

Cinétique de l'absorption de l'azote par l'ananas après le traitement de floraison. Etude par marquage isotopique.

J. MARCHAL et A. PINON*

avec la collaboration de M. FOLLIOT et J. ROMERO.

CINETIQUE DE L'ABSORPTION DE L'AZOTE
PAR L'ANANAS APRES LE TRAITEMENT DE FLORAISON.
ETUDE PAR MARQUAGE ISOTOPIQUE.

J. MARCHAL et A. PINON.

Fruits, Jan. 1987, vol. 42, n° 1, p. 3-11.

RESUME - On tente de déterminer l'origine de l'azote contenu dans le fruit et la contribution du dernier apport d'engrais azoté - avant le traitement d'induction florale - à l'alimentation de la plante. Dans ce but, de l'urée et du sulfate d'ammonium enrichis en 15 N ont été employés.

Finalement, avec une cinétique différente pour les deux engrais, environ 50 p. 100 du dernier apport de N sont retrouvés dans la plante ; ils représentent une faible fraction de son contenu total de N (5 p. 100).

Au cours du premier mois de leur croissance et de leur développement les organes fructifères sont essentiellement alimentés en N par les organes végétatifs ; par la suite une fraction importante est fournie par le sol.

L'absorption de l'azote, fourni à l'ananas sous forme d'urée ou de sulfate d'ammonium, a été étudiée en Côte d'Ivoire et en Martinique avec l'emploi d'engrais enrichis en 15 N. En phase végétative quel que soit l'âge, donc la taille, de l'ananas, l'azote est absorbé en plus grande quantité et plus rapidement si l'engrais est de l'urée (J. MARCHAL et A. PINON, 1980 ; J. MARCHAL et J.J. LA-COEUILHE, 1986). Mais cette cinétique n'a été suivie que durant un mois. Or les essais agronomiques classiques montrent que ces deux formes d'engrais azotés permettent d'obtenir les mêmes rendements et les mêmes teneurs foliaires en N au moment de l'induction florale (J.J. LA-COEUILHE et R. GUEROUT, 1978).

Dans cette étude, la cinétique de l'absorption de l'azote de ces deux mêmes formes d'engrais est suivie pendant la phase de croissance et de développement des organes fructifères. Il a été également tenté de déterminer la part des réserves azotées des organes végétatifs utilisée à la formation du fruit. Dans ce but, un apport d'engrais enrichi a été pratiqué juste avant le TIF.

REALISATION

L'expérimentation a été réalisée en Côte d'Ivoire, à l'Anguédedou, sur des ananas 'Cayenne lisse', cultivés en pleine terre et âgés de 7 mois. Au cours du cycle les plants ont reçu des pulvérisations foliaires d'urée (4,1 g de N/plant au total) et de sulfate de potasse.

* - J. MARCHAL et M. FOLLIOT - IRFA-CIRAD, B.P. 5035
34032 MONTPELLIER CEDEX
A. PINON - IRFA-CIRAD - B.P. 153 - 97202 FORT DE FRANCE
CEDEX
J. ROMERO - CIRAD - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER
CEDEX

Traitements.

A 7 mois, juste avant le traitement d'induction de la floraison (TIF), les plants (14 par traitement), de taille aussi voisine que possible, ont reçu au jour J une pulvérisation foliaire d'engrais enrichi en 15 N. On fournit ainsi 497 mg d'azote par plant sous forme soit d'urée enrichie à 10,76 p. 100 de 15 N, soit de sulfate d'ammonium enrichi à 10,01 p. 100 de 15 N. Aucun autre apport d'engrais ne sera effectué jusqu'à la récolte.

Echantillonnages.

Des plants entiers sont échantillonnés un par un 1, 7, 14, 28, 56, 118 jours après cet apport et à la récolte des fruits (soit à 160 jours). La feuille D (FD) ayant été repérée au moment du traitement d'induction florale, on a séparé : les feuilles plus jeunes que cette FD ; la FD ; les feuilles plus âgées que la FD ; les feuilles sèches, la tige, les racines aériennes, les racines souterraines et les organes fructifères quand ils sont développés (à partir du 56e jour) : pédoncule, bractées, fruit, tige et feuilles de la couronne.

Le terme «FD» est conservé tout au long du texte. Mais dans ce cas il signifie que les feuilles ainsi identifiées étaient au stade D (fin de croissance) au moment du TIF et non pas au moment de l'échantillonnage. En effet, après floraison, il n'y a plus de feuilles strictement à ce stade.

La solution contenue au coeur de la plante est recueillie ainsi que la terre déposée à la base des feuilles.

Lavage des organes.

Il est réalisé avec du coton hydrophile, qui est conservé pour être analysé (mesure de l'azote déposé et non absorbé).

Dosage de l'azote échantillons et mesure de l'enrichissement en 15 N.

La première étape consiste en un dosage classique de l'azote - de type Kjeldhal - après minéralisation. Cette analyse fournit les données quantitatives (teneurs et masses de N). Elle est suivie de l'analyse isotopique qui donne une indication qualitative : l'enrichissement en 15 N.

Minéralisation : méthode de Kjeldhal modifiée (acide sulfurique + catalyseur de Dumazert et Marcellet + acide salicylique).

Distillation de N sous forme ammoniacale par entraînement à la vapeur après addition de soude 10 N ; le distillat est recueilli dans l'acide sulfurique (0,1 N). La teneur en N est mesurée par un dosage en retour à la soude (0,1 N).

