

L'azote et la croissance de l'ananas

par J.J. LACOEUILHE

Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer

L'AZOTE ET LA CROISSANCE DE L'ANANAS

par J.J. LACOEUILHE (IFAC)

Fruits, Jan. 1971, vol. 26, n° 1, p. 37-44

RESUME - L'azote stimule la croissance. Les besoins en azote de l'ananas sont fonction du niveau de croissance maximum possible, qui dépend de nombreux facteurs dont le principal est la climatologie. Ces besoins sont d'autant plus importants et impératifs que la vitesse de croissance est plus grande. Une nutrition azotée trop élevée est défavorable à la bonne réussite du traitement de floraison. L'azote apporté après la floraison n'a une action positive que dans le cas d'une nutrition insuffisante pendant la période végétative.

La fumure azotée de l'ananas s'adapte à la longueur envisagée d'un cycle. Elle est fractionnée et progressive, pour permettre à chaque instant une croissance maximum, mais elle diminue légèrement à l'approche de la floraison. Elle s'applique sur le feuillage de préférence en pulvérisations. L'urée semble satisfaisante dans la majorité des cas.

Cette technique permet une réduction sensible de la fumure.

L'azote, c'est bien connu, est l'élément minéral qui influe le plus sur la croissance des plantes. L'ananas ne fait pas exception. Mais de nombreux autres facteurs interviennent aussi. Brièvement, ce sont, si on excepte les éléments minéraux :

- les conditions climatiques,
- la nature et le poids des rejets plantés,
- la densité de la plantation et éventuellement la flore concurrente,
- l'état hydrique du sol qui dépend de la pluviosité, de la structure physique du sol, de la topographie, du mode de plantation (billons), de l'emploi d'une couverture du sol,
- le contrôle de l'état phytosanitaire, particulièrement celui du système racinaire.

L'influence de ces différents facteurs a été étudiée par de nombreux essais dans différents pays où l'IFAC intervient. Agissant sur la croissance et sa vitesse, ils déterminent la longueur du cycle de l'ananas (14). Cette dernière donnée est particulièrement importante à connaître pour effectuer les plantations aux périodes les plus favorables. Les fruits exportés en frais doivent être récoltés au moment des cours les plus hauts. Pour les fruits destinés à la conserverie, il est préférable d'obtenir un niveau de croissance suffisant au début des périodes de floraison naturelle, plus favorables à la réussite de l' "hormonage".

La vitesse de croissance est maximum lorsque les besoins créés par les possibilités offertes à la plante par les conditions de milieu sont satisfaits au mieux. A ce titre, l'azote est le principal élément à considérer dans le cadre de la nutrition minérale.

CARENCE EN AZOTE

Les symptômes de carence ont été obtenus en culture sur solution par Renée TISSEAU (18).

Les plants totalement carencés après enracinement n'ont pratiquement pas démarré. Les feuilles sont étroites, deviennent vert clair à reflet jaune rosâtre.

L'effet de la carence partielle (un vingtième de la dose) s'est manifesté vers le quatrième mois. Les feuilles deviennent vert clair, jaunâtre. Elles sont étroites en "gouttières", roses à l'endroit de leur insertion. Les vieilles feuilles se dessèchent en commençant par l'extrémité. Elles deviennent beige clair et se vrillent.

Sans symptômes bien particuliers, les plantes ont un aspect souffreteux et leur croissance est extrêmement ralentie.

EFFET DE L'AZOTE SUR LA CROISSANCE

Actuellement on n'emploie guère une fumure azotée seule. Les essais récents combinent en général azote et potasse qui sont les éléments les plus essentiels à la croissance de l'ananas. On peut cependant mesurer les effets de l'azote dans un essai mené au Cameroun où la potasse ne constituait pas un facteur limitant (1).

Tableau 1 - Effet de la dose d'azote sur la croissance et le poids du fruit

	Nombre de feuilles émises de 0 à 4 mois	Poids de la feuille D à 6 mois (en g)	Poids du fruit (en kg)
N0	13,0	41,6	1,22
N1 = 2 g	16,0	59,7	1,43
N2 = 4 g	17,1	69,5	1,54

L'azote augmente le nombre de feuilles émises et le poids de la feuille D. La masse foliaire de la plante est accrue. On obtient donc un fruit de poids moyen plus élevé (12) ou bien on peut être amené à raccourcir le cycle.

