des taux foliaires en N,P,K par rapport aux normes retenues pour les variétés témoins.

Le Phosphore dans la fumure. Les analyses foliaires et les analyses de jus montrent que le phosphore est bien absorbé par la plante. On ne constate en moyenne aucun effet de la fumure phosphatée sur la

production. En absence totale de fumure phosphatée le taux de phosphore dans la feuille F.V.D. se fixe en dessous de la norme admise de 0,200 %. Les difficultés d'approvisionnement en super-phosphates nous ont souvent obligés à fumer au phosphate bicalcique. Faut-il attribuer à ce fait la non réponse constatée à la fumure phosphatée ? Il ne semble pas si on se réfère aux analyses foliaires et aux analyses de jus qui dénotent une alimentation correcte de la plante. Nous pensons néanmoins que la fumure annuelle en rejets doit apporter le phosphore sous forme soluble. Les exportations d'acide phosphorique dans les jus ramenées à l'hectare sont assez faibles. Tous ces renseignements indiquent qu'à moins de sols carencés (ce qui pourrait être décelé à l'analyse de sol ou au diagnostic foliaire) il n'y a pas lieu d'apporter des fumures supérieures à 50 - 60 Kg de P₂O₅ à l'hectare. Cette fumure en rejets doit obligatoirement être apportée sous forme de phosphates solubles à l'eau.

Le potassium dans la fumure. En premier lieu on notera que par les quantités exportées le potassium apparaît bien l'élément le plus important de la fertilisation de la canne à sucre. Dans des parcelles conduites sans fumure c'est la potasse qui semble d'ailleurs limiter le plus fortement la production (cf essai SCC) et nous avons souvent constaté des symptômes foliaires de carence potassique au bout du troisième rejeton dans des parcelles conduites sans fumure potassique.

Le jus de canne stocke des quantités très fortes de potassium comme le montrent les analyses de jus, la teneur des jus en potassium pouvant être multipliée par deux (essai BDC₁ IR. et 2R.) ou même par trois (essai SCC 3R.) lorsque la fumure passe de 80 à 240 Kg K₂O/ha.

En moyenne la production de canne, la richesse en sucre, la production de sucre augmentent à chaque apport supplémentaire de potasse dans la fumure. Le taux de potassium dans la feuille F.V.D. augmente avec la fumure potassique sans atteindre la norme admise de 1,15 % à la dose K₃ = 240 Kg K₂O/ha. Les analyses de jus montrent que le potassium est bien absorbé par la plante. Tout semble concorder pour indiquer que la dose K₃ n'est pas excessive. Cependant si on se reporte aux analyses de sol qui ont été pratiquées en fin de cycle dans les essais BDC₁ et BDC₂ on constate que la dose K₃ a considérablement augmenté les réserves du sol en potassium échangeable, que la dose K₂ a maintenu et même légèrement augmenté les réserves initiales et que pour la dose K₁ le sol s'est appauvri. Rapprochée de l'observation faite sur les quantités de potasse exportées dans les jus cette constatation amène à être plus prudent dans les conclusions à tirer. Pour expliquer ces phénomènes nous sommes tentés de formuler l'hypothèse suivante : Dans les sols montmorillonitiques de la Grande-Terre la potasse apportée par la fumure peut être bloquée pendant un temps assez long correspondant à la période où la pluviométrie est irrégulière Juin à Septembre c'est l'époque où sont effectués les prélèvements foliaires. L'alimentation de la plante en potasse se ferait tardivement ce qui expliquerait les fortes quantités trouvées dans les jus. Ces phénomènes de blocage de la potasse ont été constatés dans des sols analogues. Venant à l'appui de ces observations il a été remarqué très souvent que les taux foliaires en potassium sont plus élevés pour des prélèvements effectués tard en saison.

Comme on a pu s'en rendre compte au cours de cet exposé le problème de la fertilisation de la canne à sucre en Grande-Terre a été abordé sous des aspects très différents : analyses de sol, analyses foliaires, détermination des éléments minéraux dans les jus, ayant tous pour origine des essais factoriels établis en différents points du secteur et poursuivis sur plusieurs années. Le traitement de données aussi nombreuses que celles recueillies n'aurait pu se faire sans accès aux calculateurs électroniques. Les résultats en fin de cycle de l'expérience permettront de préciser ces premières conclusions.