L'enrichissement isotopique en 15 N (E p. 100) est mesuré par spectrométrie de masse (J.M. BREMNER, 1965) sur le distillat concentré après acidification de celui-ci puis transformation de l'azote du sulfate d'ammonium

en azote moléculaire gazeux (D. RITENBERG, 1948 ; P.J. ROSS et A.E. MARTIN, 1970).

Les masses d'azote total, contenu dans les organes (QN), et les quantités d'azote apportées par la dernière pulvérisation (QD) contenant du 15 N sont alors calculées.

L'enrichissement des organes ou excès isotopique (E) est toujours exprimé après soustraction de l'abondance naturelle en 15 N de l'air qui est de 0,366 p. 100 (G.A. JUNK et M.J. SVEC, 1958).

$$QN = TN \times \frac{P}{100}$$

QN = quantité de N en mg contenue dans un organe dont le poids sec total est P (en mg).

TN = teneur en N de l'organe exprimée en p. 100 de matière sèche (obtenue par le dosage chimique).

$$QD = QN \times \frac{E}{EO}$$

QD = quantité de N apportée par le dernier traitement (en mg).

E = enrichissement en 15 N de l'organe.

EO = taux d'enrichissement en 15 N de l'engrais utilisé.

AZOTE NON ABSORBE PAR LA PLANTE

Solutions contenues au coeur de l'ananas.

Le traitement a été effectué en janvier en saison sèche. Le volume de liquide recueilli est faible ; à certaines dates il n'y en avait même pas (7e, 14e, 56e jour et récolte).

Au moment du traitement - jour J - cette solution ne contenait pratiquement pas de N puisqu'à J + 1 son taux d'enrichissement en 15 N est très légèrement inférieur au taux initial de la solution pulvérisée (tableau 1). Au jour J + 1 près de 20 p. 100 de l'azote apporté est retrouvé dans cette solution (93,2 mg soit 18,8 p. 100 pour l'urée et 86,9 mg soit 17,5 p. 100 pour le sulfate d'ammonium) ; le reste peut donc avoir été absorbé, être déposé sur les feuilles ou être allé au sol directement au moment de la pulvérisation ou par débordement de la solution du coeur de la plante. Environ 20 p. 100 de l'engrais vont directement au sol avec la pulvérisation (J. MARCHAL et A. PINON, 1980).

Après 28 jours l'azote du dernier apport a pratiquement disparu à la suite de son absorption, du débordement possible, de pertes atmosphériques (?). Il est dilué par de l'azote d'autre origine (exsorption ?) : E = 0,9 ou 0,2 p. 100.

Après 118 jours on ne retrouve plus du tout de N.

Quantités de N déposées sur les feuilles et non absorbées.

Dès le premier jour les deux formes d'engrais se différencient : on retrouve moins d'urée que de sulfate d'ammonium du dernier apport (tableau 2) ; ce résultat con-

TABLEAU 1 - Analyse de la solution recueillie au coeur de la plante.

Dates de prélèvement	UREE (E % = 10,76)			SULFATE D'AMMONIUM (E % = 10,01)		
	Quantités de N (mg)		E %	Quantités de N (mg)		E %
	dans la solution	apportée par l'engrais enrichi		dans la solution	apportée par l'engrais enrichi	
J + 1 jour	94,4	93,2	10,62	87,6	86,9	9,92
J + 28 jours	5,3	0,4	0,86	4,0	0,1	0,20
J + 118 jours	0,0	0,0		0,0	0,0	

TABLEAU 2 - Quantités de N déposées sur les feuilles et non absorbées.

Dates de prélèvement	UREE			SULFATE D'AMMONIUM		
	Quantités de N (mg)		E %	Quantités de N (mg)		E %
	totale	apportée par l'engrais enrichi		totale	apportée par l'engrais enrichi	
J + 1 jour	42,2	23,3	5,94	58,7	41,6	7,09
J + 7 jours	20,0	5,1	2,75	42,5	26,5	6,18
J + 14 jours	16,2	2,6	1,73	28,3	11,1	3,94
J + 28 jours	21,7	1,7	0,85	22,9	1,2	0,53
J + 56 jours	18,0	1,0	0,61	16,9	0,7	0,39
J + 118 jours	27,9	0,7	0,27	19,1	0,4	0,21
Récolte						
J + 160 jours	23,8	0,4	0,19	19,0	0,4	0,19

firme les observations antérieures : l'urée est absorbée plus rapidement. Les quantités résiduelles sur les feuilles décroissent avec le temps et à partir du 28e jour elles sont pratiquement identiques pour les deux engrais et faibles. Une partie du résidu initial peut être absorbée et une autre lessivée.

Le taux d'enrichissement de cet azote non absorbé diminue avec le temps. L'azote détecté à la récolte n'a donc pas la même origine qu'aux jours J, J + 1 ... ; des exsudations, des lessivages, des pollutions se produisent très certainement au niveau des feuilles en plus de l'absorption.

Quantités de N retenues par la terre déposée à l'aiselle des feuilles.

L'augmentation de la quantité d'azote apporté par la pulvérisation d'engrais enrichis, entre le 1er et le 7e ou le

14e jour peut être due à un écoulement de la solution du coeur de la plante ou un lessivage de l'azote déposé sur les feuilles (tableau 3).

Là encore, une dilution par de l'azote non marqué est observée puisque le taux d'enrichissement décroît avec le temps.

Discussion.

La quantité d'azote apporté par la dernière pulvérisation, non absorbé et resté sur la plante, décroît rapidement (tableau 4). L'urée est la plus rapidement absorbée et peut-être aussi lessivée dans les deux premières semaines.

