

# CONTRIBUTION A L'ÉTUDE CHIMIQUE DES MILS ET DES SORGHOS

ÉTUDE DE L'INFLUENCE DES FACTEURS VARIÉTAUX ET ÉCOLOGIQUES  
SUR LA COMPOSITION EN AMINO-ACIDES DU MIL *Pennisetum*  
ET DU SORGHO

F. BUSSON, P. LUNVEN  
M. LANZA, R. AQUARON  
A. GAYTE-SORBIER

Laboratoire de Recherches Biochimiques  
du Service de Santé des Troupes de Marine  
Parc du Pharo, Marseille (7<sup>e</sup>)

par

M. BONO

Maître de Recherches à l'ORSTOM  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales  
et des Cultures Vivrières - Bambey (Sénégal)

## INTRODUCTION

Le mil *Pennisetum* et le sorgho sont deux céréales très répandues dans la zone Soudano-Sahélienne. Au Sénégal, par exemple, elles couvrent annuellement de l'ordre de 700.000 hectares, c'est-à-dire une superficie presque égale à celle consacrée à l'arachide.

Eu égard à l'importance de ces espèces, le Centre de Recherches Agronomiques de Bambey leur consacre nécessairement une grande partie de ses activités. Parmi ces dernières, celles qui nous intéressent dans le cas présent concernent l'amélioration variétale et le milieu.

ADRIAN et SAYERSE ont déjà publié un remarquable travail d'ensemble sur les mils et sorghos, où cet aspect du problème, entre autres, a été abordé (1).

L'amélioration variétale vise à l'obtention de sélections dont, non seulement la production hectare, mais aussi la qualité du grain doivent être supérieures à celles que l'on trouve chez les variétés ou populations locales non améliorées.

Par ailleurs, des études, qui se poursuivent sur le milieu, doivent nous permettre de savoir, plus précisément et plus complètement, comment ce dernier peut agir sur la plante en général et la composition du grain en particulier.

Ces objectifs ont nécessité des analyses, qui ont porté essentiellement sur la teneur en protéines du grain prélevé dans les essais comparatifs variétaux ou dans les essais de fumure.

Les éléments que nous possédons à ce jour nous ont permis de vérifier :

a) Des différences très sensibles entre variétés ou types botaniques divers d'une même espèce (4), à l'issue d'essais comparatifs conduits statistiquement.

Le tableau suivant illustre pour le sorgho les différences que l'on peut trouver entre divers types botaniques et la variation de teneur chez la même variété en fonction du sol, de l'année. On remarquera que dans les trois séries d'analyses, les variétés se classent sensiblement dans le même ordre.

INFLUENCE DE LA VARIÉTÉ ET DU SOL SUR LA TENEUR EN PROTÉINES

Variétés	Sol fumé		Sol non fumé
	Analyse Pharo 1960	Analyse Bambey 1957	Analyse Bambey 1959
54-28 .....	16,90 % Ms*	14,40 % Ms*	12,17 % Ms*
54-3 .....	16,10	13,95	—
50-55 .....	16,10	14,20	—
50-5 .....	15,50	13,88	—
AS-18 H .....	14,00	11,80	10,95
51-63 .....	13,80	12,67	—
Congossane .....	13,20	10,20	10,63
51-50 .....	11,50	—	9,05

\* Coefficient : 5,83.

b) Une action très nette et assez complexe du milieu.

Cette action du milieu peut se traduire de deux manières :

augmentation de la quantité de protéines totale, produite à l'hectare par suite de l'augmentation du rendement/hectare dû à la fumure ;  
augmentation de la teneur en azote dans la graine elle-même.

Nous avons vu plus haut que l'on pouvait donner des échelles différentes de la variation du taux de protéines chez les sorghos, en fonction de la nature du milieu où ces plantes avaient évolué. Mais cela n'implique pas nécessairement que le grain récolté sur un sol plus riche ait une plus forte teneur que celui récolté sur un sol non amélioré. En effet, des études récentes faites au CRA de Bambey (20) ont confirmé des résultats obtenus ailleurs (7) sur d'autres céréales, à savoir que la teneur en azote du grain était essentiellement fonction des variations de la nutrition azotée au cours du cycle végétatif de la plante :

1) L'azote prélevé en quantité satisfaisante au début de la végétation favorise le développement végétatif, dont l'une des manifestations sera un fort tallage, d'où un plus grand nombre d'épis ou panicules et, par suite, un meilleur rendement.

Si l'azote vient à manquer en fin de cycle (lessivage ou autre facteur), l'alimentation azotée du grain sera gênée. Inversement, une alimentation en azote généreuse jusqu'à la fin du cycle végétatif entraînera un bon rendement et une meilleure teneur du grain en protéines.

2) Par ailleurs, une nutrition azotée, déficitaire en début de végétation mais améliorée en fin de cycle, peut fournir, malgré un faible rendement, une teneur élevée en protéines dans la graine. C'est ainsi que, dans un essai, nous avons eu des parcelles témoins à faible rendement qui ont produit un grain de qualité supérieure à celui récolté sur parcelles fumées, dont le rendement était beaucoup plus fort (21).

Ces considérations nous amènent à conclure qu'une analyse occasionnelle du grain pourra nous donner une idée valable des écarts possibles entre types variétaux ou botaniques différents, mais ne saurait nous préciser la teneur en protéines réelle de chacune de ces variétés. Cette dernière ne pourra être obtenue que par suite d'analyses répétées dans l'espace et dans le temps.

\*  
\* \* \*

Les influences :

de la variété ou du type botanique à l'intérieur de la même espèce,  
du milieu,

sur la teneur en protéines de la graine sont connues depuis longtemps.

Cependant, certains auteurs pensent que le type variétal et les conditions écologiques peuvent agir, non seulement sur la quantité d'azote de la graine, mais aussi sur le rapport respectif des différents amino-acides dans les édifices protidiques ou encore sur le rapport de ces édifices protidiques entre eux.

De nombreux travaux ont déjà été effectués pour éclairer le problème, mais avec, jusqu'à présent, des résultats contradictoires. La plupart des études ont porté sur le dosage microbiologique des huit ou dix amino-acides essentiels ; parmi ces études, relevons notamment celles de MILLER sur le blé (13), de FREY sur l'avoine (11), de FLYNN sur le maïs (10), de SCHUPHAN sur l'orge (17).

Ils font ressortir des variations des taux de divers amino-acides, exprimés en p. 100 de « protéine brute », en fonction des facteurs écologiques ou génétiques. D'autres auteurs, au contraire, tels que Bono (3) qui étudia l'influence de la fumure azotée sur la composition des protéines du grain de blé, n'observèrent, dans la limite de précision des méthodes, aucune variation notable.

Il a paru intéressant, aux auteurs du présent travail, de participer au débat par des analyses faites sur du matériel végétal prélevé dans des essais agronomiques du CRA Bambey, Sénégal, analyses exécutées à l'aide des techniques les plus modernes et les plus précises

## I. MATÉRIEL ET MÉTHODES AGRONOMIQUES

### A) Mil *Pennisetum*.

#### 1) INFLUENCE DU MILIEU.

L'amélioration variétale du mil *Pennisetum* implique, pour le CRA Bambey, l'essai pendant plusieurs années de populations sélectionnées non seulement dans son enceinte, mais aussi chez le cultivateur, où les conditions de milieu peuvent être différentes.