---oo0oo---

BIBLIOGRAPHIE

- VAN DEN DRIESSCHE R. - "Analyse systématisée des expériences factorielles" Biom. Prax., 2, 245 - 259, 1961
- CHARBONNEL M. et VAN DEN DRIESSCHE R. - "Analyse de la covariance d'expériences ³³ en 27 unités sur ordinateur IBM 704" Biom. Prax., V, I, 20-25, 1964.
- HALAIS P. - "High sucrose response to nitrogen fertilization an important varietal characteristic" Maurit. Sugar. Ind. Res. Inst. An. Rep. 1963 p. 71.
- TANIMOTO T. - "Moisture composition of 4-5 joint tissue as indicator of moisture tension in sugar cane" Exp. St. Haw. Sug. Pl. Ass. An. Rep. 1961 p. 36.
- GAUTHEYROU J. et GAUTHEYROU E. - "Méthode rapide de dosage des éléments minéraux N, P, K, Ca, Na, Mg, dans les feuilles de canne à sucre - notes de laboratoire" 1960.
- LEMAIRE Y. - "Evaluation des poids de cannes au champ - échantillonnage - Méthode d'analyse et de calcul utilisée au laboratoire du Centre Technique pour détermination du rendement sucre/hectare des parcelles de comparaison" Essais de comportement de variétés - Récolte 1961.
- CENTRE TECHNIQUE DE LA CANNE ET DU SUCRE. - "Essais de fertilisation" 1959 - 1960 - Rapports ronéotypés.

---ooOoo---

Analyses préalables du sol
(Moyenne des 27 parcelles élémentaires)

Type de sol	Essais	pH	K ⁺ me pour 100 g de sol	P ₂₀₅ total mg pour 100 g de sol
Sols calcaires à montmorillonite	SCC	7,1	0,33	-
	BDC 1	7,4	0,22	60
	BDC 2	7,6	0,34	64
	GLC	7,6	0,18	134
	GGM	7,3	0,28	133
	SZB 1	7,5	0,36	61
	SZB 2	7,5	0,41	64
	MLV	7,1	0,33	-
	BEG	-	-	-
Sols à Kaolinite et hydroxydes	BRJ	5,7	0,18	81
	DPM	5,3	0,13	284

Comparaison des niveaux de potassium échangeable
du sol avant plantation et après quatre années d'expérience
factorielle
(Essais BDC 1 et BDC 2)

Traitements (moyenne de 18 par- celles)	A la plantation avant fumure	Après quatre récoltes	Différence
	me K ⁺ pour 100g de sol		
K 1	0,26	0,23	- 0,03
K 2	0,26	0,42	+ 0,16
K 3	0,31	0,73	+ 0,42