L'absorption par les feuilles peut donc être importante au mieux jusqu'au 7e jour. Par la suite les quantités de N encore disponibles sur celles-ci sont très faibles ; donc seul le sol peut alors être la source de N enrichi.

TABLEAU 3 - Quantités de N retenues par la terre déposée à la base des feuilles.

	UREE				SULFATE D'AMMONIUM			
	Poids de terre (g)	Quantités de N (mg)		E %	Poids de terre (g)	Quantités de N (mg)		E %
		totale	apportée par l'engrais enrichi			totale	apportée par l'engrais enrichi	
J + 1 jour	33	14,6	2,1	1,57	28	12,1	2,1	1,76
J + 7 jours	25	38,8	3,2	0,90	22	21,2	2,3	1,09
J + 14 jours	22	19,7	1,1	0,67	21	19,1	5,1	2,67
J + 28 jours	32	25,3	0,6	0,26	31	22,9	0,6	0,28
J + 56 jours	12	18,2	0,5	0,30	15	11,9	0,5	0,38
J + 118 jours	7	16,0	0,4	0,29	8	3,8	0,06	0,16
Récolte (J + 160 jours)	10	13,0	0,2	0,19	4	0,8	0,01	0,13

TABLEAU 4 - Bilan de l'azote apporté par la dernière pulvérisation d'engrais (497 mg) déposé sur les plants et non absorbé (mg de N).

	J + 1	J + 7	J + 14	J + 28	J + 56	J + 118	Récolte (J + 160)
Urée	119	8	4	3	2	1	1
Sulfate d'ammonium	131	29	16	2	1	1	< 1

Le dosage quantitatif de l'azote enrichi, dans le sol, n'a pas été réalisé car il aurait fallu prélever la totalité du sol pouvant être exploré par les racines ; il aurait permis de compléter le bilan ; seule la fraction lixiviée ou perdue par voie atmosphérique aurait manqué.

AZOTE TOTAL DE LA PLANTE

Avec le sulfate d'ammonium la teneur en matière sèche des plants est la plus élevée (tableau 5) essentiellement dans les organes végétatifs. Les différences de poids d'organes ne sont pas nécessairement dues aux traitements car le choix en champ de plants identiques est pratiquement impossible. Entre le 118e jour et la récolte, la masse fraîche et sèche des organes végétatifs décroît nettement et essentiellement celle des feuilles les plus jeunes.

Organes végétatifs.

Après l'apport de N au jour J, la teneur en N augmente à J + 7, uniquement avec l'urée, dans tous les organes à l'exception des racines souterraines et des feuilles sèches (fig. 1). Un minimum est au contraire observé entre le 7e et le 14e jour avec le sulfate d'ammonium.

Dans les organes végétatifs pendant la période de forte croissance des organes fructifères, à partir du 56e jour, la masse totale de N tend à diminuer (tableau 6) ; diminu-

tion due d'une part à la chute des teneurs en N entre le 58e et le 118e jour, et d'autre part à la perte de poids des organes végétatifs entre le 118e jour et la récolte, alors que la teneur en N tend de nouveau à augmenter (excepté dans les racines et les feuilles sèches).

Organes fructifères.

Très normalement la masse totale de N contenue dans ces organes s'accroît alors que leur poids augmente : il y a donc un flux continu de N vers ceux-ci ; cependant leurs teneurs en N diminuent plus ils sont âgés et lourds par effet de dilution (figure 2) à l'exception des bractées dont le poids évolue peu.

• Avec l'urée :

- A J + 56, la quantité de N mesurée dans les organes fructifères correspond à la masse de N perdue par les organes végétatifs.

- Du 56e au 118e jour la perte de N par les organes végétatifs est plus importante que le gain par les organes fructifères : on pense à une exsorption dans le sol et à des pertes atmosphériques.

- Par contre, au cours des six dernières semaines (118 à 160 jours) les quantités accumulées dans les parties fructifères sont très supérieures à la réduction du contenu des organes végétatifs. Il y a donc bien, pendant cette phase de développement du fruit, une absorption de N du sol car

TABLEAU 5 - Poids frais et secs des plants d'ananas aux différents stades.

	Organes végétatifs			Organes fructifères			Plant entier			
	Poids frais PF (g)	Poids sec PS (g)	% MS/MF	PF	PS	% MS/MF	PF	PS	% MS/MF	
Urée	J + 1	2460	334	13,6						
	J + 7	2753	369	13,4						
	J + 14	2966	441	14,9						
	J + 28	3286	492	15,0						
	J + 56	3149	449	14,3	356	44	12,4	3505	493	14,1
	J + 118	3637	553	15,2	1034	93	9,0	4671	646	13,8
	Récolte (J+ 160)	3010	418	13,9	3011	467	15,5	6021	885	14,7
Sulfate d'ammonium	J + 1	2418	357	14,8						
	J + 7	2412	387	16,0						
	J + 14	2586	431	16,7						
	J + 28	2741	412	15,0						
	J + 56	3101	496	16,0	269	28	10,4	3370	524	15,6
	J + 118	3088	494	16,0	1870	167	8,9	4958	661	13,3
	Récolte (J + 160)	2675	379	14,2	2373	405	17,1	5048	784	15,5

