

Recherche analytique d'éléments majeurs et d'oligoéléments dans la banane, l'avocat, l'igname et l'attiéké de Côte d'Ivoire, par radioactivation avec des neutrons de 14 MeV.

A.A. KODIA, J.L. IRIGARAY et J. DEJOU*

RECHERCHE ANALYTIQUE D'ÉLEMENTS MAJEURS
ET D'OLIGOÉLEMENTS DANS LA BANANE, L'AVOCAT,
L'IGNAME ET L'ATTIEKE DE CÔTE D'IVOIRE,
PAR RADIOACTIVATION AVEC DES NEUTRONS DE 14 MeV

A.A. KODIA, J.L. IRIGARAY et J. DEJOU

Fruits, Dec. 1979, vol. 34, n° 12, p. 743-749

RESUME - Les auteurs ont cherché quel concours la méthode par activation des neutrons rapides pouvait apporter à la connaissance de la composition des aliments et de ce fait à la prévention des déséquilibres nutritionnels des populations. La masse d'éléments contenus dans un échantillon est déterminée en mesurant la radioactivité induite par une irradiation aux neutrons rapides. Dans ce travail, ont été analysés parmi les fruits : la banane dessert (*Musa sapientum*) de Côte d'Ivoire et du Cameroun, la banane à cuire (*Musa paradisiaca*) de Guadeloupe et de Côte d'Ivoire, l'avocat (*Persea gratissima* = *P. americana*) d'Israël et de Côte d'Ivoire, et parmi les tubercules : l'igname (*Dioscorea alata*) et le manioc (*Manihot utilisima*) sous sa forme d'attiéké, tous deux en provenance de Côte d'Ivoire. Les mesures ont concerné plusieurs macroéléments (K, P, Ca, Mg, Fe, Na, Cl) et deux oligo-éléments (Mn et Cu). Les résultats obtenus sont comparés avec ceux d'autres auteurs, et sont discutés en relation avec les causes possibles de variation.

INTRODUCTION

Dans certaines régions du monde, la malnutrition peut être attribuée à l'insuffisance de surfaces cultivables et à des rendements trop faibles. Dans d'autres, comme la Côte d'Ivoire, elle est surtout liée à la méconnaissance de la composition des denrées alimentaires, ce qui peut entraîner un déséquilibre physiologique.

Des organismes nationaux et internationaux, en accord avec les Ministères de l'Agriculture et de la Recherche de Côte d'Ivoire, étudient ces problèmes afin d'aider les nutritionnistes. Ainsi, l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) publie des tables de composition des aliments de toutes les régions du monde.

Pour apporter notre contribution à ces travaux, nous avons mis au point une méthode physique de dosage de macro-éléments et de quelques oligo-éléments contenus dans les produits tropicaux.

* - A.A. KODIA et J.L. IRIGARAY - Laboratoire de Physique corpusculaire associé à l'IN2P3, Université de Clermont II - B.P. 45 63170 AUBIERE (France)
J. DEJOU - INRA Domaine de Mon Désir - 12, avenue de l'Agriculture 63000 CLERMONT-FERRAND (France)

Divers moyens physiques et chimiques sont déjà utilisés pour ces déterminations, mais la technique par activation

aux neutrons de la MeV envisagée dans cette étude, présente certains avantages.

Elle permet en particulier :

- une analyse non destructive ;
- une grande sélectivité des éléments chimiques ;
- des examens analytiques précis, aussi bien de matériaux de faible volume que de ceux de volume important ;
- une meilleure rentabilisation d'une telle installation qui, initialement prévue pour des recherches de physique fondamentale, permet une utilisation intéressante pour des recherches de physique appliquée.

Nous allons présenter brièvement le principe de l'analyse par activation neutronique et décrire notre installation expérimentale. Nous analyserons ensuite les résultats obtenus dans une étude comparative.

ANALYSE PAR ACTIVATION NEUTRONIQUE

Principe.

Elle permet de déterminer la masse d'un élément particulier contenu dans un échantillon en mesurant la radioactivité induite par une irradiation avec des neutrons. Lorsque la particule incidente a une énergie très faible (ζ quelques eV) elle est capturée par un noyau atomique de l'élément recherché. Il se forme alors un isotope radioactif qui se désexcite en émettant des rayonnements. Cette désintégration se produit suivant un temps de décroissance et des énergies qui sont caractéristiques de l'élément. Connaissant ces caractéristiques, il est possible de déduire la nature de l'élément et le nombre des rayonnements émis étant proportionnel à la quantité de cet élément, on peut faire une mesure quantitative.