Il importe, en effet, de déterminer celles des populations sélectionnées, qui donneront satisfaction au paysan africain tant par leur rendement que par leurs qualités gustatives et nutritives.

Pour étudier l'influence éventuelle du milieu, les semences analysées par les Laboratoires du Pharo ont été prélevées, pour la même population de *Pennisetum*, dans des récoltes d'essais comparatifs de rendement, établis à Bambey et hors Bambey, pendant la campagne 1960.

Ces essais de rendement étaient conduits à l'aide de dispositifs statistiques; ils ont donc permis, dans le cas qui nous préoccupe, de faire un échantillonnage valable des récoltes à analyser :

A Bambey, le dispositif de l'essai était un triple treillis rectangulaire.

Hors Bambey, le dispositif des essais était le double carré latin.

a) Le matériel végétal utilisé dans ces essais appartenait au type *Pennisetum pynostachyum* :

amélioré : populations Bambey PC 19, PC 25, PC 14, PC 07, PC 10, PC 06, PC 03, PC 01,

non amélioré : témoins locaux.

#### b) Conditions écologiques.

Le matériel végétal analysé provenait de trois points différents : Bambey, Lambaye (15 km de Bambey), Takhoum (près de M'Bour à 100 km de Bambey).

#### 1) Pluviométrie :

Le régime est sensiblement le même à Lambaye et Bambey (650 à 700 mm), plus élevé à Takhoum (800 à 900 mm).

#### 2) Nature pédologique des sols.

### Takhoum-Lambaye.

#### 1) INFLUENCE DU SOL.

La composition des sols est sensiblement la même à Lambaye et Takhoum. Nous donnons, à titre documentaire, leurs caractéristiques dans le tableau de la page suivante :

Il s'agit de deux sols ferrugineux tropicaux lessivés, dénommés Dior, caractérisés par leur nature texturale très sableuse, moins de 10 % (argile + limon). Il s'ensuit une valeur très faible de la capacité d'échange de tous les éléments minéraux et une faible capacité de rétention vis-à-vis de l'eau également\*.

Ces deux sols ne sont pas très différents et d'une pauvreté sensiblement égale, entretenue par l'absence : de fumure, de rotation culturale.

Si la composition physique du sol de Bambey, où ont eu lieu les prélèvements, est sensiblement la même que celle des précédents, sa fertilité, par contre, est incomparablement supérieure.

\* Ces renseignements nous ont été communiqués par M. CHARREAU, pédologue au CRA BAMBEY.

En effet, ce sol reçoit chaque année 10 tonnes de fumier à l'hectare (sur la sole mil-sorgho) et il est soumis à une rotation régulière arachide-mil ou sorgho-jachère. Il présente certainement, par rapport aux précédents, un relèvement général du taux de fertilité, tant en ce qui concerne la matière organique (carbone, azote) que les cations échangeables et le phosphore.

ANALYSE DES SOLS OÙ ONT ÉTÉ CULTIVÉS LES *Pennisetum* ET LES *Sorghum*

		Echantillons Takhoum			Lambaye
		P1	P2	P3	P1
Profondeur cm		0-20	50	100	0-20
Carbone	Total %	1,44	1,05	1,05	1,70
	Minéralisable ppm				
Azote	Total %	0,13	0,12	0,12	0,20
	Nitrifiable ppm				
	Minéral ppm				
Humus	C/N	11	9	9	9
	Total %	0,60	0,28	0,24	
	Soluble %	0,36	0,24	0,20	
	Précipitable %	0,24	0,04	0,04	
Complexe absorbant	Ca mé/kg	8,4	7,4	6,8	4,0
	Mg mé/kg	2,6	1,4	0,8	2,0
	K mé/kg	0,6	0,2	0,3	0,9
	Na mé/kg	10,7	0,8	0,8	0,1
	S mé/kg	12,3	9,8	8,7	7,0
	T mé/kg	20,6	18,0	20,6	31,2
	V = S/T	60	54	42	22
pH	Pâte				
	Suspension 1/2,5	6,4	5,7	5,6	5,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total %	0,11	0,06	0,06	0,05
	Assimilable ppm				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Total %				
	Libre %				
Cations totaux	Ca mé/kg	35,0	30,5	30,0	11,6
	Mg mé/kg	6,0	1,4	0,8	11,6
	K mé/kg	2,4	1,4	1,5	4,3
	Na mé/kg	0,7	0,4	0,3	4,3
	Somme mé/kg	44,1	33,7	32,6	31,8
Humidité au champ %					
Terre fine %		100,0	100,0	100,0	100,0
Calcaire	Total %	0	0	0	0
	Actif %				
Extrait aqueux 1/5	CE 25° Mhos 10 <sup>-6</sup> /cm	23	6	12	
	Gypse	0	0	0	
Humidité aux différents pF	pF 3,0	2,9	4,0	3,9	4,0
	pF 4,2				
Perméabilité	Test filtration cm/h				
	Mat. organique %	0,2	0,2	0,2	0,3
Granulométrie	Arg. + limon %	4,5	8,0	8,5	6,0
	Argile %		7,5	8,5	
	Limon %	0,0	0,5	0,0	
	Sables fins %	67,3	69,7	69,2	
	Sables grossiers %	28,0	22,1	22,1	

Le tableau suivant dans lequel est portée la moyenne des rendements/hectare pour des populations cultivées, la même année, à Bambey et Lambaye, Bambey et Takhoum, Bambey-Lambaye-Takhoum, donnera une idée de l'influence que peut avoir la fertilité du sol :

931 kg Bambey	539 kg Takhoum	365 kg Lambaye
------------------	-------------------	-------------------

## 2) INFLUENCE DU MATÉRIEL VÉGÉTAL.

Le matériel végétal prélevé dans les essais appartenait au type *P. pycnostachyum*, appelé au Sénégal « Sanio ».

Nous avons, par curiosité, analysé également des graines appartenant au type *gambiense-nigritarum* appelé « Souna » au Sénégal et groupant des populations hâtives, alors que les « Sanios » sont tous tardifs. L'échantillon traité provenait de la PC 28 cultivée sur le CRA de Bambey.

## B) Sorgho.

Les considérations qui ont guidé le choix des échantillons de sorghos n'ont pas été les mêmes. Nous avons voulu voir éventuellement s'il y avait des différences entre des sorghos appartenant à des types botaniques très différents.

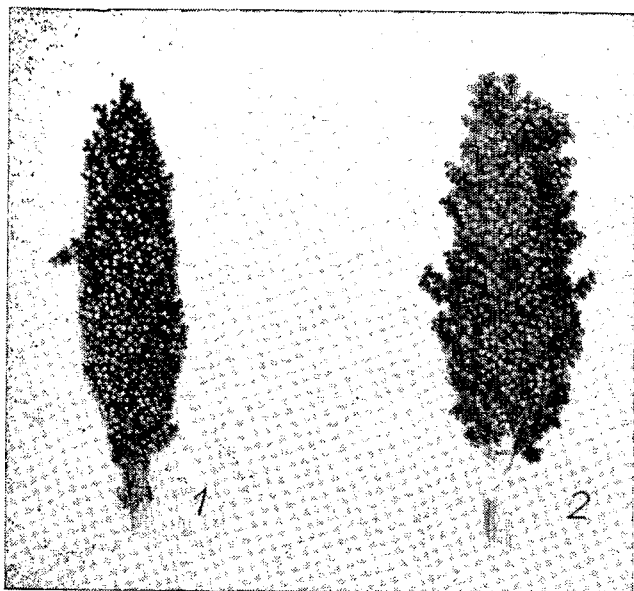
### 1) ECHANTILLONNAGE.

