Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris, 4e sér., **13**, 1991,
section B, *Adansonia*, nos 1-2 : 95-108.

Contribution à l'étude biochimique des caryopses de graminées du genre *Stipagrostis* Nees. IV.

P. J. L. Bourreil, C. Ghiglione, M. Giraud, G. Marchis-Mouren & E. M. Gaydou

Résumé : Treize échantillons de caryopses de deux variétés de *Stipagrostis ciliata* dont les aires de répartition sont distantes de plus de 4000 km, ont été analysés pour leur composition en amino-acides totaux. Les résultats exprimés en résidus pour 100 résidus montrent par application du test de Moore qu'il n'y a aucune différence significative entre les teneurs en amino-acides des deux variétés. Le calcul des paramètres de distribution de cette variable permet de caractériser l'espèce par sa composition en amino-acides. Une corrélation significative ($r = -0,76$) relie les variables teneur en amino-acides totaux ($\sum_{1}^{17}$ a.a.t.) et teneur en amidon.

Summary : From two varieties of *Stipagrostis ciliata* originating from stations more than 4000 km apart, 13 samples have been analyzed for the aminoacid composition (residues/100 residues) of their caryopses. No significant variation was observed between those two varieties as seen from the Moore test. Calculation of the distribution parameters of this variable allows a good characterization of the species. Moreover, a significant negative correlation ($r = -0,76$) is calculated from starch and total aminoacid amount ($\sum_{1}^{17}$ t.a.a.).

Pierre J. L. Bourreil, Laboratoire de Systématique, Ecophytochimie, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, 13397 Marseille Cedex 13, France.
Claude Ghiglione et Marie Giraud, Laboratoire de Chimie organique et Diététique, Faculté de Pharmacie, Université d'Aix-Marseille II, 13385 Marseille Cedex 4, France.
Guy Marchis-Mouren, Laboratoire de Biochimie, Biologie cellulaire et moléculaire, Faculté des Sciences et techniques de St-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 13, France.
Emile M. Gaydou, Laboratoire de Phytochimie, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, 13397 Marseille Cedex 13, France.

I. INTRODUCTION

Les résultats que nous présentons ici sont un complément biochimique inédit à l'étude morpho-anatomique et biométrique des caryopses de *Stipagrostis ciliata* (Bourreil et al., 1987). Le caryopse mûr correspondant à la partie du cycle du végétal réputée la plus stable au plan moléculaire (Miège, 1975), nous nous proposons de le vérifier en étudiant le degré de variabilité de sa teneur en amino-acides totaux et en amidon. Dans cette optique, le choix de

S. ciliata est fondé sur l'amplitude de son aire de répartition qui concerne d'une part l'hémisphère boréal (ouest de la Mauritanie ; sud du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie ; parties méridionale et centrale du Sahara avec les massifs de l'Adrar des Iforhas, de l'Aïr et du Hoggar ; nord du Tchad avec le Tibesti ; Libye, Egypte, sud d'Israël, Jordanie et Arabie), d'autre part l'hémisphère austral (Namibie, Botswana, Afrique du Sud). Ces deux ensembles de l'aire sont séparés par un grand diastème (MONOD, 1971) tropico-équatorial de quelque 4500 km. Chacun d'eux est le domaine d'une variété de *S. ciliata* dont nous démontrerons que les teneurs en amino-acides des caryopses ne présentent pas de différences significatives.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

ORIGINE DU MATÉRIEL

1. AFRIQUE DU NORD.

Tunisie : A l'ouest de Sfax, entre Mezzouna et Er Regueb, 34°35′ N, étage méditerranéen aride inférieur (*Le Houérou s.n.*, 1959).

Maroc : Cultures du Jardin botanique de l'Institut scientifique chérifien de Rabat, 34° N, étage méditerranéen tempéré (semences provenant d'une récolte de *Challot s.n.* au Djebel Guilliz, 34°30′ N, au NE de Taourirt).

2. AFRIQUE AUSTRALE.

Namibie : Langbeen [1], soit Windhoek, 22°34′ S, soit Aranos, 24°09′ S, étage méditerranéen aride inférieur (*Division des graines et du contrôle des plantes*, Pretoria, 1967).