Analyses Foliaires

ESSAIS	D.F. 1 - N %			D.F. 1 - P %			D.F. 1 - K %					
	N ₁	N ₂	N ₃	P ₀	P ₁	P ₂	K ₁	K ₂	K ₃			
SCC												
IR. 62	1,48	1,62	1,78	lga	0,117	0,152	0,169	lga	0,552	0,738	0,857	lga
2R. 63	1,65	1,62	1,83	lqga	0,157	0,239	0,254	lqg	0,653	0,979	1,052	lqg
3R. 64	1,54	1,68	1,80	lga	0,098	0,144	0,148	lg	0,539	0,884	1,103	lga
BDC 1												
IR. 62	2,08	2,14	2,05	qa	0,165	0,167	0,155		0,868	0,893	0,904	
2R. 63	1,60	1,78	1,91	lga	0,160	0,195	0,219	lga	0,711	0,913	1,093	lga
3R. 64	1,81	1,98	2,04	lg	0,163	0,123	0,190	lg	0,563	0,573	0,781	ga
BDC 2												
IR. 62	2,12	2,13	2,07	a	0,166	0,155	0,166		1,058	0,907	1,098	qa
2R. 63	1,58	1,76	1,89	lga	0,163	0,186	0,199	lg	0,779	0,824	1,171	lqga
3R. 64	1,83	1,99	2,03	lg	0,160	0,177	0,192	lga	0,696	0,762	0,854	lga
GMC												
IR. 63	1,65	1,79	1,85	lg	0,234	0,228	0,229		1,077	1,122	1,102	
2R. 64	1,79	1,88	1,94	lg	0,200	0,214	0,216	lg	1,042	1,144	1,142	lg
GGM												
IR. 63	1,72	1,82	2,04	lga	0,229	0,236	0,231		1,129	1,232	1,212	lqg
2R. 64	1,79	2,02	2,11	lqga	0,214	0,225	0,232	lg	1,032	1,189	1,321	lg
SZB 1												
IR. 63	1,68	1,78	1,85	lg	0,184	0,214	0,225	lqga	1,053	1,150	1,164	lg
2R. 64	1,66	1,75	1,84	lg	0,178	0,201	0,215	lga	1,191	1,277	1,333	lg
SZB 2												
IR. 63	1,72	1,85	1,88	lg	0,174	0,221	0,234	lg	1,096	1,116	1,218	lqga
2R. 64	1,72	1,73	1,79	l	0,166	0,198	0,210	lqga	1,179	1,302	1,513	lga
MLV												
IR. 64	1,69	1,81	1,92	lga	0,165	0,186	0,193	lqga	0,774	0,907	1,003	lga
BEG	-	-	-		-	-	-		-	-	-	
BRJ												
IR. 63	1,49	1,82	1,77	lqg	0,160	0,155	0,159	lg	1,204	1,283	1,397	lga
2R. 64	1,76	1,93	2,00	lg	0,187	0,197	0,210	lga	0,973	1,071	1,227	lga
DFM												
IR. 64	1,56	1,79	1,86	lqg	0,208	0,193	0,190		0,904	1,040	1,160	lga
Moy.	1,71	1,84	1,92		0,175	0,191	0,201		1,067	1,018	1,119	

ESSAIS	Production de canne à l'hectare C.T.H.								
	N 1	N 2	N 3	P 0	P 1	F 2	K 1	K 2	K 3
SCC									
IR. 62	104	108	118 l	99	113	118 lg	99	116	116 lg
2R. 63	50	51	61 lga	49	54	59 lg	47	56	59 lg
3R. 64	67	81	86 lg	76	74	82 a	63	84	86 lqg
BDC 1									
IR. 62	93	97	100	97	100	94	95	97	98
2R. 63	105	107	108	105	107	108	100	108	112 lg
3R. 64	82	87	88	87	84	87	81	88	89 lg
BDC 2									
IR. 62	98	105	109 lg	103	103	103	99	104	107 lg
2R. 63	90	107	106 lg	101	102	101	98	98	107
3R. 64	76	80	84 lg	77	81	82	79	78	85
GMC									
IR. 63	93	102	99 lqg	98	97	99	101	97	96
2R. 64	100	107	105 lqg	104	105	103	103	103	106
GGH									
IR. 63	92	98	99 lg	96	99	94	92	98	99 lg
2R. 64	87	101	100 lg	95	97	95	92	97	98
SZB 1									
IR. 63	84	90	102 lg	84	88	96	83	90	100
2R. 64	85	91	90	89	87	90	89	85	92 a
SZB 2									
IR. 63	89	95	93	98	93	86 l	90	95	91
2R. 64									
MLV									
IR. 64	108	120	121 lg	120	114	114	114	115	119
BEG	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRJ									
IR. 63	56	70	76 lqga	68	64	70 qg	67	67	67
2R. 64	97	110	109 lg	106	103	107	99	109	103 g
DPI									
IR. 64	123	150	154 lqg	138	141	141	138	141	149 l
Moyenne	88	95	100	95	95	96	92	96	99