Lorsque la masse totale de l'échantillon est élevée, il est préférable d'utiliser des neutrons rapides car leur pouvoir de pénétration est plus grand que celui des neutrons thermiques. Ceux de 14,6 MeV que nous avons utilisés ici, peuvent provoquer des réactions nucléaires variées telles que (n, p), (n, α), (n, 2n), etc.

Les détecteurs actuels de rayonnements γ ont une excellente résolution en énergie et permettent de séparer des raies voisines pouvant provenir de plusieurs radio-isotopes formés. Notons cependant que l'analyse par activation n'est pas une méthode universelle car la capture d'un neutron par un noyau atomique ou la réaction nucléaire induite ne donne pas toujours un noyau radioactif mesurable.

L'analyse par activation neutronique peut être une méthode absolue. En pratique, on préfère utiliser une méthode relative en irradiant un échantillon et un étalon de composition bien connue. Dans nos expériences, nous avons placé les échantillons standards et les échantillons à étudier dans des tubes identiques en polyéthylène, ce matériau

s'activant très peu avec les neutrons. Ces tubes sont placés de la même manière, tout près de la source de neutrons. Ainsi l'influence de la géométrie de l'environnement et de l'auto-absorption est la même pour chaque échantillon.

Installation expérimentale.

Production des neutrons.

Nous disposons d'un accélérateur de particules, électrostatique, du type Sames. Il peut débiter au maximum 1 mA sous 300 kV. Cependant, pour des raisons de tension d'isolement et de protection, nous nous sommes limités dans ces expériences à 200 μ A sous 150 kV.

Des deutons produits par ionisation du deutérium dans une source d'ions, sont dirigés sous cette tension sur une cible de tritium. Il se produit la réaction nucléaire ${}^3\text{T}(d,n){}^4\text{He}$ qui permet de disposer de neutrons monoénergétiques de 14,6 MeV, avec un flux de 10^{10} n/4 π /s environ. Il est possible de thermaliser ces neutrons avec de la paraffine pour pouvoir travailler avec des neutrons thermiques. Nous avons voulu, dans un premier temps et dans le cadre de ce travail, n'utiliser que les neutrons rapides. La thermalisation exige une épaisseur de paraffine d'une vingtaine de centimètres : ce qui entraîne, par l'éloignement, une diminution du flux et donc de la sensibilité, compte tenu de la section efficace.

Contrôle du flux de neutrons.

Un détecteur sphérique en polyéthylène de 25 cm de diamètre, ayant en son centre un cristal de LiI(Eu), associé à un photomultiplicateur, détecte les neutrons rapides. Il est relié à une chaîne de comptage rapide située dans la salle de commande. Au fur et à mesure de l'usure de la cible, nous maintenons le flux neutronique constant en augmentant le courant de deutons.

Détection des rayons gamma.

Le mélange de nombreux éléments dans l'échantillon entraîne une émission de raies gamma qui peuvent être d'énergie voisine. Pour avoir une bonne séparation de ces pics d'énergie, nous avons utilisé un détecteur Ge(Li) de 54 cm³ alimenté sous - 1300 V et ayant une résolution de 3,5 keV à 1332 keV. Pour limiter le bruit de fond en particulier celui du pic à 1460 keV du potassium-40 contenu dans le mur environnant, nous avons fait un blindage du cristal avec du plomb spécial à faible radioactivité.

Sortie des données.

Les impulsions sont enregistrées dans un sélecteur à multicanaux. Les spectres peuvent être sortis sur une imprimante, une table traçante ou des rubans perforés. Nous avons mis au point des programmes permettant de lire ces rubans et de traiter les informations sur ordinateurs PDP 8 et PDP 10.

Protection contre les rayonnements.

La salle d'expérience se trouve à 5 m sous terre ; les murs sont construits avec du béton baryté. Des systèmes de sécurité et une signalisation lumineuse empêchent tout accès dans la zone active en cours d'irradiation.