Botswana : Kgalagadi, 25° S, étage méditerranéen aride inférieur (*Leistner 3114*, 1963).

République d'Afrique du Sud : Stations 2 et 9, environs de Springbok, 29°40′ S, étage méditerranéen aride inférieur (*Division des graines et du contrôle des plantes*, Pretoria, 1967).

IDENTIFICATION DES TAXONS INFRASPÉCIFIQUES DE RÉFÉRENCE

L'espèce nécessitant une révision complète depuis que DE WINTER (1963) en a simplifié les subdivisions (2 variétés), nous nous référons provisoirement à la nomenclature qu'il propose.

— Echantillons d'Afrique boréale : *S. ciliata* (Desf.) de Winter var. *ciliata*.
— Echantillons d'Afrique australe : *S. ciliata* (Desf.) de Winter var. *capensis* (Trin. & Rupr.) de Winter.

RÉALISATION DES CULTURES EXPÉRIMENTALES

Les cultures expérimentales ont été réalisées de 1966 à 1978 à Marseille, 43°18′ N, à ciel ouvert et sous serre vitrée ou plastique, dans l'enceinte du jardin botanique de la Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme, selon un protocole déjà décrit (BOURREIL et al., 1987).

1. Le terme de Langbeen est expliqué par O. A. LEISTNER (Botanical Research Institute, Pretoria, South Africa) dans une lettre en date du 18-VIII-1989 : « We know two places called Langbeen. Both are in Namibia : 2217 CD (Windhoek) and 2419 DA (Aranos). The place names are derived from the common name of *Stipagrostis ciliata*, which is Langbeenboesmangras (tall bushman grass) ».

TECHNIQUES BIOCHIMIQUES

Les analyses biochimiques ont été réalisées en fin 1978, début 1979.

1. Dosage des amino-acides totaux.

Quantités pondérales de caryopses utilisées.

Pour les prises d'essai, les quantités de caryopses utilisées varient entre 25 et 40 mg.

Hydrolyse chlorhydrique.

Les amino-acides totaux des caryopses sont obtenus par hydrolyse chlorhydrique de 10 ml de HCl 6N (120° C, tube scellé sous vide partiel, 18 h).

Analyse.

Les amino-acides totaux des caryopses sont analysés au moyen de l'auto-analyseur « Technicon » (chromobeads A, 21 µm ; colonne 140 × 0,65 cm ; 60° C, la norleucine étant l'étalon interne).

Cette technique ne permet pas de doser le tryptophane qui nécessite une hydrolyse alcaline. De plus, il n'est pas possible de faire la distinction entre les amino-acides dicarboxylés Asp, Glu et leurs amides respectifs Asn et Gln qui sont hydrolysés en ces produits dans les conditions d'analyse, d'où les appellations Asx = Asp formé *in situ* + Asp hydrolysat de l'asparagine et Glx = Glu formé *in situ* + Glu hydrolysat de la glutamine.

Enfin, il n'a pas été utilisé de technique particulière par oxydation performique pour le dosage précis des amino-acides soufrés Cys et Met du fait que la totalité des résultats que nous avons exploités dans une analyse informatique en composantes principales (Bourreil & Gaydou, 1989) concernant 194 espèces appartenant à 72 genres et 27 tribus de la famille des Graminées ne sont pas basés sur un tel procédé. Les fluctuations des teneurs en amino-acides soufrés (coefficient de variation de l'ordre de 50 %) peuvent s'expliquer par des dégradations aléatoires plus ou moins importantes survenant au cours de l'hydrolyse acide à chaud du matériel végétal et imputables à la présence de l'amidon (réactions de Maillard et de Strecker, *in* Vernin & Metzger, 1981).