ESSAIS	Sucre Extractible % Canne (S.E.%.C)								
	N 1	N 2	N 3	P 0	F 1	F 2	K 1	K 2	K 3
SCC									
IR. 62	11,44	11,28	11,18	11,69	11,11	11,10	11,16	11,21	11,53
2R. 63	13,70	13,77	13,43	14,03	13,45	13,43	13,45	13,54	13,92
3R. 64	13,64	13,26	12,41	13,30	13,22	12,78	12,36	13,23	13,72
EDC 1									
IR. 62	10,58	10,93	10,00	10,51	9,84	11,08	10,77	10,17	10,50
2R. 63	11,71	12,04	11,43	11,90	11,61	11,67	11,61	11,55	12,02
3R. 64	12,18	11,97	12,01	11,62	12,20	12,33	12,15	11,96	12,04
EDC 2									
IR. 62	10,40	9,22	10,19	9,87	9,89	10,06	9,83	9,93	10,04
2R. 63	12,07	12,06	11,92	11,90	12,29	11,85	11,99	11,88	12,17
3R. 64	12,36	12,18	12,23	12,54	12,27	11,96	12,45	12,18	12,15
GMC									
IR. 63	12,60	12,75	12,55	12,62	12,60	12,69	12,61	12,50	12,79
2R. 64	13,18	12,99	12,67	12,90	13,15	12,80	12,71	13,08	13,05
GGM									
IR. 63	13,88	13,56	13,94	13,88	13,79	14,10	13,83	14,06	13,88
2R. 64	13,58	13,15	12,97	13,22	13,18	13,51	13,06	13,31	13,33
SZB 1									
IR. 63	11,89	11,75	11,74	11,72	11,92	11,73	11,68	11,65	12,04
2R. 64	12,22	11,98	11,67	12,28	11,96	11,61	11,94	12,08	11,84
SZB 2									
IR. 63	12,26	11,66	12,03	11,98	12,11	12,07	11,95	12,02	12,19
2R. 64									
MLV									
IR. 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BEG									
IR. 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRJ									
IR. 63	12,40	12,41	12,48	12,37	12,51	12,41	12,54	12,40	12,35
2R. 64	12,69	12,53	12,14	12,34	12,47	12,56	12,35	12,47	12,55
DPI									
IR. 64	11,68	11,42	11,29	11,52	11,47	11,39	11,46	11,65	11,25
Moyenne	12,54	12,15	12,01	12,22	12,11	12,15	12,10	12,15	12,28

ESSAIS	Production de Sucre à l'hectare S.T.H								
	N 1	N 2	N 3	P 0	P 1	P 2	K 1	K 2	K 3
SCC									
IR. 62	11,87	12,20	13,06 lga	11,57	12,58	13,00 l _g	10,94	12,89	13,31 l _{qg}
2R. 63	6,87	7,00	8,21 la	6,84	7,32	7,51 l	6,28	7,58	8,22 l _g
3R. 64	9,11	10,76	10,71 l _g	10,18	9,86	10,54	7,79	11,03	11,76 l _{qg}
BDC 1									
IR. 62	9,79	10,58	10,00	10,19	9,83	10,34	10,24	9,77	10,36
2R. 63	12,27	12,95	12,29	12,54	12,32	12,62	11,58	12,44	13,47 l _g
3R. 64	9,97	10,40	10,57 l _g	10,11	10,18	10,64	9,78	10,48	10,68 l _g
BDC 2									
IR. 62	10,16	9,43	11,09 qa	10,16	10,17	10,36	9,68	10,31	10,69 l
2R. 63	10,86	12,91	12,70 l _g	11,98	12,54	11,94	11,76	11,71	13,00 a
3R. 64	9,32	9,76	10,19 l _g	9,64	9,86	9,77	9,81	9,41	10,04
GMC									
IR. 63	11,70	13,07	12,44 q _g	12,38	12,21	12,62	12,70	12,19	12,32
2R. 64	13,13	13,94	13,29 qa	13,46	13,73	13,18	13,13	13,40	13,83 l
GGM									
IR. 63	12,82	13,67	13,87	13,34	13,71	13,30	12,77	13,83	13,76 g
2R. 64	11,72	13,26	12,96 g	12,57	12,78	12,59	12,04	12,91	12,98
SZB 1									
IR. 63	9,92	11,49	11,94 l _g	11,06	11,10	11,20	10,74	10,53	12,08
2R. 64	10,42	10,89	10,47	10,92	10,47	10,39	10,57	10,28	10,93
SZB 2									
IR. 63	10,88	11,22	11,19	11,68	11,22	10,39 l	10,78	11,42	11,09
2R. 64									
MLV									
IR. 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DEG									
IR. 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRJ									
IR. 63	6,96	8,56	9,48 l _{gqa}	6,42	8,02	8,64 qa	8,47	8,28	8,34
2R. 64	12,26	13,80	13,22 g	13,04	12,79	13,44	12,22	13,50	13,56 l _g
DFM									
IR. 64	14,36	17,13	17,42 l _g	16,72	15,19	16,02	15,92	16,36	15,66
Moyen.	10,75	11,74	11,84	11,41	11,41	11,52	10,90	11,49	11,95