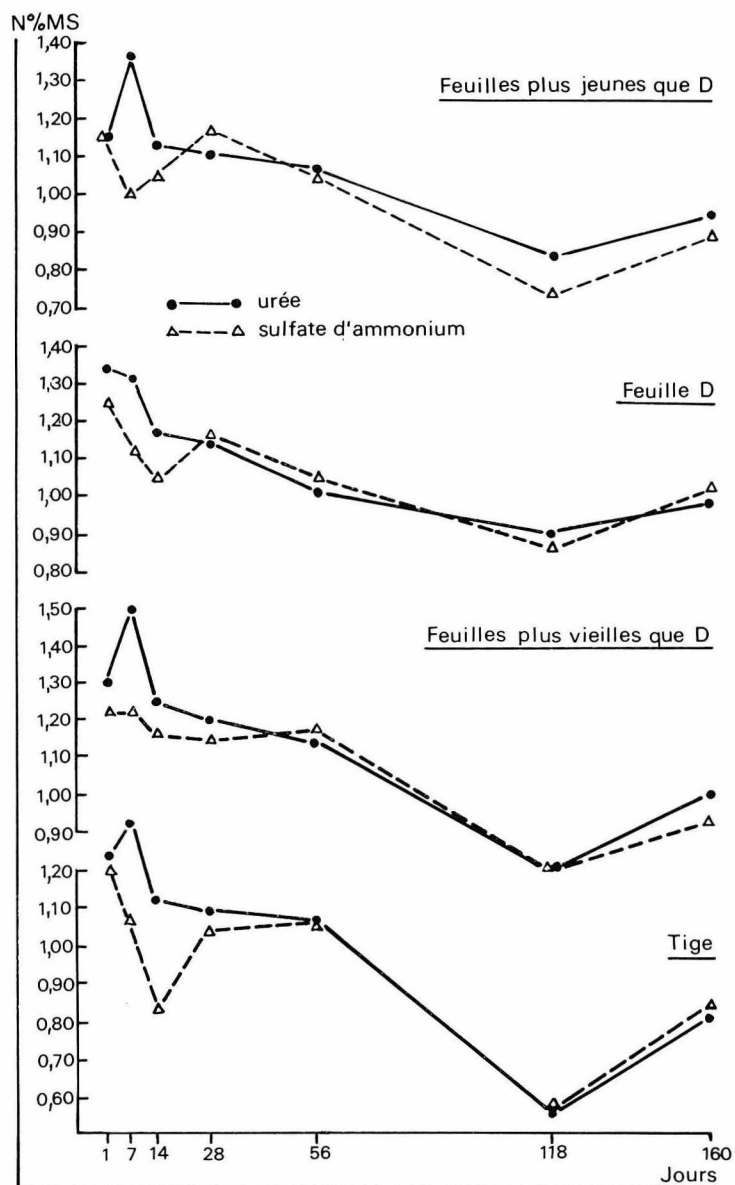


Fig. 1 • TENEURS EN N TOTAL DES ORGANES VEGETATIFS.

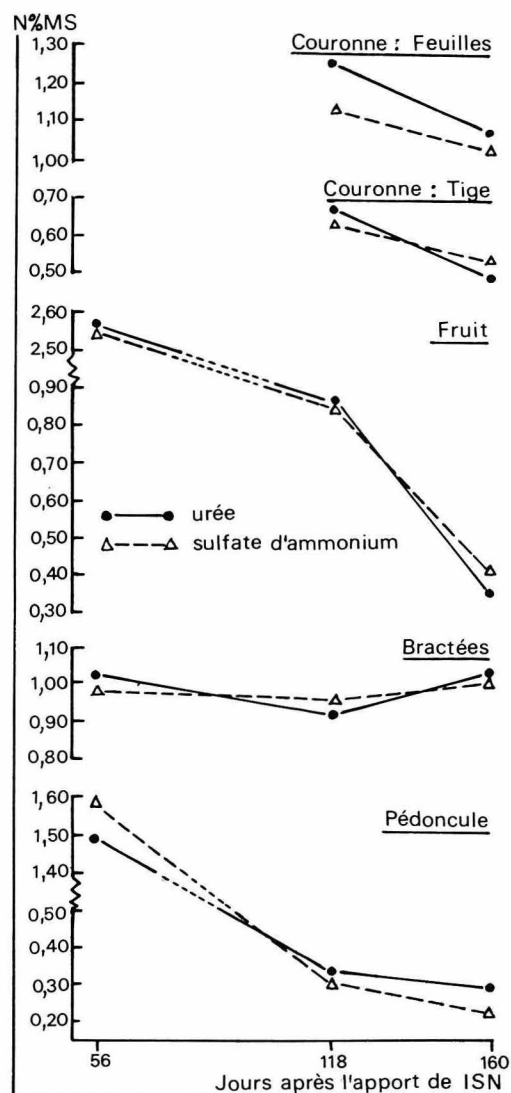


Fig. 2 • TENEURS EN N TOTAL DES ORGANES FRUCTIFERES.

la part pouvant être fournie par le dépôt sur les parties aériennes de la plante est restreinte (tableaux 1 à 4).

● Avec le sulfate d'ammonium :

La plante entière contient le plus d'azote au moment de la floraison (J + 56). L'absorption de N pour alimenter le fruit se ferait essentiellement, là encore, entre le 118e et le 160e jour. Les quantités immobilisées dans les organes fructifères sont moindres qu'avec l'urée, car ces organes sont alors moins lourds (tableau 5) mais les teneurs en N sont identiques.

A la récolte les immobilisations en N de la plante entière, y compris les fruits, - soit 5,9 et 5,1 g - sont supé-

rieures à la dose totale d'azote fourni (4,6 g). La plante utilise donc les réserves du sol.