De plus l'azote régularise la croissance par rapport aux conditions climatiques. Dans un essai du même genre, une pluviosité mensuelle supérieure à 500mm, défavorable à la croissance, au cours des quatrième et cinquième mois, a eu un effet dépressif beaucoup moins marqué avec des apports d'azote (2).

Tableau 2 - Influence de la dose totale d'azote sur la variation du poids de la feuille D en fonction de l'âge de la plante (en g).

	3 mois	4 mois	5 mois	6 mois	7 mois
N0	18,7	19,9	20,2	27,8	29,4
N1 = 1,5 g	19,1	23,2	31,4	39,3	40,7
N2 = 3,0 g	19,7	24,6	34,7	46,9	46,8

BESOINS GLOBAUX EN AZOTE

Les besoins globaux peuvent être évalués par les immobilisations de la plante au moment de la récolte. Différents bilans effectués aux Antilles ont donné les résultats exprimés dans le tableau 3.

Tableau 3 - Immobilisations d'azote à la récolte (en g).

	Poids du fruit	Poids du plant	Masse d'azote
Guadeloupe (8)	1800	5500	8,53
Martinique (6)			
- niveau de la mer	2200	5550	6,68
- altitude 80 m	1630	6190	7,96
	1515	6880	8,70
- altitude 400 m	1230	3200	3,92

Les masses d'azote sont donc relativement variables, surtout si on les considère en rapport avec le poids de la plante et le poids du fruit. De nombreuses expériences réalisées en culture hydroponique par Renée TISSEAU (17) en Côte d'Ivoire ont montré que la capacité d'absorption de l'azote est très grande. Au cours d'un cycle total de 44 semaines, la consommation d'azote a varié de 4,8 g à 13,3 g, lorsque la quantité d'azote offerte à la plante est passée de 5,5 g à 18,5 g, les rapports de l'azote avec les autres éléments restant constants, seuls la fréquence, le renouvellement et la concentration de la solution étant modifiés. Dernièrement, Renée TISSEAU a pu obtenir (19) des fruits de 1,74 kg et de bonne saveur avec une consommation réduite à 3,8 g d'azote.

Il semble donc qu'il soit possible d'améliorer fortement le "rendement" de l'azote par rapport au poids du fruit en agissant simplement sur la technique de la fumure azotée.

L'ananas étant cultivé plusieurs années successives sur le même sol, les exportations sont constituées par les fruits et les rejets car le reste de la plante est broyé sur place. Les exportations sont donc assez faibles. Elles ne constituent que le quart environ des immobilisations citées plus haut, soit 2 g en moyenne pour un fruit destiné à la conserverie.

En première approximation, les apports doivent compenser des "sorties". Selon J. GODEFROY (3) en Côte d'Ivoire, les pertes d'azote total par lixiviation représentent, dans une bananeraie, 55 p. cent des 360 à 500 kg/ha/an d'azote apporté au sol. C'est pourquoi on utilise la morphologie de l'ananas en plaçant les engrais sur les feuilles. Grâce à leur forme, elles peuvent collecter jusqu'à 80 ml d'eau. L'absorption des éléments nutritifs peut donc se faire directement par leur épiderme et par les racines axillaires qui sont à leur base. On peut alors court-circuiter partiellement le sol ... et ses nématodes (15).

Lors des apports sur les feuilles, une partie de l'azote (et d'une façon plus générale de l'engrais) tombe directement sur le sol ou bien est lessivé par les pluies avant d'avoir été absorbée. Pour chercher à limiter ces pertes, on a comparé les apports solides et en pulvérisations.

Tableau 4 - Comparaison de l'urée sous forme solide et en pulvérisations (10)

	Teneur en azote de la feuille D à l'hormonage à 6 mois 1/2 (%)	Poids moyen des fruits (en kg)
Urée solide	1,21	1,49
Urée en pulvérisations	1,33	1,53

Malgré la faible supériorité des pulvérisations dans cet essai (10), ce mode d'apport est le mieux adapté, car il permet une répartition plus régulière sur l'ensemble de la parcelle et le coût en est plus réduit. Avec un fractionnement suffisant, les besoins de la plante sont vraisemblablement satisfaits en grande partie par cette voie. A la limite, on peut considérer le sol comme un simple support, dont il convient cependant de maintenir l'équilibre.