Teneur des jus en éléments minéraux

ESSAIS	P mg/litre de jus						K mg/litre de jus					
	N ₁	N ₂	N ₃	P ₀	P ₁	P ₂	N ₁	N ₂	N ₃	K ₁	K ₂	K ₃
SCC												
IR.62	71	67	61 lga	44	68	87 lga	637	596	534	380	568	819 l
2R.63	136	135	112	78	139	165 lg	1127	1053	1012	627	991	1574 l
3R.64	127	113	99 lg	59	125	155 lqga	906	826	721 lg	432	822	1198 l
BDC 1												
IR.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2R.63	173	132	110 lga	108	139	168 lga	1160	901	940 lqg	698	1054	1249 l
3R.64	117	94	83 lg	59	108	128 lqga	1059	890	883 lg	636	958	1239 l
BDC 2												
IR.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2R.63	164	137	120 lg	110	140	172 lga	1420	1101	1114	957	1101	1578 l
3R.64	134	91	82 lg	61	106	140 lga	1466	1142	1131 lg	1016	1113	1610 l
GMC												
IR.63	229	181	138 lga	188	181	178	1119	1282	934 lga	1061	1056	1219 l
2R.64	190	160	130 lg	153	155	172	968	952	796 lga	752	913	1050 l
GGM												
IR.63	237	180	141 lga	174	183	201 lg	967	1026	844 a	747	937	1153 l
2R.64	175	128	100 lga	113	139	150 lg	886	901	754	614	848	1079 l
SZB 1												
IR.63	162	117	96 lga	97	142	136 lqg	1566	1430	1243 lg	1193	1412	1633 l
2R.64	121	91	95 lg	67	114	127 lg	1368	1221	1019 lga	950	1160	1498 l
SZB 2												
IR.63	133	98	94 lg	78	110	136 lga	1610	1478	1466	1196	1537	1821 l
2R.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MLV												
IR.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BEG												
IR.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRJ												
IR.63	225	157	147 lqg	159	178	192 lg	1250	1049	1014 lg	824	1108	1381 l
2R.64	202	150	121 lga	137	155	181 lga	1320	982	908 lqg	687	1036	1488 l
DPM												
IR.64	231	183	167 lg	202	183	196	1087	878	728 lga	734	824	1133 lg
MOY.	166	130	112	111	139	158	1172	1042	944	794	1025	1337

Teneur des jus en éléments minéraux

ESSAIS	Mg mg/litre de jus						Ca mg/litre de jus					
	N 1	N 2	N 3	K 1	K 2	K 3	N 1	N 2	N 3	K 1	K 2	K 3
SCC												
IR. 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2R. 63	360	427	437 lg	452	403	377 lg	308	336	320	344	333	288 la
3R. 64	339	381	408 lg	411	374	345 lg	245	314	314 lg	305	298	270
BDC 1												
IR. 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2R. 63	199	259	258 lga	261	243	213 lga	428	423	452	456	426	420
3R. 64	300	323	327	339	314	298 lg	292	307	340 lg	335	322	283 lga
BDC 2												
IR. 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2R. 63	171	207	233	210	221	181	392	420	440	431	400	422
3R. 64	265	298	313 lg	310	296	270 lg	289	325	331 lg	331	324	291 lga
GMC												
IR. 63	268	276	313 lga	294	286	277	399	391	432 a	413	400	409
2R. 64	232	256	276 lga	259	250	254	352	367	373	379	362	350 lg
GGM												
IR. 63	246	253	281	276	253	251	298	319	352 lga	339	324	307 lg
2R. 64	243	251	282 lga	272	257	247 lg	315	329	364 lga	356	329	323 lg
SZB 1												
IR. 63	294	322	351 lga	341	327	299 lga	274	270	286	285	279	265
2R. 64	287	297	314	325	294	275 lg	270	291	291 a	299	288	265 lga
SZB 2												
IR. 63	302	338	357 lg	350	326	321	265	278	274	275	274	269
2R. 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MLV												
IR. 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BEG												
IR. 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRJ												
IR. 63	253	302	309 lg	311	286	266 lg	228	239	242 l	257	240	226 a
2R. 64	230	305	315 lga	314	280	247 lga	200	232	255 lga	245	233	208 lga
DFM												
IR. 64	210	244	280 lga	255	235	225 l	166	175	212 lga	136	189	182
Moy.	293	298	311	310	292	272	291	319	330	326	314	295