Les fruits, avec leur couronne, contiennent 29 p. 100, avec l'urée, et 34 p. 100 avec le sulfate d'ammonium de ces immobilisations. Les exportations représentent donc 38 et 37 p. 100 de l'apport.

Il faut préciser que les différences entre les deux traitements peuvent être dues au hasard, toutefois elles sont retrouvées dans les deux répétitions de chaque traitement à chaque date.

PART DE L'AZOTE APORTE AVEC LE DERNIER TRAITEMENT (ENRICHI AVEC L'AZOTE 15)

Cette fraction est obtenue après avoir mesuré le taux d'enrichissement en azote 15 des différents organes (E).

Les plants analysés ont des poids différents. On a donc non seulement calculé les quantités d'azote, apportées par la dernière pulvérisation et absorbées par la plante mais aussi les teneurs en cette fraction d'azote (exprimées en mg pour 100 g de matière sèche) (tableau 6) afin de faciliter les comparaisons. Ces teneurs sont toujours les plus élevées avec l'urée dans les organes végétatifs, excepté à J + 56, mais l'inverse est observé dans les organes fructifères.

Organes végétatifs.

- Teneurs en N apporté par l'engrais enrichi.

La teneur moyenne des organes végétatifs atteint son maximum après 28 (sulfate de NH₄) ou 56 jours (urée) dans les conditions de cet essai (tableau 6) ; elle chute ensuite.

Si le plant entier est considéré, deux «vagues» d'absorption de N sont mises en évidence (figure 3):

- Une première atteint son maximum après 7 jours. Elle pourrait correspondre à la phase d'absorption directe de la solution qui s'est déposée sur les feuilles et l'urée pénètre en plus grande quantité que le sulfate (résultat en accord avec ceux du tableau 2).

- Une seconde dont le maximum se situe après 28 ou 56 jours. Elle pourrait correspondre à l'absorption de N ayant atteint le sol. (N sur les feuilles ou à leur base ne peut que faiblement participer : tableaux 2 et 3).

Le sulfate d'ammonium pénètre très peu dans les plus jeunes feuilles au cours de la première «vague». Dans les

feuilles les plus vieilles à faible capacité d'absorption (J. MARCHAL et A. PINON, 1980), l'urée est absorbée très rapidement (maximum à 1 jour).

- Masses de N absorbé.

Elles sont fonction du poids des plants ; il apparaît nettement que l'urée est mieux absorbée que le sulfate (tableau 6). Après le déclenchement de la floraison, pendant la phase de croissance intense des fruits (56e jour à la récolte) la perte de N précède la perte de poids des plants ; des transferts de N vers les organes fructifères et des exsorptions vers l'extérieur de la plante paraissent possibles.

Organes fructifères.

- Evolution du 28e au 56e jour.

Ces organes ne reçoivent pas directement d'azote 15 puisqu'ils sont émis plus d'un mois après sa pulvérisation (entre le 28e et le 56e jour) et la solution au coeur des plants, s'il y en a, ne contient plus de N. Les parties végétatives sont une des sources d'engrais enrichi pour ces organes fructifères ; la seconde est constituée par le sol dont l'enrichissement n'a malheureusement pas été mesuré.

Au 28e jour, le plant entier a un taux d'enrichissement moyen en 15 N de 0,65 p. 100 avec le sulfate d'ammonium et de 0,66 p. 100 avec l'urée. Au 56e jour celui des organes fructifères est respectivement de 0,62 et 0,65 p. 100. Donc l'azote de ces derniers organes provient,

TABLEAU 6 - Evolution du contenu en azote des ananas après le TIF. Influence du dernier apport.

		Organes végétatifs					Organes fructifères					Plant entier					
		N total		N apporté par l'engrais enrichi			N total		N apporté par l'engrais enrichi			N total		N apporté par l'engrais enrichi			
		mg	% MS	mg	mg/100 g MS	E %	mg	% MS	mg	mg/100 g MS	E %	mg	% MS	mg	mg/100 g MS	E %	
Urée	J + 1 j.	3968	1,19	211,6	63,3	0,57											
	J + 7	4941	1,34	252,7	68,5	0,55											
	J + 14	4868	1,11	269,6	60,3	0,58											
	J + 28	5357	1,09	327,1	66,5	0,66											
	J + 56	4746	1,06	343,6	76,5	0,78	600	1,38	36,3	83,3	0,65	5346	1,09	379,9	77,1	0,76	
	J + 118	3733	0,67	232,3	42,0	0,67	840	0,90	41,9	44,9	0,54	4573	0,71	274,2	42,4	0,64	
	Récolte (J + 160)	3664	0,88	174,5	41,8	0,51	2245	0,48	91,2	19,5	0,44	5909	0,67	265,7	30,0	0,48	
Sulfate d'ammonium	J + 1	3983	1,12	183,4	51,3	0,46											
	J + 7	3981	1,03	244,6	63,3	0,62											
	J + 14	4267	0,99	229,2	53,2	0,54											
	J + 28	4458	1,08	291,1	70,6	0,65											
	J + 56	5431	1,10	263,9	53,2	0,48	424	1,51	26,2	93,6	0,62	5845	1,12	290,1	55,4	0,50	
	J + 118	3462	0,70	172,5	35,1	0,50	1503	0,90	83,0	49,4	0,55	4965	0,75	255,5	38,7	0,52	
	Récolte (J + 160)	3085	0,81	150,4	39,7	0,49	1989	0,50	110,2	27,1	0,54	5074	0,65	260,0	33,2	0,51	