Afin d'avoir un échantillon moyen, les prises ont été faites dans le mélange de la récolte de tous les pieds de la ligne en collection d'une même variété.



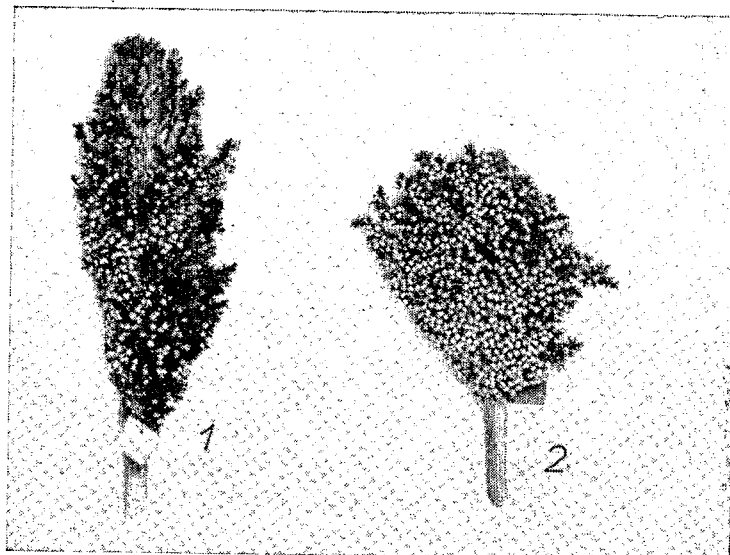
### GUINEENSIA

- |                         |                            |                         |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1) <i>S. guineense</i>  | 2) <i>S. margaritifera</i> | 3) <i>S. conspicuum</i> |
| 4) <i>S. Roxburghii</i> | 5) <i>S. gambicum</i>      | 6) <i>S. exsertum</i>   |



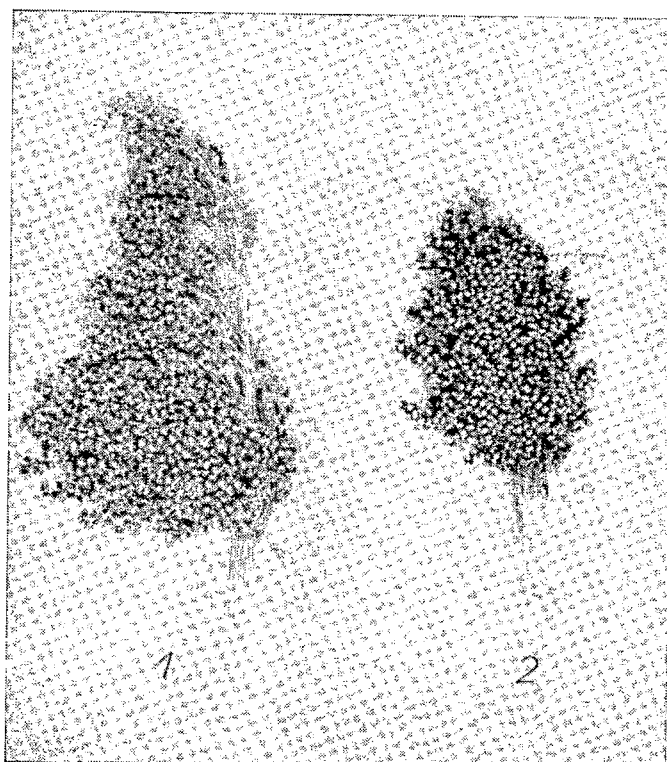
*BICOLORIA*

1) et 2) *S. notabile*



*CAFFRA*

1) et 2) *S. caudatum*



*DURRA*

1) *S. durra*

1) *S. cernuum*

## 2) MATÉRIEL VÉGÉTAL.

Les sorghos appartenaient, selon la classification de SNOWDEN, aux types et groupes indiqués ci-dessus.

Les divers types présentent entre eux des caractéristiques botaniques très différentes. Ces sorghos sont tous originaires d'Afrique et, notamment, du Sénégal, d'Afrique du Sud et du Tchad.

## 3) CONDITIONS ÉCOLOGIQUES.

Ces sorghos ont été cultivés au CRA de Bambey sur sol amélioré par :

- la rotation arachide-mil-jachère,
- des apports annuels de fumier,

ayant les mêmes caractéristiques que celui dont il a été question plus haut pour le mil *Pennisetum*.

\*  
\* \*

En résumé, la façon dont nous avons procédé au prélèvement des échantillons, analysés par les Laboratoires de Recherche du Pharo, avait pour but de faire intervenir plusieurs facteurs dont nous avons voulu étudier l'influence éventuelle :

### 1) Matériel végétal appartenant à :

- a) des espèces différentes,
- b) un même type botanique à l'intérieur de l'espèce :  
sélectionné,  
non sélectionné,
- c) des types botaniques différents dans la même espèce.

### 2) Milieu.

Conditions écologiques différentes :

- pluviométrie,
- fertilité du sol.

## II. MÉTHODES D'ANALYSE

Comme nous l'avons indiqué en sous-titre au début de la présente publication, notre travail a consisté à déterminer et à doser les amino-acides dans les divers échantillons en question. Si le problème de l'influence des facteurs génétiques et écologiques sur la composition en amino-acides a donné lieu à tant de controverses, contrairement aux autres éléments chimiques de ces mêmes végétaux, c'est que l'on ne disposait pas jusqu'à présent, pour le trancher, de méthodes suffisamment précises.

Il existe, en effet, quatre groupes de techniques de dosage des acides aminés (5), soit, par ordre chronologique d'ancienneté : les méthodes chimiques, enzymatiques, microbiologiques et enfin, physico-chimiques.

Les **méthodes chimiques**, malgré les perfectionnements apportés par GENEVOIS et son école (19) ont leur utilisation limitée à quelques amino-acides et nécessitent l'isolement préalable des protides du milieu naturel qui les contient : travail considérable, pratiquement impossible à réaliser d'une manière quantitative; c'est là un inconvénient majeur pour le nutritionniste, qui doit connaître dans son intégrité le taux des acides aminés libres ou combinés existant dans un aliment déterminé.

Les **méthodes enzymatiques** ont également une application très limitée. C'est en appliquant les méthodes microbiologiques, que l'on a pu déterminer, pour la première fois, des relevés assez complets de la composition en acides aminés de milieux complexes naturels tels que les aliments, surtout en ce qui concerne les amino-acides dits exogènes ou indispensables. Toujours utilisées depuis vingt ans environ, elles sont sujettes à caution quant à leur précision : la phénylalanine, par exemple, est essentielle pour la croissance de *L. arabinosus* à 37°C, alors qu'à 35°C elle ne l'est plus; isoleucine et leucine sont toujours surévaluées par rapport aux chiffres donnés par les autres méthodes.