Exportations en éléments minéraux
dans les jus à l'hectare

Traitements		CTH	Jus P mg/l	P ² O ⁵ kg/ha	Jus K mg/l	K ² O kg/ha	Jus Mg mg/l	Mg O kg/ha	Jus Ca mg/l	Ca O kg/ha
Azote	N ₁	89	166	25	1172	106	263	33	295	31
	N ₂	98	130	25	1042	104	296	41	313	37
	N ₃	100	112	22	944	96	316	45	330	39
Phosphore	P ₀	95	111	21						
	P ₁	95	139	26						
	P ₂	96	158	30						
Potassium	K ₁	92			794	75	312	41	326	36
	K ₂	96			1025	101	292	40	314	36
	K ₃	99			1337	135	272	38	299	35

Diagnostic Foliaire en Grande-Terre

Une vingtaine de pièces représentatives ont été choisies en 1964 sur chacun des centres de Beauport et de Gardel pour diagnostic foliaire. Il s'agit uniquement de pièces en rejetons de la variété B.46 364.

L'humidité du tronçon 4-5 a été suivie pendant la période des prélèvements foliaires (Août-Septembre). On remarquera que seul le 1er prélèvement à Beauport a été effectué à une époque où l'état hydrique des cannes était satisfaisant ($> 91\%$). En première conclusion on peut dire que les cannes en Grande-Terre ont souffert d'un manque d'eau certain pendant la période de végétation.

Etat hydrique des cannes (humidité du tronçon 4-5)

Dates	Beauport	Gardel
26-7-64	-	90,5 %
8-8-64	-	90,6 %
10 au 12-8-64	-	1er Prél. foliaire
17-8-64	90,1 %	-
26-8-64	91,8 %	-
27 et 28-8-64	1er Prél. foliaire	-
14-9-64	-	90,0 %
14 au 17-9-64	-	2ème Prél. foliaire
18-9-64	90,1 %	-
18-9-64	2ème Prél. foliaire	-

Deux prélèvements foliaires ont été effectués aux dates précisées sur le tableau ci-dessus.

Les résultats des analyses foliaires sont présentés dans les tableaux ci-après. Ces tableaux suggèrent quelques conclusions :

Comparaison Gardel - Beauport.-

Pour des états hydriques comparables, la moyenne des teneurs en N P K de la feuille TVD pour les 2 prélèvements et l'ensemble des pièces testées (22 à Beauport - 23 à Gardel) s'établit comme suit :

D.F.	Beauport	Gardel
N %	1,58	1,88
P %	0,168	0,223
K %	0,98	1,10

Les valeurs sont à rapprocher des normes mondialement admises :

N	P	K
1,85	0,200	1,15

Beauport apparaît très carencé en azote et phosphore. Pour les deux usines le niveau de potasse est déficitaire. Cette dernière observation confirme les résultats obtenus dans les essais factoriels (voir note fertilisation Grande-Terre 1964).

A titre d'indication les fumures apportées en rejets sur les 2 centres sont les suivantes :

Fumure	Beauport (1)	Gardel (2)
N	70 Kg/ha	120 Kg/ha
P	30 Kg/ha	60 Kg/ha
K	120 Kg/ha	200 Kg/ha

(1) - 500 à 600 Kg/ha de 10-5-20 + Sulf. Am.