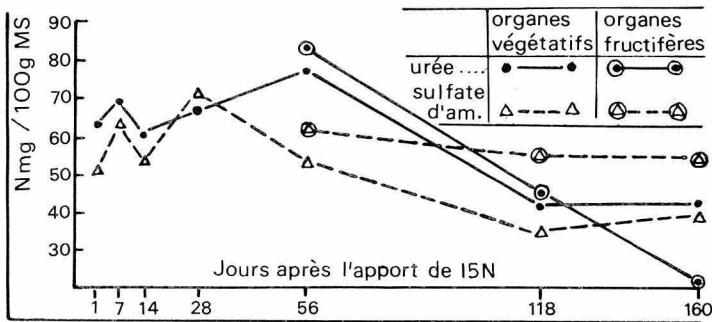


Fig. 3 • TENEURS EN N APORTE PAR L'AZOTE ENRICHI.

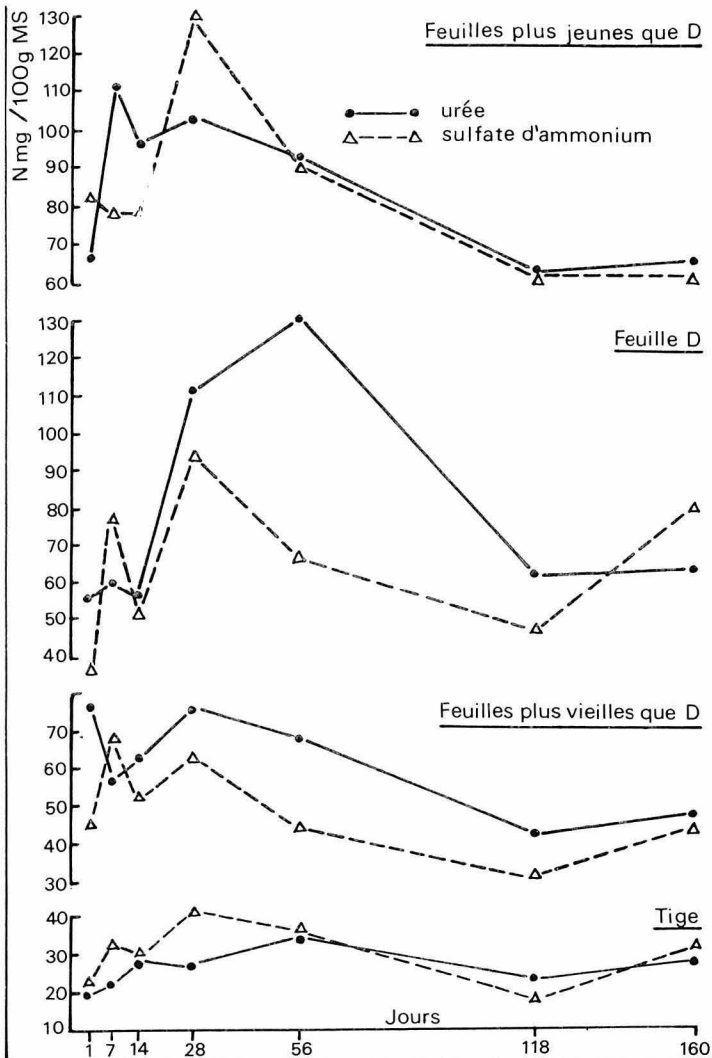


Fig. 4 • ORGANES VEGETATIFS : TENEURS EN N APORTE PAR LA DERNIERE PULVERISATION.

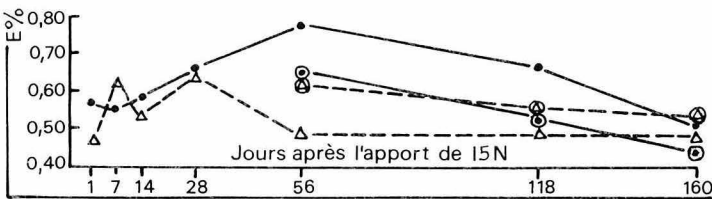


Fig. 5 • TAUX D'ENRICHISSEMENT EN 15N DES ORGANES VEGETATIFS ET FRUCTIFERES.

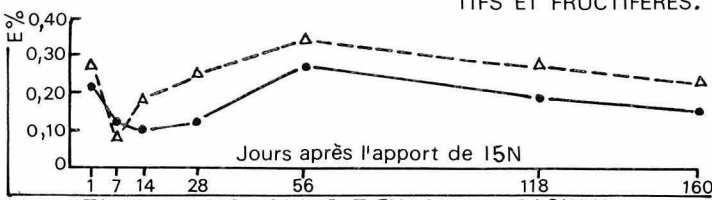


Fig. 6 • TAUX D'ENRICHISSEMENT EN 15N DES RACINES.