**REACTIONS D'ANALYSE
ET SENSIBILITES EXPERIMENTALES**

Parmi les éléments minéraux majeurs de nos produits, nous avons dosé le calcium, le phosphore, le potassium, le magnésium, le fer et le sodium. Ce dernier élément étant souvent associé au chlore, celui-ci a également été analysé. Parmi les oligo-éléments, nous avons cherché le manganèse et le cuivre.

Diverses réactions nucléaires sont possibles énergétiquement avec les neutrons rapides sur ces noyaux (1).

L'efficacité de comptage du détecteur germanium-lithium décroît rapidement avec l'énergie des rayons gamma. Pour avoir une meilleure sensibilité par notre méthode, nous nous sommes limités aux pics d'énergie inférieure ou égale à 2 MeV.

Le tableau 1 donne les sensibilités des éléments recherchés dans nos produits en utilisant les réactions et les énergies gamma les plus favorables. En effet, d'après les mesures que nous avons faites sur des étalons, celles reproduites dans le tableau 1 donnent les meilleurs résultats pour la sensibilité et pour un écart-type relatif de 20 p. 100.

Ces conditions, bonnes pour les étalons, ne sont pas toujours les meilleures pour les denrées alimentaires. En effet, de nombreux radio-isotopes peuvent interférer sous le pic à 511 keV. Dans ce cas, on détermine la contribution de chaque radio-isotope par décroissance et la précision des résultats est entachée de l'erreur qu'entraîne cette méthode.

TABLEAU 1 - Sensibilités expérimentales obtenues avec le détecteur Ge(Li) de 54 cm³ et rapportées à un flux de 10⁹ n/cm².

Energie keV	Element	Période mn	Réaction	Nombre de coups par mg	Limite de détection	Sensibilité en µg pour un écart-type relatif de 20 %
511	phosphore	2,55	³¹ P(n,2n) ³⁰ P	360	90	250
1780		2,3	³¹ P(n,α) ²⁸ Al	500	55	104
511	potassium	7,75	³⁹ K(n,2n) ³⁸ K	450	118	262
1156	calcium	22	⁴⁴ Ca(n,p) ⁴⁴ K	154	200	1300
390	magnésium	1	²⁵ Mg(n,p) ²⁵ Na	49	45	918
511	chlore	32,4	³⁵ Cl(n,2n) ³⁴ mCl	481	250	520
1170		"	"	200	210	1050
439	sodium	0,63	²³ Na(n,p) ²³ Na	84	60	714
511	fer	8,9	⁵⁴ Fe(n,2n) ⁵³ Fe	121	84	694
1434	manganèse	3,76	⁵⁵ Mn(n,α) ⁵² V	33	30	909
511	cuivre	9,8	⁶³ Cu(n,2n) ⁶² Cu	73	30	400

Il faut remarquer que les sensibilités, indiquées dans le tableau 1 peuvent être améliorées en optimisant les temps d'irradiation et de comptage ainsi que le flux de neutrons.

PRODUITS TROPICAUX ANALYSES ET ELEMENTS CHIMIQUES DOSES

Fruits.

Parmi les fruits de Côte d'Ivoire, nous avons choisi la banane dessert (*Musa sapientum*), la banane à cuire ou banane plantain (*Musa paradisiaca*) et l'avocat (*Persea gratissima* - *P. americana*). Leur choix se justifie parce qu'ils représentent des produits de grande consommation dans ce pays.

De plus, nous avons fait une étude comparative avec des fruits de mêmes espèces provenant d'autres pays. A ce titre, nous avons étudié la banane dessert du Cameroun, la banane à cuire de Guadeloupe et l'avocat d'Israël.

Tubercules.

Nous avons choisi, d'une part, l'igname (*Dioscorea alata*) en nous intéressant plus spécialement à sa partie comestible qui entre très souvent dans l'alimentation, et d'autre part, le manioc (*Manihot utilissima*) en provenance de Côte d'Ivoire tout comme l'igname et qui est surtout consommé sous forme d'attiéké. Ce dernier est une semoule de consommation locale constituant l'aliment de base du sud du pays, principalement dans la région d'Abidjan. Il faut d'ailleurs souligner que, sa préparation comportant une fermentation, les données obtenues pour ce produit ne sont pas directe-

ment comparables à celles des autres sources. Cependant, peu étudié jusqu'ici, il nous a paru utile d'analyser cet élément afin de fournir des références aux nutritionnistes.