(2) - 1000 Kg/ha de 12-6-20

Les bas niveaux constatés à Beauport trouvent justification dans la faiblesse de la fumure.

Beauport.-

L'ensemble des pièces est carencé en azote. Ceci s'explique par la diminution de la fumure en rejets et par le brûlage avant récolte qui détruit les pailles qui normalement retournent au sol et apportent de l'azote. Nous relevons cependant quelques pièces non carencées :

à Philipsbourg - Pièces :	Pelletant
"	Pigerie
"	Espérance (après bananes)
à Clugny	" Chemin Godet
à Bétin	" Ballon

Le phosphore est partout à un niveau insuffisant excepté à :

Philipsbourg - Pièces :	Polletant
"	Pigerie
Clugny	" Bruman
Bétin	" Balance

Le niveau de potasse est également très bas excepté dans les pièces Espérance et Laffont à Philipsbourg, Balance à Bétin. Nous noterons que les pièces Espérance et Balance sont des pièces après bananes qui ont profité des fortes fumures apportées pour la culture précédente.

Gardel.-

Le niveau est satisfaisant pour l'azote et le phosphore. Le niveau relativement faible constaté pour la potasse peut s'expliquer par le pouvoir de retrogradation que les sols montmorillonitiques possèdent vis à vis de la potasse lors de périodes à pluviométrie mal assurée par humidifications et dessiccations successives de l'argile du sol.

Nous noterons que les habitations, Gentilly et Marly présentent des niveaux plus faibles en azote et des niveaux plus élevés en potasse. Ceci s'explique par le fait que les pièces choisies sur ces 2 habitations ont été coupées plus tôt et se trouvaient donc plus âgées à l'époque des prélèvements.

CONCLUSION.

Nous n'avons développé ici qu'un aspect très général du diagnostic foliaire tel que nous permet de le faire un examen rapide de l'ensemble des résultats. Nous avons pu constater que les observations faites concordent avec la réalité pratique. Les résultats des analyses foliaires ont été portés sur des fiches de pièces du modèle ci-joint qui groupent les renseignements agronomiques à notre disposition : analyses de sol, variété, date de plantation, dates de récoltes successives, humidité du tronçon 4-5, dates des prélèvements foliaires, fumures apportées, rendements obtenus. Le dépouillement de ces fiches pourra apporter des renseignements précieux sur la conduite de la fertilisation.

Providence-ABYMES

le 5 Janvier 1965

Le Directeur

Y. LEMAIRE

. D.F. 1964 - Usine Gardel

1er Prélèvement 10-12 /8/ 64

2ème Prélèvement 14-17 /9/ 64

Habitations	N	P	K	Habitations	N	P	K
<u>Ste-Marie</u>				<u>Gentilly</u>			
Mantin I	2,26	0,209	0,627	Caciquin- I	1,59	0,253	1,313
2	1,83	0,186	0,947	gon 1,2,3 2	1,62	0,199	1,313
Fond I	2,32	0,224	0,810	Solvent I	1,55	0,201	1,107
d'or 2	2,18	0,204	1,077	2	1,43	0,194	1,100
Médar I	2,13	0,212	0,840	Mare Al- I	1,54	0,214	1,226
2	1,92	0,206	1,103	phonse 1,2 2	1,61	0,190	1,103
Palmiste I	2,36	0,257	0,883	Case à I	1,81	0,213	1,147
2	2,16	0,228	0,937	Nègre 2	1,83	0,199	1,213
Limite I	2,16	0,230	0,957	Pois sec I	1,53	0,227	1,137
Cicéron 2	2,00	0,221	0,987	2	1,51	0,190	1,140
Chemin 2 I	1,86	0,254	1,707	Mare Vi- I	1,55	0,241	1,180
(B.51129) 2	1,96	0,219	1,407	naigrie 2	1,68	0,230	1,150
Chemin 3 I	1,85	0,253	1,143				
(B.54142) 2	1,85	0,230	1,180				
<u>Marly</u>				<u>Montplaisir</u>			
Tamarin I	2,02	0,221	0,900	Coton I	2,17	0,233	1,033
1,2,3 2	1,71	0,205	1,160	1,2,3 2	1,90	0,233	1,180
Etang I	1,77	0,225	1,210	Forge I	1,91	0,240	1,227
puits 2	1,60	0,182	1,210	1,2,3 2	1,80	0,226	1,293
Riche- I	1,63	0,239	1,140	Orange I	2,22	0,238	0,740
plaine 2	1,59	0,224	1,187	2	1,04	0,249	1,003
Ajoupa I	1,75	0,239	1,173	Nouvelle I	2,09	0,235	0,857
1,2 2	1,62	0,217	1,257	2	1,94	0,228	0,967
				Chemin I	1,87	0,210	0,980
				Moule 2	1,96	0,242	1,160
				Médar I	2,17	0,236	0,957
				2	2,06	0,234	1,190