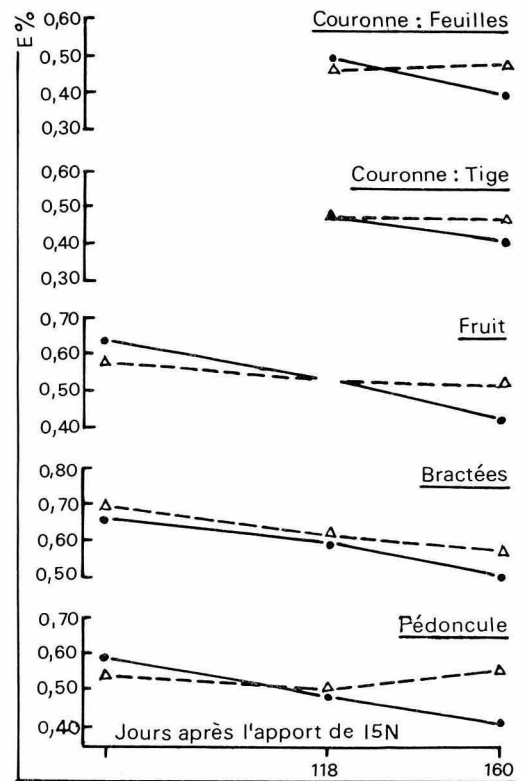


Fig. 7 • TAUX D'ENRICHISSEMENT EN 15N DES ORGANES FRUCTIFERES.

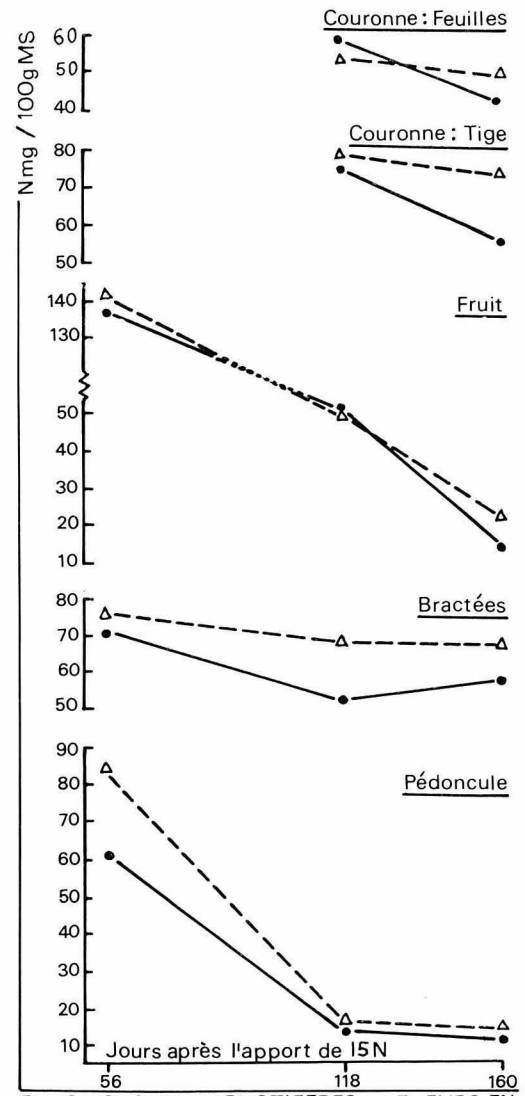


Fig. 8 • ORGANES FRUCTIFERES : TENEURS EN N APORTE PAR LA DERNIERE PULVERISATION.

très probablement, dans cette première phase de croissance et de développement (entre le 28e et le 56e jour) pratiquement totalement des organes végétatifs.

● Evolution jusqu'à la récolte.

Pour les deux dates suivantes, l'origine de l'azote des organes fructifères est plus délicate à déterminer.

- Avec le sulfate d'ammonium :

Le taux d'enrichissement des organes végétatifs est stable depuis le 56e jour (tableau 6, figure 5). Ils n'ont donc certainement pas absorbé et accumulé de N pendant cette période sinon ce taux serait très probablement modifié. Par contre ils ont perdu, entre le 56e et le 118e jour, 1960 mg de N dont une partie a pu migrer vers les organes fructifères - qui pendant cette période en ont accumulé 1080 mg - et une seconde être exsorbée (dans le sol, dans l'atmosphère ...).

Dans les organes fructifères le taux d'enrichissement, stable du 118e jour à la récolte, est plus élevé que dans les organes végétatifs (tableau 6, figure 5). Donc de l'azote provient d'une source plus riche en 15 N que ces derniers; seul le sol, qui a reçu de l'engrais enrichi directement ou par débordement ou lessivage, peut être mis en cause.

- Avec l'urée :

Jusqu'au 56e jour, dans les organes végétatifs, le taux d'enrichissement s'accroît (absorption). Il décroît ensuite par effet de dilution dû à l'absorption d'azote de moins en moins enrichi. En même temps, comme avec le sulfate d'ammonium, un mouvement inverse de N est observé : la quantité contenue dans ces organes végétatifs diminue ; une partie migre certainement vers le fruit, l'autre à l'extérieur. A l'opposé des ananas recevant du sulfate d'ammonium, le taux d'enrichissement des organes fructifères reste plus bas que celui des organes végétatifs (figure 4).

De l'azote arrive donc directement du sol dans ces organes. Il est moins enrichi que celui fourni par les organes végétatifs et provoque une dilution.

Une contradiction apparaît ainsi en fonction de l'engrais utilisé. Mais J. GODEFROY et J. GUILLEMOT

(1975) ont montré, en Côte d'Ivoire, que le sulfate d'ammonium induit dans le sol un taux d'azote minéral plus élevé et plus stable que l'urée. Dans notre cas le sulfate d'ammonium enrichi, qui a atteint le sol, semble avoir été moins lessivé que l'urée ; la zone explorée par les racines contient alors plus d'azote et a un taux d'enrichissement plus élevé. Des analyses du sol auraient été nécessaires pour vérifier cette hypothèse. Mais l'évolution du taux d'enrichissement en 15 N des racines va bien dans ce sens (figure 6). A partir du 14e jour celles-ci sont les plus riches avec le sulfate d'ammonium. Cette hypothèse est confirmée par les variations de E (figure 7) ou des teneurs en azote issu du dernier apport (figure 8) des différents organes fructifères.