Pour équilibrer ses pertes par exportation et par lixiviation, le sol ne peut compter que sur l'azote provenant de la fixation atmosphérique, des précipitations et de la sole précédente détruite sur place. La minéralisation de cette dernière pose quelques problèmes actuellement à l'étude. La matière végétale provenant essentiellement des feuilles de l'ananas a un rapport C/N de l'ordre de 50 et elle est riche en hydrates de carbone facilement dégradés.

CHRONOLOGIE DES BESOINS

● Besoins au stade végétatif

a) La courbe de croissance de l'ananas est une courbe en S typique, analogue à celle d'une réaction autocatalytique : la croissance relative est proportionnelle à la croissance restant possible jusqu'au maximum. La croissance est un phénomène quantitatif $\frac{dy}{y} = k (A - y) dy$

On peut donc admettre en première approximation qu'il existe une relation entre la croissance et les besoins en azote de l'ananas. Ceux-ci sont donc croissants. En culture sur solution, Renée TISSEAU (17) a montré que la courbe de consommation de l'azote a la même allure que celle de la croissance. D'autre part, au champ, des bilans successifs montrent bien la progression des immobilisations en azote par la plante (5).

Tableau 5 - Quantités d'azote contenues dans un plant (en g de N)

4 mois	8 mois	Récolte
2,04	6,97	8,15

Pendant les quatre premiers mois, la plante assimile moins de la moitié de ce qu'elle fixe pendant les quatre mois suivants et seulement le quart de ses immobilisations totales pendant un cycle.

b) Au début du cycle, dans la première partie du S de la courbe, la croissance est lente, et une déficience en azote aura des conséquences beaucoup plus faibles qu'en période de pleine croissance où un ralentissement temporaire aura un effet considérable sur l'évolution du poids de la feuille D et la longueur du cycle.

Les besoins en azote sont d'autant plus élevés que la croissance est plus active. Ils doivent aussi être satisfaits de façon plus impérative, car l'action sur la récolte y est plus importante.

● Influence du climat

La croissance maximum possible (ou croissance potentielle) est essentiellement fonction des conditions climatiques. A un même niveau de croissance (y) la croissance relative ($\frac{dy}{y}$) sera d'autant plus grande que le maximum possible (A) sera plus élevé en vertu de la relation citée plus haut. Ainsi, des plants de même poids situés dans des zones écologiques différentes, auront des besoins en azote différents. Ils seront par exemple plus grands au niveau de la mer dans des conditions climatiques favorables qu'en altitude où la lumière et la température auront une action limitante.

L'activité photosynthétique conditionne la nutrition azotée. L'équilibre glucides-protides joue un rôle fondamental dans la formation de la matière sèche.

● Nutrition azotée et traitement de floraison

La réussite des traitements de floraison est un facteur très important de la production. Des progrès spectaculaires (4) ont été réalisés récemment dans ce domaine en tenant compte des conditions climatiques au moment de l'application des produits florigènes et en régularisant la croissance par des apports fréquents d'éléments fertilisants. La répartition de la fumure azotée, principal facteur nutritionnel agissant sur la croissance est donc primordiale. C'est pourquoi on est souvent amené à faire un compromis, c'est-à-dire diminuer légèrement les apports d'azote à l'approche du traitement de floraison, pour obtenir à la fois un rendement maximum et une floraison très groupée.

● L'azote après la floraison

On a discuté longtemps du bien-fondé des applications d'azote après le traitement de floraison. Sans apport de ce type, l'assimilation de l'azote pendant cette période est faible (5), comme le montre un exemple précédent (cf. tableau 5) : 15 p. cent seulement de l'azote total de la plante est fixé. Par contre, en culture sur solution, Renée TISSEAU (17) a montré que la consommation d'azote pouvait rester constamment au maximum atteint au moment du traitement de floraison. Les possibilités d'absorption restent donc importantes : le problème est de savoir si on peut en tirer profit.

En fait, ce type d'apports ne peut se justifier que lorsque l'état nutritionnel a été insuffisant pendant la période végétative, notamment au moment du traitement de floraison. On peut alors compenser en partie le déficit.