Éléments chimiques dosés.

Ils figurent dans le tableau 2. Pour chacun des éléments chimiques et dans chaque fruit et tubercule, une série de déterminations (8 à 10) a été effectuée. Elles ont permis le calcul de la moyenne et de l'écart-type (5).

DISCUSSION DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

Les tableaux 3 et 4 permettent de comparer divers résultats analytiques obtenus tant pour les macro-éléments que pour les oligo-éléments.

Ces comparaisons sont faites entre :

1. les données analytiques de la F.A.O. (1976), (2),
2. les tables Geigy (3),
3. Les tables de Mme RANDOIN (1976), (4),
4. nos résultats (1978), (5).

D'une façon générale, on constate des analogies étroites dans les résultats de chacun des éléments chimiques. Dans la banane dessert de la Côte d'Ivoire, la quantité de phosphore, de fer, de potassium, de calcium, de magnésium et de cuivre, ne varie que dans des limites très étroites.

Ceci est d'autant plus remarquable que les résultats concernant ce fruit ont été obtenus dans des régions différentes caractérisées par des types de sols et de climats variés. Il

TABLEAU 2 - Résultats des analyses de quelques produits tropicaux (moyenne \pm écart-type)

		Fruits						tubercules de Côte d'Ivoire	
		banane dessert (<i>Musa sapientum</i>)		banane à cuire (<i>Musa paradisiaca</i>)		avocat (<i>Persea gratissima</i>)		igname (<i>Dioscorea alata</i>)	manioc (<i>Manihot utilissima</i>) attiéké
		Cameroun	Côte d'Ivoire	Guadeloupe	Côte d'Ivoire	Israël	Côte d'Ivoire		
éléments majeurs en mg pour 100 g de matière comestible*	K	323 \pm 14	382 \pm 13	432 \pm 20	435 \pm 20	351 \pm 19	333 \pm 20	326 \pm 13	273 \pm 8
	P	32 \pm 2	30 \pm 4	42 \pm 4	43 \pm 1	46 \pm 1	47 \pm 4	40 \pm 1	45 \pm 1
	Ca	14 \pm 1	12 \pm 1	22 \pm 1	25 \pm 1	21 \pm 2	25 \pm 1	37 \pm 1	45 \pm 1
	Mg	37 \pm 4	35 \pm 2	40 \pm 1	38 \pm 1	38 \pm 1	34 \pm 1	24 \pm 1	23 \pm 1
	Cl	128 \pm 6	130 \pm 7	134 \pm 3	143 \pm 3	21 \pm 1	25 \pm 1	123 \pm 2	112 \pm 2
	Na	4 \pm 0,9	3 \pm 1	4,6 \pm 0,9	5 \pm 1	2,8 \pm 0,1	3 \pm 1	20 \pm 1	34 \pm 3
	Fe	0,8 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2	0,97 \pm 0,07	0,90 \pm 0,07	1 \pm 0,5	0,8 \pm 0,08	1,7 \pm 0,1	1,2 \pm 0,2
oligo-éléments en μ g pour 100 g de matière comestible	Mn	700 \pm 70	660 \pm 70	1370 \pm 300	1400 \pm 300	300 \pm 90	2400 \pm 700	2000 \pm 400	1000 \pm 100
	Cu	250 \pm 40	226 \pm 60	300 \pm 100	270 \pm 30	420 \pm 80	280 \pm 30	730 \pm 50	680 \pm 90

(*) Il s'agit de la pulpe dans le cas des bananes et avocats et du tubercule entier avec son cortex dans le cas de l'igname.

TABLEAU 3 - Analyses des fruits tropicaux.