Un milieu aussi complexe qu'un hydrolysate de matière végétale brute peut, enfin, contenir des activateurs ou des inhibiteurs pour le micro-organisme utilisé.

La grande nouveauté apportée par les méthodes physico-chimiques consiste essentiellement dans la chromatographie sur papier et sur colonnes.

La chromatographie sur papier a été utilisée il y a quelques années et est encore employée pour la détermination qualitative et quantitative des amino-acides. On l'a appliquée à l'analyse des aliments après dessalage des hydrolysats; trop connue pour être détaillée à nouveau ici, elle a dû céder la place à la chromatographie sur colonnes dans ses diverses techniques publiées par MOORE et STEIN, celles-ci donnant, à la fois, l'analyse qualitative et quantitative de presque tous les amino-acides, à de rares exceptions près, avec une précision inégalée, surtout dans sa dernière version automatique selon MOORE, SPACKMAN, STEIN (14).

C'est la première fois que cette technique automatique est utilisée pour l'étude chimique des mils et sorghos.

Avant d'en donner le schéma général, il est bon de rappeler le principe fondamental de la séparation des amino-acides sur l'Amberlite IR 120 :

Quand un amino-acide est placé sur une colonne du sel sodique de résine polysulfonique, dans des conditions déterminées, il se produit un phénomène d'échange d'ions : la résine polysulfonique est un échangeur de cations possédant des groupes sulfoniques chargés négativement; la molécule d'acide amino se fixe sur la résine par forces ioniques essentiellement, grâce à ses amino-groupes chargés positivement. La réaction est réversible et un équilibre a lieu. La quantité d'acide amino fixée, relativement à celle restant en solution, est définie par un coefficient  $K$  variable avec chaque amino-acide.

Au fur et à mesure que la solution d'acide amino traverse la colonne, l'équilibre, établi d'abord en chaque point, est détruit constamment et la vitesse avec laquelle la zone de chaque amino-acide se déplace individuellement au long de la colonne dépend du coefficient de distribution  $K$ , pourvu que les grains de résine soient suffisamment petits relativement à la vitesse d'éluion du tampon, afin que l'équilibre puisse s'établir avant de se détruire.

La séparation est conditionnée par la composition chimique de la résine, la grosseur de ses grains, leur porosité (degré de « cross-linking »), le diamètre et la longueur de la colonne, la nature de l'acide amino, le pH, la force ionique et la vitesse de passage du tampon éluant, ainsi que la température de l'opération.

Si la capacité de la résine n'est pas dépassée et si toutes les conditions voulues sont réalisées, chaque amino-acide de l'échantillon se déplace le long de la colonne en une zone individuelle séparée des autres et émerge de la colonne complètement individualisé. La méthode est extrêmement souple et en faisant varier la longueur de la colonne, le pH du tampon par gradients insensibles ou paliers nets, la température de l'opération, on arrive à résoudre la plupart des interférences possibles entre zones d'émergence.

## A) Hydrolyse.

Dans les hydrolysats destinés à l'analyse microbiologique, la dissociation totale des protéines n'est pas nécessaire, les souches employées étant capables d'utiliser les amino-acides des petits peptides; il n'en va pas de même pour les dosages chromatographiques, où l'hydrolyse préalable doit être portée à son stade ultime.

Après pulvérisation soignée et homogénéisation poussée de la poudre au mélangeur, suivies d'un dosage de l'azote total par la méthode de KJELDAHL, l'hydrolyse a été effectuée en milieu acide fort (azéotrope ClH 5,7 N), selon la méthode de SCHRAM (15) en chauffant au bain d'huile vers 135° et pendant vingt-quatre heures une prise d'essai correspondant à 8 mg d'azote dans 200 ml de ClH.

La grande quantité de ClH utilisée diminue la formation d'humines comme l'ont montré JACOBSEN (12), STEIN, MOORE (18) et ADRIAN (2); l'hydrolyse reste, en effet, un point crucial des différentes techniques de dosage des acides aminés des protéines « végétales », par suite de la présence concomitante de glucides : par interaction avec les glucides, le plus généralement, certains acides aminés se détruisent plus rapidement que d'autres et leurs taux dans l'hydrolysate baissent nettement avec l'augmentation de la durée de l'hydrolyse; on voit, au contraire, augmenter alors le taux d'autres acides aminés — c'est le cas constant de la valine, par exemple — dans les mêmes



conditions. Leur libération lente et progressive l'emporte alors sur la destruction. Entre ces deux extrêmes, on trouve des combinaisons intermédiaires, où les taux augmentent d'abord pour décroître ensuite, donnant en représentation graphique une courbe en cloche. Une bonne analyse devrait donc être effectuée sur des hydrolysats de vingt-quatre, quarante-huit, soixante-douze et quatre-vingt-seize heures pour un même échantillon; dans les deux derniers cas envisagés plus haut, le taux le plus élevé d'amino-acides serait seul retenu; dans le premier, une extrapolation au temps zéro correspondrait le mieux à la réalité.

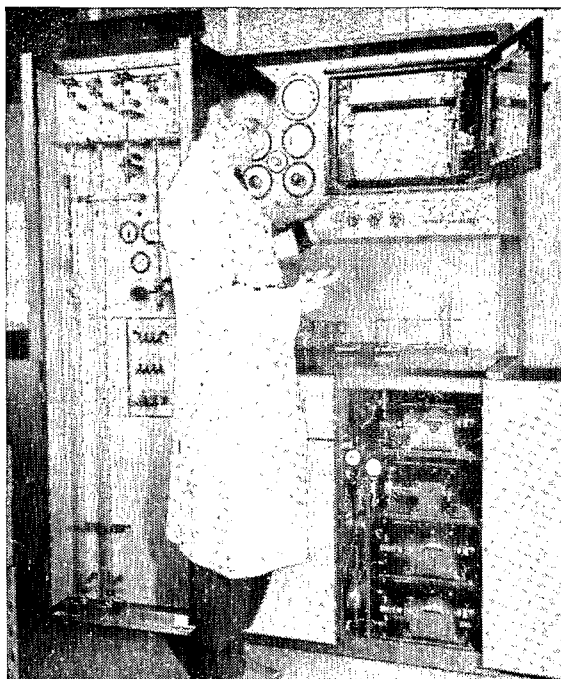
Comme nous avons à comparer du matériel végétal très proche au point de vue systématique, nous n'avons opéré que des hydrolyses de vingt-quatre heures (deux par échantillon). Il faut dire, par ailleurs, que les résultats obtenus par hydrolyses différentielles dans le temps et hydrolyses de vingt-quatre heures donnent des résultats très peu différents.

Les hydrolysats obtenus ont été filtrés sur verre fritté, afin de séparer les humines. Filtrats et eaux de lavage sont, ensuite, concentrés séparément, presque à sec, dans un évaporateur du type décrit par CRAIG (9) et le résidu recueilli quantitativement, pour chaque échantillon, dans une fiole jaugée de 10 ml.