Il convient cependant d'éviter les inconvénients dus à ce mode d'apport :

- appliqué pendant les deux mois qui suivent le début de la différenciation florale, l'azote agit sur la croissance du pédoncule rendant ainsi les fruits sensibles à la verse et par suite aux coups de soleil,
- appliqué à l'approche de la maturité du fruit, N n'a pas le temps d'agir sur le fruit, si ce n'est de développer des craquelures, mais il a une incidence sur le rendement en rejets ou permet de raccourcir le deuxième cycle.

La période favorable à de telles applications est donc limitée à environ deux mois.

Dans certaines conditions, comme en Côte d'Ivoire par exemple (20), ces apports ont un effet dépressif sur la qualité du fruit (tenue, jaune, brunissement interne, acidité).

BESOINS QUALITATIFS

Les principales formes utilisées sont : le sulfate d'ammoniaque, l'urée, l'ammonitrate et le phosphate d'ammoniaque.

En Côte d'Ivoire, l'urée a donné des résultats supérieurs au sulfate d'ammoniaque sur un sol acide de pH = 4,3. Pourtant un certain nombre de résultats antérieurs ont donné le résultat inverse. Selon certains auteurs, il serait préférable d'employer l'urée en début de cycle et l'ammonitrate ensuite.

Aux Antilles (Guadeloupe et Martinique) l'urée et l'ammonitrate ont donné des résultats équivalents en pulvérisations au niveau de la mer (16). Par contre en altitude (11) dans des conditions d'insolations relativement faibles, la comparaison est nettement en faveur de l'urée. Dans ce cas, l'index de coloration du feuillage utilisé aux fles Hawaii aurait fait prévoir le résultat inverse, car les feuilles du traitement ammonitrate étaient d'un vert plus intense, malgré des teneurs en azote total beaucoup plus faibles.

Tableau 6 - Comparaison Urée-Ammonitrate (11)

	Feuille D à 8 mois 1/2		Poids des fruits (en kg)
	Poids frais (en g)	Teneur en azote (%)	
Urée	84,8	1,15	1,674
Ammonitrate	80,1	0,79	1,435

ACTION DE L'AZOTE SUR LA QUALITE DU FRUIT ET SES CARACTERES MORPHOLOGIQUES

Cette action se résume dans le tableau suivant. Elle s'ajoute à celle des conditions climatiques.

Tableau 7 - Action de l'azote sur la qualité du fruit (1)

	Acidité	Extrait sec	Diamètre maximum (en cm)	Diamètre du pédoncule (en cm)	Poids moyen (en kg)
N0	7,77	12,6	11,7	2,51	1,22
N1 = 1,5 g	7,36	13,2	12,1	2,55	1,43
N2 = 3,0 g	6,93	13,1	12,4	2,72	1,54

On peut donc considérer qu'en général l'obtention d'un rendement élevé ne se fait pas aux dépens de la qualité. Cependant, dans le cas de fruits destinés à l'exportation en frais, une forte fumure azotée sous un climat chaud peut donner des fruits de poids moyen élevé mais très fragiles et de chair translucide. Il convient alors de diminuer les apports azotés pendant les deux mois qui précèdent le traitement de floraison.

EXEMPLE DE FUMURE AZOTEE PRATIQUEE

La fumure azotée doit donc être progressive pour s'adapter aux besoins de l'ananas. Elle diminue légèrement à l'approche du traitement de floraison pour éviter les inconvénients sur la réussite du traitement de floraison et la qualité du fruit, d'une nutrition azotée trop forte en fin de cycle. A la limite, on considère le sol comme un simple support.

Voici un exemple emprunté à la Martinique. Selon les conseils de C. PY (15), dans les régions d'altitude, la forte pluviosité provoque un lessivage intense et les pourritures de racines sont fréquentes. Le sol est riche en matière organique et pauvre en bases. La luminosité et les températures sont inférieures aux optima reconnus pour une croissance vigoureuse. Ces conditions nécessitent l'emploi d'une fumure complète avec tous les éléments majeurs et une couverture du sol (13).

Cet exemple s'applique à une production destinée à l'usine avec une densité de 50.000 pieds/ha, plantation en cayeux.