CONCLUSION :

BILAN DE L'AZOTE ABSORBE APRES LE DERNIER APPOINT AU MOMENT DU TIF (tableau 7)

Dans les conditions de l'expérience :

Avec l'urée, deux mois après le TIF, les organes végétatifs absorbent toujours de l'azote, mais en rejettent encore plus (diminution des masses de N). Avec le sulfate d'ammonium, l'absorption par les mêmes organes paraît être très réduite après un mois (taux d'enrichissement constant) mais les rejets seraient plus faibles.

Le taux d'absorption maximum de l'urée est très élevé (76,5 p. 100 après 56 jours) ; il est plus faible avec le sulfate d'ammonium (58,6 p. 100). Mais, avec des réactions d'absorption et de rejet différentes, au moment de la récolte la contribution du dernier apport à l'état nutritif final est identique ou presque avec les deux formes d'engrais azoté (53,7 et 52,5 p. 100 des 497 mg d'azote apportés au TIF). On a ainsi confirmation d'essais agronomiques comparant ces deux formes d'engrais azoté qui donnent les mêmes résultats (rendement, composition de la FD).

Le fruit, avec sa couronne, contient une plus forte fraction des 497 mg pulvérisés au dernier apport avec le sulfate d'ammonium (19 p. 100) qu'avec l'urée (14 p. 100) en relation avec l'évolution différente de ces engrais dans le sol. Celle-ci a peu influencé les immobilisations des organes végétatifs. Ils ont essentiellement stocké N pendant les premières semaines durant lesquelles les

TABLEAU 7 - Bilan de l'azote apporté par la dernière pulvérisation (apport de 497 mg de N).

	Urée					Sulfate d'ammonium				
	N non absorbé mg	N absorbé mg	(%)	Total mg	(%)	N non absorbé	N absorbé mg	(%)	Total mg	(%)
J + 1 j.	119	212	(42,7)	331	(66,6)	131	183	(36,8)	314	(63,2)
J + 7	8	253	(50,9)	261	(52,5)	29	245	(49,3)	274	(55,1)
J + 14	4	270	(54,3)	274	(55,1)	16	229	(46,1)	245	(49,3)
J + 28	3	327	(65,8)	330	(66,4)	2	291	(58,6)	293	(59,0)
J + 56	2	380	(76,5)	382	(76,9)	1	290	(58,4)	291	(58,6)
J + 118	1	274	(55,1)	275	(55,3)	1	256	(51,5)	257	(51,7)
Récolte (J + 160)	1	266	(53,5)	267	(53,7)	< 1	261	(52,5)	261	(52,5)

sivages étaient peut-être moins intenses. (Traitement effectué en janvier pendant la saison sèche).

La cinétique d'absorption de cet azote a donc été différente mais le bilan final est très voisin. Au total l'azote de ce dernier apport représente une faible fraction de l'azote total contenu dans le plant : 4,5 p. 100 avec l'urée et 5,1 p. 100 avec le sulfate d'ammonium. Afin de connaî-

tre la part du sol et celle de l'engrais, dans la nutrition de la plante, il serait nécessaire de fournir successivement de l'engrais enrichi à chaque date d'apport sur des plants différents, et de réaliser des bilans en fin de cycle. L'influence des résidus de culture enfouis est certainement importante. Elle pourrait également être mesurée par la technique de l'enrichissement isotopique.

BIBLIOGRAPHIE

- BREMNER (J.M.). 1965.
Isotope-ratio analysis of nitrogen. In nitrogen-15 traces investigations.
in : *Methods of Soil Analysis - Black CA - American Soc. of Agro. Inc. Publisher. Madison Wisconsin*, p. 1256-1286.
- GODEFROY (J.) et GUILLEMOT (J.). 1975.
Action comparée des apports d'urée et de sulfate d'ammonium sur les caractéristiques chimiques d'un sol de bananeraie.
Relation avec la productivité.
Fruits, 30 (1), p. 3-10.
- JUNK (G.A.) et SVEC (M.J.). 1958.
Nitrogen isotope abundance measurements.
US Atomic Energy Commission - Office of technical Information ISC 1138.
- LACOEUILHE (J.J.) et GUEROUT (R.). 1976.
Action du nématode *Pratylenchus brachyurus* sur la croissance, la nutrition et les rendements de l'ananas 'Cayenne lisse'.
Influence de la localisation de la fumure.
Fruits, 31 (3), p. 147-156.
- MARCHAL (J.) et PINON (A.). 1980.
Nutrition azotée de l'ananas.
Etude des voies d'absorption de l'azote par la technique de la dilution isotopique.
Fruits, 35 (1), p. 29-38.
- MARCHAL (J.) et LACOEUILHE (J.J.). 1986.
Absorption de l'urée et du sulfate d'ammonium par l'ananas en Martinique (Rivière Lézarde).
Doc. interne R.A. IRFA, 10 p.
- RITTENBERG (D.). 1948.
The preparation of gas sample for mass spectrographic isotope analysis.
in : D.W. WILSON, ADC. NIER, P.S. RIEMAW. - *Preparation and measurement of isotopic traces*, P. 31-42. IW EDWARDS Ann. Abor. Mich.
- ROSS (P.J.) et MARTIN (A.E.). 1970.
A rapid procedure for preparing gas samples for 15 N determinations.
ANALYST 95, p. 817-822.