Nous avons dosé la cystine sous forme d'acide cystéique après oxydation performique, selon SCHRAM (16), en utilisant, pour la chromatographie, une colonne d'Amberlite IR 120 CG II de 60 cm de long, afin de séparer nettement l'acide cystéique non retenu sur la colonne des matières colorées de l'hydrolysat. Le tryptophane, enfin, détruit totalement au cours de l'hydrolyse acide, est dosé, après hydrolyse alcaline, par chromatographie sur Amberlite IR 120 selon une méthode mise au point en notre laboratoire et non encore publiée.

## B) Chromatographie.

Nous avons effectué la chromatographie, comme indiqué plus haut, selon la technique de MOORE, SPACKMAN et STEIN et à l'aide de l'appareil automatique Beckman Spinco.



Appareil automatique à doser les acides aminés.

Une quantité d'hydrolysat correspondant à 0,24 mg d'azote est déposée, dans des conditions déterminées, sur une colonne de 15 cm d'Amberlite CG 120, à particules de diamètre moyen de 19 à 25 microns, chauffée à 50° par un dispositif approprié. La grande finesse des grains permet une résolution poussée, mais entraîne une pression assez forte du tampon éluant, qui est débité

à raison de 30 ml/h par une pompe de très haute précision, sous 3,5 kg. A la sortie de la colonne, l'éluat est mélangé à du réactif à la ninhydrine débité également avec une précision rigoureuse. Le mélange passe alors dans une spirale de tube capillaire de téflon, immergée dans un bain-marie bouillant, et dont la longueur est telle qu'il y demeure exactement quinze minutes. La réaction colorée se produit et la densité optique est lue à la sortie par trois cellules photo-électriques : sous 570 m $\mu$  d'abord, 440 ensuite, puis à nouveau 570 m $\mu$ , mais sous largeur de « cuve » réduite dans ce dernier cas. Un enregistreur imprime simultanément les trois densités optiques sur un papier semi-logarithmique.

La marche automatique de l'appareil est commandée par des minuteriers à relais électriques.

La même opération est répétée sur colonne de 150 cm à particules de diamètre moyen de 31-41 microns et l'ensemble donne un enregistrement graphique figuré ci-dessous; on obtient des pics dans un ordre parfaitement déterminé selon la nature des amino-acides en cause si toutes les conditions voulues (notamment pH des tampons et température de l'opération) sont observées.

Les pics lus à 570 m $\mu$  sous épaisseur réduite servent à obtenir un calcul plus précis au cas, où la densité lue sous épaisseur normale, à la même longueur d'onde, serait trop forte.

Un calcul simple permet d'obtenir avec une grande précision, de l'ordre de  $\pm 3-4\%$ , la quantité d'acide aminé émergeant de la colonne. Il va sans dire qu'en augmentant le nombre d'analyses sur un même échantillon, la précision est encore bien meilleure.

Nous nous sommes limités à deux analyses par échantillon, les chiffres obtenus étant suffisamment significatifs.

### III. RÉSULTATS

#### A) *Pennisetum*.

Le taux des acides aminés est exprimé par rapport à N = 16 %, convention la plus généralement admise.

L'interprétation de ce premier tableau ne peut être faite d'une manière répondant aux critères mathématiques classiques, car nous avons été tenus d'arrêter les chiffres à la première décimale.

La marge de précision obtenue dans le dosage des divers amino-acides varie, en effet, pour certains d'entre eux plus largement que pour les autres; c'est notamment le cas des amino-acides soufrés et du tryptophane. L'arrondissement à la première décimale des résultats, dans un but d'uniformisation, entraîne *ipso facto* une certaine erreur.

Des taux différents d'acides aminés dans les populations appartenant à un même type botanique, sous l'influence des facteurs écologiques, pourraient provenir, comme il a déjà été dit plus haut, soit de variations du rapport respectif des différents amino-acides dans les édifices protéiques, variabilité que toutes nos connaissances biochimiques réfutent, soit de modifications des rapports entre les différentes fractions ou familles protéiques présentes dans les tissus.

Or, il apparaît à la lecture de ce tableau, et par comparaison avec la moyenne générale pour *Pennisetum polystachyum*, que dans les conditions écologiques normales, qui sont celles de nos expérimentations, on ne peut relever aucun écart vraiment significatif dépassant largement la limite de précision de la méthode. Il semble donc que, sur le plan pratique, la qualité de l'azote soit indépendante des facteurs écologiques, sauf quand il s'agit de variations extrêmes créées artificiellement, telles que carences sévères de laboratoire. Certains d'entre nous étudient actuellement la

TAUX DES ACIDES AMINÉS DE *Pennisetum*

	<i>Pennisetum gambiense-nigritarum</i> hâtif PC 28 cultivé à Bambeby	<i>Pennisetum pychnostachyum</i> tardif PC 01 Bambeby	<i>Pp</i> tardif PC 03 Bambeby	<i>Pp</i> tardif PC 03 Lambaye	<i>Pp</i> tardif PC 06 Bambeby	<i>Pp</i> tardif PC 06 Takhoum	<i>Pp</i> tardif PC 07 Bambeby	<i>Pp</i> tardif PC 07 Takhoum	<i>Pp</i> tardif PC 10 Bambeby
Humidité % . . .	8,7	10,4	8,8	9,3	9,7	9,1	8,2	9,4	9,0
N % poids humide...	1,65	1,44	1,37	1,26	1,41	1,44	1,34	1,34	1,39
N % poids sec.	1,79	1,61	1,50	1,39	1,56	1,58	1,47	1,48	1,53
Ac. aspartique.	7,9	8,4	8,3	8,1	8,2	8,1	8,1	8,1	8,1
Thréonine . . . .	4,0	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1
Sérine . . . . .	4,6	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5
Ac. glutamique.	19,4	17,7	17,6	17,4	17,5	17,9	18,1	18,1	17,8
Proline . . . . .	6,5	6,1	5,9	5,7	6,2	6,4	5,9	6,2	6,0
Glycine . . . . .	3,8	4,1	4,2	4,1	4,1	3,9	4,1	3,8	4,2
Alanine . . . . .	7,7	7,5	7,4	7,3	7,5	7,5	7,5	7,6	7,5
Valine . . . . .	5,7	5,7	5,7	5,7	5,6	5,5	5,8	5,7	5,6
Cystine . . . . .	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,6	2,5	2,6	2,6
Méthionine . . . .	2,4	2,6	2,5	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4
Isoleucine . . . .	4,4	4,1	4,1	4,0	4,1	4,2	4,3	4,2	4,1
Leucine . . . . .	9,9	9,5	9,2	9,2	9,3	9,4	9,4	9,5	9,3
Tyrosine . . . . .	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3
Phénylalanine . .	5,1	4,9	4,7	4,7	4,7	4,9	4,8	4,9	4,7
Lysine . . . . .	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,7	3,9	3,9	3,8
Tryptophane . . .	2,0	2,0	1,8	1,9	1,9	2,0	1,9	2,0	1,8
Histidine . . . .	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6	2,7
Arginine . . . . .	5,2	5,7	5,8	5,8	5,6	5,5	5,8	5,6	5,8