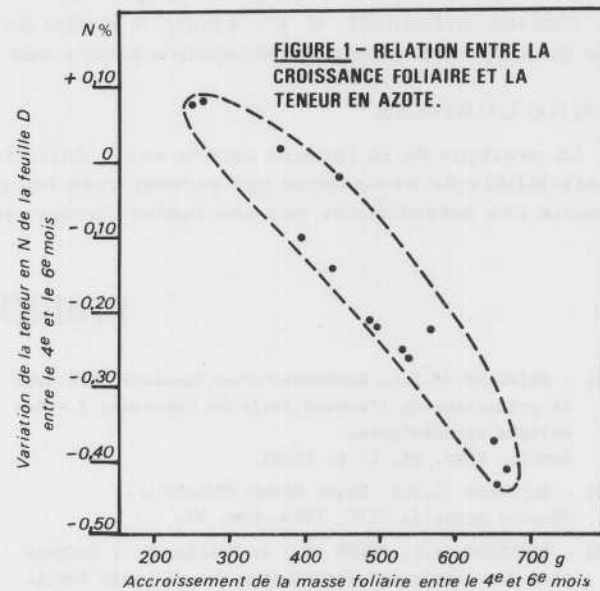
Tableau 8 - Exemples de fumure azotée en Martinique (en g par plante)

	A la plantation à l'emplacement des plants	Après plantation								Total
		1 mois	2 mois	3 mois	4 mois	5 mois	6 mois	7 mois	8 mois	
Pulvérisations	2,40	0,45	0,65	0,65	1,00	1,00	1,40	1,40	1,40	10,35
Engrais solides	2,40	1,92		3,74			3,08			11,14

DIAGNOSTICS DE LA NUTRITION AZOTEE

L'azote préside au premier chef au rythme de croissance de la plante. Les travaux de divers chercheurs dans différents pays n'ont pas mis en évidence de bonnes corrélations entre la teneur des feuilles et la réponse de la plante à des applications d'azote. C'est pourquoi, les chercheurs hawaïens préfèrent utiliser un index colorimétrique du feuillage. Mais on vient de voir (cf. plus haut) que cette méthode ne peut pas être appliquée à la comparaison de deux formes d'engrais.

La voie ouverte par P. MARTIN-PREVEL (9) qui a mis en évidence chez l'ananas un mécanisme de régulation analogue à l'équilibre de tallage chez le blé, nous paraît plus fructueuse. Lorsque la teneur en azote des feuilles D s'élève au-dessus d'une certaine valeur (environ 1,0 p. cent) l'ananas augmente sa croissance et tend à ramener la teneur des nouvelles feuilles D vers cette même valeur. Ainsi c'est la masse d'azote "au-dessus de l'équilibre de 1,0 p. cent dans la feuille D" qui assure la croissance de la masse végétale. Il y a une proportionnalité (constante négative) entre l'accroissement de la masse foliaire et les variations de teneur en azote de la feuille D au cours d'un intervalle de temps (fig. 1).



La teneur en azote de la feuille D permet donc de savoir si les besoins en azote sont satisfaits au niveau de croissance considéré (niveau à 1,0 p. cent). Elle ne permet pas d'affirmer que ces besoins seront toujours satisfaits et elle est insuffisante pour les calculer. Ceux-ci sont en effet fonction de la quantité d'azote utilisable pour la croissance (masse au-dessus de l'équilibre) par rapport à la masse nécessaire pour amener les plants au traitement de floraison. C'est pourquoi, le contenu en azote d'une feuille D, lorsqu'il est possible de déterminer son poids sec, permet une meilleure estimation de ces besoins.

ACTION DE L'AZOTE SUR LES AUTRES ELEMENTS

En conditionnant la croissance, l'azote détermine les besoins de la plante pour les autres éléments. Sur un sol pauvre et dans des conditions favorables à la croissance, une forte fumure azotée peut donc amener des déficiences en certains éléments indispensables. L'emploi d'une fumure équilibrée est donc nécessaire.

Les relations de l'azote avec le potassium peuvent cependant être différentes. Sur un sol riche en potasse, l'azote stimule la croissance, mais l'utilisation des réserves du sol est augmentée plus que proportionnellement. La quantité de matière végétale synthétisée est plus grande ainsi que sa richesse en potassium. De fortes fumures azotées peuvent donc épuiser rapidement un sol initialement riche en potasse.