Nom courant	nom scientifique	masse pour 100 g de matière comestible (cf. tableau 2)												
		éléments majeurs en mg								oligo-éléments en µg				
		Ca	P	Fe	Na	K	Mg	S	Cl	Mn	Zn	Co	Cu	1
banane dessert Côte d'Ivoire	<i>Musa sapientum</i> 1)	12	32	0,8	4	401	41			100	200	600	200	2
		2) 8	28	0,7	1	420	31	12	125	640			200	
		3) 11	28	0,6	3	380	35	12	100	800	230		200	
		4) 12	30	0,7	3	382	35		130	660			220	
banane dessert Cameroun	<i>Musa sapientum</i> 4)	14	32	0,8	4	323	37		128	700			250	
banane à cuire Côte d'Ivoire	<i>Musa paradisiaca</i> 1)	18	38	0,6										
		3) 11	31	0,6			35							
		4) 25	43	0,9	5	435	38		143	1400			270	
banane à cuire Guadeloupe	<i>Musa paradisiaca</i> 4)	22	42	0,9	4,7	432	40		134	1300			300	
avocat Côte d'Ivoire	<i>Persea gratissima</i> 1)	12	26	0,7	2	278	36			100			310	
		2) 10	42	0,6	3	340	30	25	10				400	
		3) 16	46	0,7	3	680	41	35	16				200	
		4) 25	47	0,8	3	333	34		25	2400			280	
avocat d'Israël	<i>Persea gratissima</i> 4)	21	46	1	2,8	351	38		21	300			420	

1) données analytiques de la FAO (1976) ; 2) tables Geigy (1972) ; 3) tables de Mme RANDOIN (1976) ;
4) nos résultats (1978).

apparaît ainsi une relative constance de composition pour les éléments cités.

Par contre, certains éléments présentent de nettes variations. Toujours dans cet exemple de la banane dessert de la Côte d'Ivoire, on constate que les teneurs en magnésium varient de 31 mg à 41 mg pour 100 g et que celles du manganèse prennent des valeurs comprises entre 0,1 mg et 0,8 mg pour 100 g de matière comestible.

On sait que les racines exercent des sélectivités positives et négatives dans l'absorption des éléments minéraux. Ainsi dans un essai implanté en 1975 en Limagne de Clermont-Ferrand, sur un sol à alcali riche en bicarbonate de sodium, les tiges, feuilles et graines du maïs soumis à l'expérience ne contiennent que des traces de cet élément (6).

Si on étudie maintenant les autres fruits, par exemple les avocats de Côte d'Ivoire et d'Israël qui correspondent à la même espèce végétale *Persea gratissima*, la composition en éléments minéraux varie dans des limites plus larges ; ceci est en particulier très notable pour le calcium, le potassium, le manganèse et le cuivre.

Ces différences - dans la mesure où les techniques de détermination ne sont pas en cause, ce qui fera l'objet de prochains travaux - peuvent être imputées à plusieurs motifs :

1. les écarts climatiques caractérisés par des précipitations annuelles inégales ayant une incidence directe sur la solubilisation de ces éléments contenus dans le sol ;
2. la nature du sol lui-même ; G. PEDRO (7) a indiqué des compositions moyennes en oligo-éléments qui varient en fonction de la pétrographie des roches et par conséquent des sols qui en sont dérivés ;
3. l'influence du système de culture. Il est certain que les pratiques culturales, plus ou moins affinées et en particulier la fertilisation interviennent pour modifier la composition chimique des aliments.
4. l'intensification de la culture. Elle peut déterminer des effets de dilution sur certains éléments, mais aussi de concentration sur d'autres. Le climat est également responsable de tels effets, non seulement parce qu'il provoque des solubilisations différentes, mais encore du fait de l'incidence de

TABLEAU 4 - Analyses de tubercules tropicaux.

nom courant	nom scientifique	Masse pour 100 g de matière comestible												
		éléments majeurs en mg								oligo-éléments en µg				
		Ca	P	Fe	Na	K	Mg	S	Cl	Mn	Zn	Co	Cu	
Igname Côte d'Ivoire	<i>Dioscorea alata</i> tubercule cru 4)	37	40	1,7	20	326	24			123	2000			730
Igname	<i>Dioscorea alata</i> et <i>D. aponica</i> tubercule cru 3)	24	27	0,2	30	225	50							
Igname	<i>Dioscorea alata</i> <i>Dioscorea luzo-</i> <i>nensis</i> tubercule cru 1)	36	28	1,1	12	397	20					1100	3	
	<i>Dioscorea escu-</i> <i>lenta</i> tubercule cru 1)	60	41	0,7	8	305								
		12	35	0,8	8	366								
Manioc Côte d'Ivoire	<i>Manihot attiéké</i> sec 4)	45	45	1,2	34	273	23			112	1000			680
Manioc amer	<i>Manihot utilissi-</i> <i>ma</i> séché 1) cru farine	96	81	7,9	1	288								
		26	32	0,9	2	394	4						4	
		84	37	1	11	926								
Manioc doux	<i>Manihot dulcis</i> séché 1) cru	121	118											
		40	34	1,4										
Manioc amer	<i>Manihot utilissi-</i> <i>ma</i> cru 3) bâton de manioc tapioca	25	30	1,2										
		44	46	1,7										
		12	12	1					4	16				