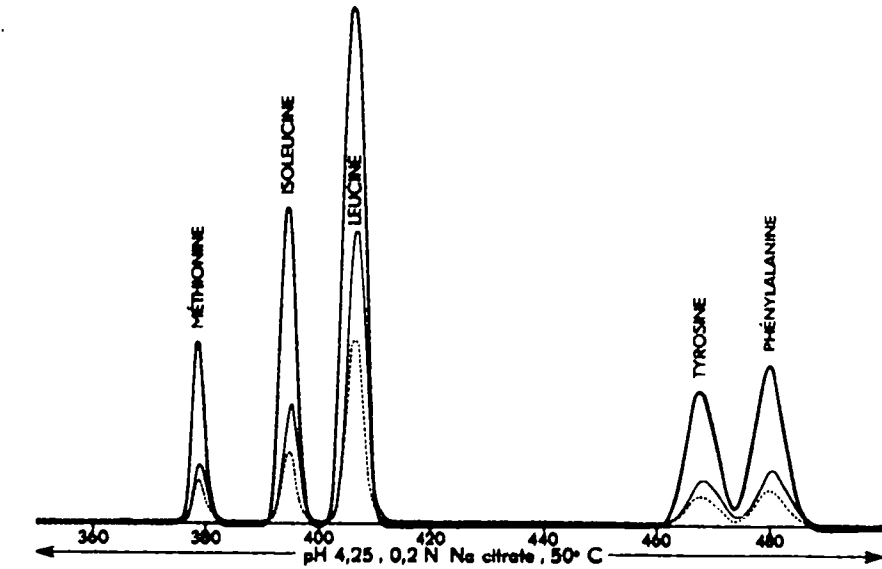
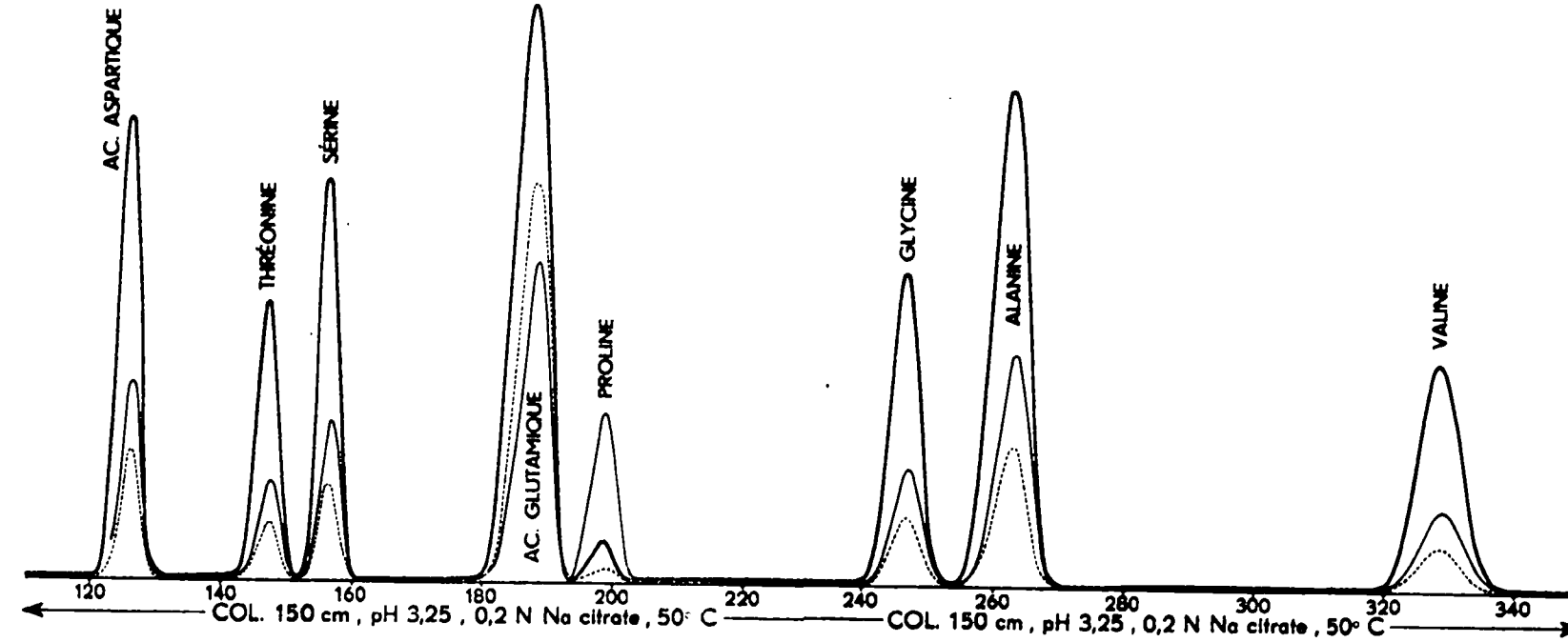
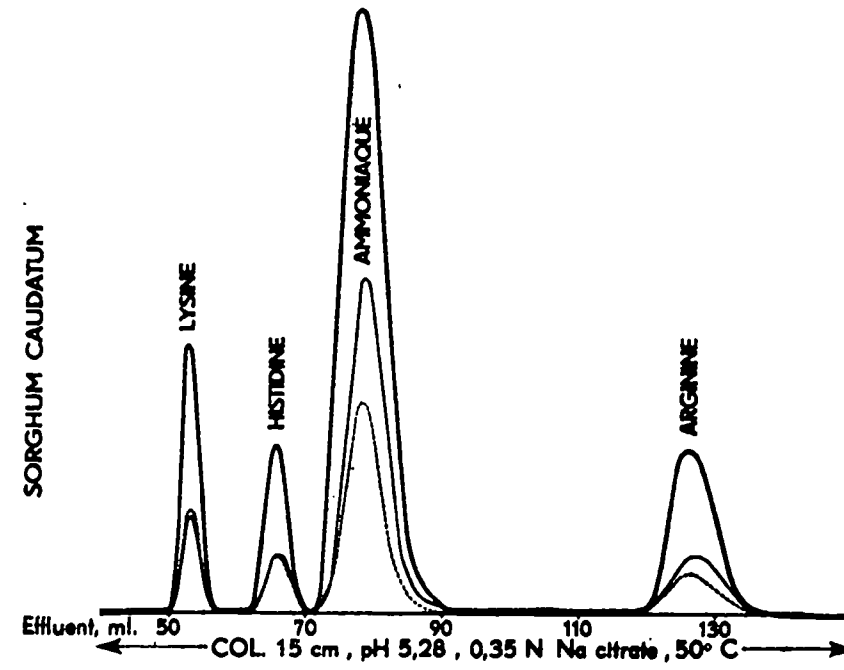
	<i>Pp</i> tardif PC 10 Takhoum	<i>Pp</i> tardif PC 14 Bambeby	<i>Pp</i> tardif PC 14 Lambaye	<i>Pp</i> tardif PC 19 Bambeby	<i>Pp</i> tardif PC 19 Takhoum	<i>Pp</i> tardif PC 25 Bambeby	<i>Pp</i> tardif PC 25 Takhoum	Témoin local Lambaye	Témoin local Takhoum	Moyenne pour <i>Pennisetum pychnostachyum</i>
Humidité % . . .	9,1	8,6	9,2	8,6	8,9	8,9	8,4	8,9	9,2	—
N % poids humide...	1,34	1,45	1,36	1,50	1,58	1,24	1,47	1,57	1,57	1,41
N % poids sec.	1,48	1,58	1,50	1,64	1,74	1,37	1,60	1,73	1,73	1,56
Ac. aspartique.	8,3	8,0	8,0	8,1	8,3	8,4	8,3	8,2	8,3	8,2
Thréonine . . . .	4,0	4,1	4,1	4,0	4,0	4,2	4,2	4,0	4,1	4,1
Sérine . . . . .	4,5	4,6	4,7	4,7	4,7	4,8	4,6	4,7	4,8	4,6
Ac. glutamique.	18,1	18,1	18,4	18,0	18,2	17,7	17,4	18,7	19,1	18,0
Proline . . . . .	6,1	6,1	6,3	6,0	6,0	6,2	6,1	6,4	6,6	6,1
Glycine . . . . .	4,1	4,1	3,9	4,0	3,9	4,1	3,9	3,9	3,9	4,0
Alanine . . . . .	7,6	7,7	7,7	7,5	7,6	7,5	7,7	7,7	7,8	7,5
Valine . . . . .	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,6	5,7	5,8	5,8	5,7
Cystine . . . . .	2,5	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,4	2,5	2,4	2,5
Méthionine . . . .	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4	2,6	2,6	2,4
Isoleucine . . . .	4,1	4,1	4,1	4,1	4,3	4,1	4,1	4,4	4,4	4,2
Leucine . . . . .	9,2	9,3	9,5	9,4	9,2	9,1	9,3	9,5	9,5	9,3
Tyrosine . . . . .	3,4	3,2	3,4	3,4	3,2	3,4	3,2	3,5	3,6	3,4
Phénylalanine . .	4,8	4,8	4,8	4,9	4,7	4,6	4,8	5,0	5,1	4,8
Lysine . . . . .	3,8	3,7	3,6	3,7	3,7	3,8	3,6	3,6	3,8	3,8
Tryptophane . . .	1,9	2,0	2,0	2,1	2,0	1,9	2,0	1,8	1,8	1,9
Histidine . . . .	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,6	2,5	2,7	2,6
Arginine . . . . .	5,8	5,7	5,4	5,7	5,6	5,5	5,6	5,4	5,4	5,6