Tableau 9 - Influence de l'azote sur la composition de la feuille D (7)
(en p. cent de matière sèche)

	sol riche en K ₂ O			sol pauvre en K ₂ O		
	N	K	P	N	K	P
N0	0,95	5,04	0,420	1,13	2,77	0,291
N1 = 1,5 g	1,26	5,31	0,283	1,37	2,27	0,192
N2 = 3,0 g	1,52	5,48	0,245	1,68	2,24	0,170

A l'inverse le potassium agit aussi sur la croissance. Il n'a que peu d'action sur la teneur en azote de la feuille D, mais il en modifie les besoins. Pendant les premiers mois de végétation, la déficience potassique, comme des conditions climatiques défavorables, limite l'assimilation de l'azote.

L'azote peut exercer un effet antagoniste marqué sur le phosphore, comme l'exprime également le tableau précédent. Il s'y ajoute à l'effet de dilution. La relation inverse est également vraie. De plus une déficience en phosphore amène une accumulation de l'azote (8).

CONCLUSIONS

La pratique de la fumure azotée reste difficile. Elle implique une connaissance approfondie des possibilités de croissance qui varient avec les conditions du milieu. L'azote permet d'exploiter au mieux ces potentialités par une fumure progressive régie par les relations azote-croissance.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) - GAILLARD (J.P.). Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. I - Résultats agronomiques.
Fruits, 1970, 25, 1, p. 11-24.
- (2) - GAILLARD (J.P.). Essai CAM-N-K20-68.1.
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 37.
- (3) - GODEFROY (J.), ROOSE (E.) et MULLER (M.). Estimation des pertes par lixiviation des éléments fertilisants dans un sol de bananeraie de basse Côte d'Ivoire.
Fruits, 1970, 25, 6, p. 403-423.
- (4) - GUYOT (A.) et PY (C.). La floraison contrôlée de l'ananas par l'Ethrel, nouveau régulateur de croissance (fin).
Fruits, 1970, 25, 6, p. 427-445.
- (5) - LACOEUILHE (J.J.) et MARCHAL (J.). Essai MR.68.0. Compléments au Doc. 57.
Réunion annuelle 1970, Doc. 57 bis.
- (6) - LACOEUILHE (J.J.) et GICQUIAUX (Y.). La nutrition en cations de l'ananas en Martinique.
Fruits, à paraître.
- (7) - MARCHAL (J.), MARTIN-PREVEL (P.), LACOEUILHE (J.J.) et LOSSOIS (P.). Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. II. Analyses foliaires.
Fruits, 1970, 25, 2, p. 87-95.
- (8) - MARCHAL (J.). Le phosphore chez l'ananas.
Fruits, à paraître.
- (9) - MARTIN-PREVEL (P.). Aperçu sur les relations croissance-nutrition minérale chez l'ananas.
Fruits, 1959, 14, 3, p. 101-122.
- (10) - MARTIN-PREVEL (P.), LACOEUILHE (J.J.) et MARCHAL (J.). Etude des analyses foliaires de l'essai CI-EN-1-63.
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 98.
- (11) - MOREAU (J.) et PY (C.). Résultats de l'essai ammonitrate urée (Guadeloupe).
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 46.
- (12) - PY (J.) et PELEGRIN (P.). Prévision de récolte en culture d'ananas.
Fruits, 1958, 13, 6, p. 243-251.
- (13) - PY (C.). Intérêt dans la culture de l'ananas en zone humide, d'une couverture du sol en polyéthylène.
Fruits, 1968, 23, 3, p. 139-148.
- (14) - PY (C.), LOSSOIS (P.) et KARAMKAM (M.). Contribution à l'étude du cycle de l'ananas.
Fruits, 1968, 23, 8, p. 403-413.
- (15) - PY (C.) et GICQUIAUX (Y.). La fumure de l'ananas aux Antilles françaises.
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 5.
- (16) - PY (C.) et Col. Résultats de l'essai MR.68.P. (Comparaison de différentes formes d'azote).
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 52.
- (17) - TISSEAU (Renée). Pratique des cultures hydroponiques d'ananas à la Station de l'Anguédédou.
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 9.
- (18) - TISSEAU (Renée). Symptômes de carences sur des plants d'ananas cultivés en hydroponique I. Carences totales et carences partielles en éléments majeurs.
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 73.
- (19) - TISSEAU (Renée). Nutrition des plants d'ananas en hydroponique. Contrôle et rationnement de la consommation en vue d'obtenir des fruits d'un poids donné.
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 93.
- (20) - TISSEAU (M.A.). Résultats agronomiques de l'essai "Répartition engrais" CI-EN.8.68.
Réunion annuelle IFAC, 1970, Doc. 51.