l'hygrométrie et de la température sur les croissances souterraine et aérienne et le fonctionnement racinaire. Par exemple une poussée aérienne rapide peut entraîner une dilution.

5. l'influence variétale. Son rôle est également très important et les variations accusées de la composition des avocats récoltés en Côte d'Ivoire s'expliquent peut-être par des différences variétales.

Ces données analytiques traduisent le métabolisme spécifique de chacune des espèces. Par exemple, le *Dioscorea alata* contient une teneur en calcium intermédiaire entre celle du *Dioscorea luzonensis* et du *Dioscorea esculenta*; cependant, cette même espèce a une teneur en potassium

plus faible que les deux autres sous réserve que ces résultats aient été acquis sur des sols de composition voisine, sous un climat identique et avec les mêmes soins culturaux. Il en est de même pour le manioc amer et le manioc doux pour les éléments calcium et phosphore. On observe aussi que les tubercules renferment plus de cuivre que les fruits. Ce résultat se retrouve parfois chez les végétaux des zones tempérées; en particulier, dans les plantes fourragères, Y. COIC (8) a montré que les racines contiennent plus de cuivre que les parties aériennes.

CONCLUSION

La méthode d'activation aux neutrons rapides nous a

permis de doser un assez grand nombre d'éléments chimiques : phosphore, potassium, magnésium, calcium, fer, cuivre, manganèse, etc. La sensibilité, la reproductibilité et la précision des résultats sont suffisantes pour les éléments les plus représentés dans la plante. Néanmoins, pour certains d'entre eux qui n'existent qu'à l'état de trace comme le molybdène, le sélénium, le rubidium, etc., il serait nécessaire de compléter ces mesures par des irradiations auprès de réacteurs à neutrons thermiques. Une amélioration de la précision est concevable en augmentant le courant de deutons de l'accélérateur et en installant un détecteur Ge(Li) de plus grand volume.

L'étude que nous avons menée sur les fruits et tubercules

est susceptible d'être élargie à l'ensemble de la plante. Il serait utile notamment de rechercher les interférences existant entre la nature des sols, les données climatologiques et la composition des produits tropicaux. De même, il serait important d'étudier le rôle de certains oligo-éléments dans la synthèse des principes actifs de plantes médicinales d'Afrique. Néanmoins, ces quelques données préliminaires peuvent constituer des jalons afin d'accroître l'efficacité des travaux menés par les spécialistes de la nutrition minérale et de la sélection des plantes tropicales, mais aussi des nutritionnistes et pharmacologistes, grâce aux services qu'une méthode d'analyse sûre, rapide et polyvalente peut leur prêter.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. U.C.R.L.
«Threshold of neutron induced reactions».
14000 Livermore, California (1964).
2. F.A.O.
«Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique».
Rome (1976).
3. DIEM (K.) et LENTNER (C.).
«Table scientifique Geigy».
Lab. Geigy, 92505 Rueil Malmaison (1972).
4. RANDOIN (L.), LE GALLIC (P.), DUPUIS (Y.) et BERNARDIN (A.).
«Table de composition des aliments».
Jacques Lanore Ed., Paris (1976).
5. KODIA (A.A.).
Thèse de 3e cycle n° 559, Université de Clermont II, (1978).
6. DEJOU (J.).
«Les salins de Limagne». Aperçu pédologique et premiers résultats expérimentaux.
INRA de Clermont-Ferrand, Rapport interne (1975).
7. PEDRO (G.) et DELMAS (A.B.).
«Les principes géochimiques de la distribution des éléments-traces dans les sols».
Ann. Agro., vol. 21, n° 5, 483-518 (1970).
8. COIC (Y.), LESSAINT (C.), CHOLET (Y.).
C.R. Acad. Agr. France, 1162-1171. (1974).