composition de blés soumis à de telles carences (cultures en pot) (8) ; il semble, d'après les premiers résultats, que dans ces conditions le rapport des diverses protéines soit effectivement modifié.

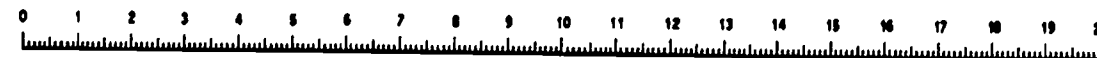
Il est remarquable que pour le *Pennisetum*, les résultats publiés ci-dessus confirment ceux que nous avons déjà trouvés en analysant des graines de Papilionacées, en émettant cependant des réserves, vu la grande homogénéité botanique de cette dernière famille.

A côté du *Pennisetum pychnostachyum* figure plus haut la composition en amino-acides d'un type botanique différent : *Pennisetum gambiense-nigritarum*, sur lequel rien de significatif n'est à relever.

ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE D'UNE ANALYSE DE *Sorghum caudatum* lignée 51-6. COMPOSITION ACIDO-AMINIQUE.



Cette mire doit être lisible dans son intégralité  
 Pour A0 et A1: ABERPPTHLLJDCGQUVWMNSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhbdpgyjt 7142385690  
 Pour A2A3A4: ABERPPTHLLJDCGQUVWMNSZXY  
 zsaecmuvnxirfkhbdpgyjt 7142385690



## B) Sorghos.

	<i>Sorghum guineense</i>	<i>Sorghum margaritiferrum</i>	<i>Sorghum conspicuum</i>	<i>Sorghum Roxburghii</i>	<i>Sorghum gambicum</i>	<i>Sorghum exsertum</i>
Humidité % .....	9,7	8,5	9,1	10,4	9,9	9,4
N % poids humide .....	2,41	2,27	2,64	2,16	2,04	1,80
N % poids sec .....	2,67	2,48	2,91	2,41	2,27	2,00
Ac. aspartique .....	7,2	7,0	6,7	7,2	7,4	7,0
Thréonine .....	3,3	3,2	3,4	3,4	3,7	3,3
Sérine .....	4,4	4,6	4,5	4,7	4,6	4,3
Ac. glutamique .....	20,7	21,1	23,1	20,1	19,7	21,1
Proline .....	9,0	9,7	8,4	9,1	8,7	8,1
Glycine .....	3,2	3,0	3,1	3,2	3,6	3,4
Alanine .....	9,4	9,7	10,1	9,3	9,6	9,5
Valine .....	5,3	5,5	5,3	5,6	5,7	5,3
Cystine .....	2,2	2,1	2,3	2,0	2,0	2,2
Méthionine .....	2,1	1,6	1,8	1,9	2,0	1,6
Isoleucine .....	3,9	4,0	4,0	4,0	4,3	4,0
Leucine .....	13,3	14,0	14,3	13,9	13,6	13,4
Tyrosine .....	4,1	4,0	4,4	4,0	4,3	4,3
Phénylalanine .....	5,2	4,8	5,3	5,2	5,2	5,3
Lysine .....	2,3	1,9	1,9	2,3	2,6	2,7
Tryptophane .....	1,0	1,2	2,3	1,1	1,1	1,1
Histidine .....	2,5	2,1	2,1	2,0	2,4	2,6
Arginine .....	4,1	3,8	4,0	3,9	4,0	4,8

	<i>Sorghum notabile</i>	<i>Sorghum caudatum</i>	<i>Sorghum caudatum</i>	<i>Sorghum durra</i>	<i>Sorghum cernuum</i>	<i>Sorghum subglabrescens</i>
Humidité % .....	9,2	10,2	9,6	9,5	9,4	9,5
N % poids humide .....	2,43	2,14	1,79	2,52	2,41	2,51
N % poids sec .....	2,68	2,38	1,98	2,78	2,67	2,78
Ac. aspartique .....	7,6	8,1	7,5	7,3	7,7	7,1
Thréonine .....	3,0	3,4	3,5	3,0	3,5	3,2
Sérine .....	4,4	4,5	4,7	4,4	4,7	4,4
Ac. glutamique .....	20,2	20,3	20,1	20,8	20,1	22,8
Proline .....	9,1	8,1	8,0	9,4	9,5	8,1
Glycine .....	3,3	3,7	3,3	3,2	3,3	2,9
Alanine .....	9,7	9,3	8,8	9,7	9,8	9,8
Valine .....	5,2	5,6	5,4	5,5	5,1	5,3
Cystine .....	2,2	2,0	1,9	1,7	2,1	1,8
Méthionine .....	2,0	1,6	1,8	1,9	2,3	1,6
Isoleucine .....	3,8	4,1	4,3	4,3	3,8	4,3
Leucine .....	12,9	13,0	13,3	14,1	13,4	15,0
Tyrosine .....	4,2	4,0	3,8	4,2	4,4	4,2
Phénylalanine .....	4,9	5,0	4,8	5,2	5,1	5,6
Lysine .....	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
Tryptophane .....	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
Histidine .....	2,8	2,1	2,0	2,1	2,2	2,2
Arginine .....	3,9	4,3	4,9	3,7	4,7	8'8

Des différences plus nettes que dans le premier tableau apparaissent ici, aussi marquées entre les types eux-mêmes qu'elles le seraient entre les moyennes des divers groupes. C'est pour cette raison que nous avons renoncé à faire figurer les moyennes de ces groupes. Il a d'ailleurs été signalé plus haut que ces types botaniques étaient très différents; rien ne doit donc nous surprendre dans ce tableau.