D.F. 1964 - Usine Beauport

1er Prélèvement 27 & 28 /8/ 64

2ème Prélèvement 18 /9/ 64

Habitations	N	P	K	Habitations	N	P	K
<u>Duval</u>				<u>Sylvain</u>			
<u>Girard</u>				<u>Clugny</u>			
				<u>Ste-Amélie</u>			
Tocolo 1 I	1,573	0,166	0,840	Piton I	1,340	0,156	0,960
2	1,629	0,175	0,847	2	1,409	0,151	0,883
Govindin I	1,302	0,160	0,970	Barboteau I	1,480	0,166	0,983
2	1,554	0,167	0,970	Rodrigue 2	1,395	0,148	0,940
Sargenton I	1,349	0,156	1,013	Bruman I	1,390	0,181	0,997
2	1,470	0,174	0,950	2	1,587	0,182	0,890
Darasse I	1,507	0,140	1,050	Chemin I	1,797	0,183	0,817
2	1,701	0,129	0,983	Godet 1-2 2	1,703	0,157	0,890
Rotine I	1,537	0,163	1,013	Bois I	1,330	0,148	1,033
1-2 2	1,617	0,182	1,113	Morin 2	1,787	0,162	1,007
Maresale I	1,475	0,172	0,907				
4-5 2	1,507	0,176	0,973				
<u>Philips-</u>				<u>Bétin</u>			
<u>bourg</u>							
Polletant I	1,856	0,185	1,083	Four à I	1,297	0,173	1,130
1-2 2	1,890	0,183	0,920	chaux 2	1,456	0,163	0,940
Bianitz I	1,423	0,147	0,887	Ballon I	1,876	0,177	0,863
2-3 2	1,465	0,146	0,833	2	1,895	0,187	0,883
Pigerie I	2,086	0,196	0,997	Désert 1	1,451	0,158	0,910
2	2,020	0,183	0,997	I-2 2	1,610	0,192	0,903
Espérance I				Corrosol I	1,502	0,156	0,910
2	1,904	0,178	1,462	2	1,563	0,153	0,843
Laffont I	1,432	0,166	1,217	Montalè- I	1,470	0,161	0,950
2	1,578	0,159	1,145	gre 2	1,619	0,165	1,036
Fond I	1,573	0,166	0,847	Balance I	1,530	0,197	1,253
Rose				2	1,474	0,194	1,217

FICHE DE CHAMPS

SURFACE _____ VARIETES _____
 CENTRE AGRICOLE _____ SECTEUR _____ CHAMPS _____

Application d'engrais				Diagnostic Foliaire						
Dates antation colte	Catégorie	Doses	Dates	Dates Ech.	Age en Sem.	Humidité Tronçon 4-5	Résultats Analytiques			Observations
							% N	% P	% K	
R										
R										
R										
R										
R										
R										
R										
R										

pe de sol	ANALYSES DE SOLS										Observations
	Dates prise Ech.	N°	Prof. de l' Ech.	pH	d	P.A.	P.T.	K.E	S	T	

col te	Dates de coupe	Age en Sem	PC ^T / ha	SE ^T / ha	SE ^T / ha	SE/Ha /Sem.	Contrôle de Mat.	Total Pluv.	Observations
P.									
R.									
R.									
R.									
R.									
R.									
R.									