## IV. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La conclusion de ce travail, tant pour les mils que pour les sorghos, est que la différence dans les types botaniques se reflète dans la composition en amino-acides des grains de ces céréales, alors que les facteurs écologiques naturels ne paraissent, eux, n'avoir aucune influence sur la qualité de l'azote.

Par contre, et c'est depuis longtemps une connaissance classique, la quantité d'azote peut varier dans des proportions marquées et être très nettement influencée aussi bien par les facteurs génétiques qu'écologiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1) ADRIAN J., SAYERSE C. (1954). Les plantes alimentaires de l'Ouest Africain. Dakar : Direction Générale de la Santé Publique.
- 2) ADRIAN J., FAVIER J.-C. (1961). *Ann. Nut. Aliment.*, 15, 181.
- 3) BODO G. (1960). *Qualit. Plant. Mater. veget.*, 6, 337.
- 4) BONO M., VIDAL P. (1960). *Ann. CRA Bambey (Sénégal)* (1960).

- 5) BUSSON F., CARBIENER R., LANZA J. (1960). *Ann. Nut. Aliment.*, 14, 1.
- 6) BUSSON F. et Coll. (1960). *Ann. Nut. Aliment.*, 14, 171.
- 7) COIC Y. (1953). *Ann. Agron.*, Paris.
- 8) COIC Y. et Coll. Travail en cours à la Station de physiologie de l'INRA.
- 9) CRAIG L. et Coll. (1950). *Analyt. Chem.*, 22, 1462.
- 10) FLYNN L. (1954). *Cereal Chem.*, 38, 223.
- 11) FREY F. (1951). *Cereal Chem.*, 38, 123.
- 12) JACOBSEN C. (1949). *C.R. Lab. Carlsberg*, Ser. chim., 26, 455.
- 13) MILLER B., Coll. (1950). *Cereal Chem.*, 27, 96.
- 14) MOORE S., SPACKMAN D., STEIN W. (1958). *Analyt. Chem.*, 30, 1187.
- 15) SCHRAM E., Coll. (1953). *Analyt. chim. Acta.*, 9, 149.
- 16) SCHRAM E. (1953). *Biochem. J.*, 57, 33.
- 17) SCHUPHAN W. (1958). *Qualit. Plant. Mater. veget.*, 3-4, 34.
- 18) STEIN W., MOORE S. (1949). *J. biol. Chem.*, 178, 79.
- 19) SYLLA O. (1959). Contribution au dosage des bases hexoniques. Thèse Sciences. Bordeaux : Drouillard.
- 20) VIDAL P. (1960). Rapport CRA Bambey (Sénégal).
- 21) VIDAL P., BONO M., FAUCHÉ J. (1959). *Ann. CRA Bambey (Sénégal)*.

**RÉSUMÉ.** — *Des essais antérieurs ont montré que les teneurs en protéines étaient différentes entre variétés et types botaniques des Pennisetum et des Sorghum.*

*Le milieu montrait, lui, une action nette et assez complexe.*

*Les essais entrepris ont eu pour but de déterminer l'influence du milieu sur ces céréales.*

*Les A.A. ont déterminé les acides aminés par chromatographie sur colonnes, dont les principes sont rappelés. Ils opèrent avec l'appareil automatique Beckman Spinco donnant l'analyse qualitative et quantitative de presque tous les amino-acides.*

*La conclusion, tant pour les Pennisetum que pour les Sorghum, est que « la différence dans les types botaniques se reflète dans la composition des amino-acides des grains de ces céréales, alors que les facteurs écologiques naturels paraissent, eux, n'avoir aucune influence sur la qualité de l'azote.*

*« Par contre, et c'est depuis longtemps une connaissance classique, la quantité d'azote peut varier dans des proportions marquées et être nettement influencée aussi bien par les facteurs génétiques qu'écologiques. »*

**SUMMARY.**—*Previous trials have shown that protein contents were different in the varieties and in the botanical types of Pennisetum and of Sorghum.*

*The effect of the environment was clear and rather complex.*

*The trials were initiated to determine the influence of environment on these cereals.*

*The authors have determined the amino-acids by column chromatography, the principles of which they have summed up. They use an automatic apparatus Beckmann Spinco which assays qualitatively and quantitatively almost all the amino-acids.*

*They conclude that, for Pennisetum as well as for Sorghum, « the difference of the botanical types appears in the amino-acid composition of the grains of these cereals, while the natural ecological factors seem to have no influence on nitrogen quality.*

*« On the contrary, and it is a classical knowledge for a long time, nitrogen quantity can significantly vary and be distinctly influenced as well by genetic factors as by ecological ones. »*

**RESUMEN.** — *Unos ensayos anteriores mostraron que los contenidos de proteínas de las variedades y tipos botánicos de los Pennisetum y Sorghum son diferentes.*

*Señalaron también que la acción del medio es definida y bastante compleja.*

*El objeto de los ensayos presentados aquí fué determinar la influencia del medio sobre los cereales.*

*Los autores determinaron los ácidos aminados por cromatografía sobre columnas cuyos principios están recordados. Utilizaron el dispositivo automático Beckman Spinco que permite el análisis cualitativo y cuantitativo de casi todos los aminoácidos.*

*Concluyen, y esto vale tanto para los Pennisetum como para los Sorghum, « que la diferencia entre los tipos botánicos se refleja en la composición de los aminoácidos de los granos de cereales, mientras los factores ecológicos naturales parecen sin efecto sobre la calidad del nitrógeno.*

*« Contrariamente, se sabe clásicamente desde hace mucho tiempo que la cantidad de nitrógeno puede variar marcadamente bajo la influencia de factores genéticos como ecológicos. »*

# L'AGRONOMIE TROPICALE

—  
Extrait du n° 9  
SEPTEMBRE 1962  
—

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE CHIMIQUE DES MILS ET DES SORGHOS

ÉTUDE DE L'INFLUENCE DES FACTEURS VARIÉTAUX ET ÉCOLOGIQUES  
SUR LA COMPOSITION EN AMINO-ACIDES DU MIL *PENNISETUM*  
ET DU SORGHO

**F. BUSSON, P. LUNVEN**  
**M. LANZA, R. AQUARON**  
**A. GAYTE-SORBIER**

Laboratoire de Recherches Biochimiques  
du Service de Santé des Troupes de Marine  
Parc du Pharo, Marseille (7<sup>e</sup>)

par

**M. BONO**

Maître de Recherches à l'ORSTOM  
Institut de Recherches Agronomiques Tropicales  
et des Cultures Vivrières - Bambey (Sénégal)

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 2 2 2 71

Cote : B