2. Dosage de l'amidon.

La teneur en amidon a été évaluée après hydrolyse en milieu sulfurique et le pouvoir réducteur apparu a été déterminé par la méthode classique de Hagedorn-Jansen. En multipliant la quantité de glucose trouvée après hydrolyse de l'amidon, par le coefficient 0,9 pour exprimer le résultat en grammes de polysaccharide (compte-tenu de la stoechiométrie de la réaction $(C_6H_{10}O_5)n + n\ H_2\ 0 \rightarrow n\ C_6H_{12}O_6$), Dumazert (1950) démontre qu'on obtient un résultat par défaut. C'est pourquoi nous avons appliqué à la mesure du glucose obtenu, un coefficient correcteur de 0,945 comme le préconise Marchetti (1964) à partir d'expériences de dosage de l'amidon de blé.

III. EXPLOITATION DES RÉSULTATS

TENEURS EN AMINO-ACIDES EXPRIMÉES EN RÉSIDUS POUR 100 RÉSIDUS

1. Comparaison des deux variétés.

L'étude de la variation phénotypique des teneurs des amino-acides des caryopses, déterminée par leur amplitude de variation est réalisée à partir de lignées ayant produit leurs graines à ciel ouvert et sous serre, comme celle du Maroc (Tableau 1) et celles de

TABLEAU 1 : Composition en amino-acides des caryopses de lignées de *Stipagrostis ciliata* var. *ciliata* d'Afrique boréale.

ORIGINE DES LIGNÉES	MAROC			TUNISIE	PARAMÈTRES DE DISTRIBUTION			
AMINO-ACIDES (r/100r)	Culture jardin botanique Rabat (1)	Culture serres s.v.M. (2)	s.pl. M. (3)	Culture J. bot. Marseille (4)	aborigène (5)	Intervalle de variation (6)	$\bar{x}$ (7)	s (8)	V (9)
Asp. (Asx)	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5	4,4-4,5	*4,5*	0,1	1,2
Thr.	3,2	3,1	2,9	2,6	3,0	2,6-3,2	*3,0*	0,2	6,7
Ser.	4,5	4,2	4,1	3,8	4,4	3,8-4,5	*4,2*	0,2	4,8
Glu. (Glx)	35,7	36,7	36,0	36,5	35,0	35,0-36,7	*36,0*	0,6	1,7
Pro.	5,5	6,5	6,8	5,8	6,6	5,5-6,8	*6,2*	0,5	8,1
Gly.	5,4	5,7	5,7	5,3	6,5	5,3-6,5	*5,7*	0,4	6,2
Ala.	9,2	9,1	8,9	9,5	9,0	8,9-9,2	*9,1*	0,2	2,2
Val.	5,2	4,2	4,2	5,0	4,7	4,2-5,2	*4,7*	0,4	8,5
Cys.	0,4	1,3	1,2	0,5	0,7	0,4-1,3	*0,8*	0,4	50,0
Met.	0,2	1,0	1,4	1,5	1,0	0,2-1,5	*1,0*	0,5	50,0
Ile.	4,2	2,9	3,5	4,4	3,1	2,9-4,4	*3,6*	0,6	16,7
Leu.	12,9	11,6	11,4	12,4	11,6	11,4-12,9	*12,0*	0,6	5,0
Tyr.	1,4	1,7	1,8	1,3	1,9	1,3-1,9	*1,6*	0,2	12,5
Phe.	2,7	2,8	2,7	2,7	2,9	2,7-2,9	*2,8*	0,1	3,6
Lys.	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,2-1,4	*1,3*	0,1	7,7
His.	1,7	1,2	1,4	1,5	1,5	1,2-1,7	*1,5*	0,2	13,3
Arg.	2,1	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1-2,3	*2,2*	0,1	4,5
Amino-acides (m. éq./g)	2,15	2,28	2,22	2,01	1,86	1,86-2,28	*2,10*	0,15	7,15
Poids des caryopses ($\bar{x}$ mg)	1,76	2,09	2,06	1,83	2,20	1,76-2,20	*1,99*	0,15	7,55
Amino-acides (µ éq./caryopse)	3,78	4,76	4,57	3,68	4,09	3,68-4,76	*4,18*	0,4	10,2

ABRÉVIATIONS :
r/100r = résidus pour 100 résidus
s.v.M. = serre vitrée Marseille
s.pl.M. = serre plastique Marseille
j.bot. = jardin botanique

SYMBOLES :
$\bar{x}$ = moyenne arithmétique des teneurs en résidus pour 100 résidus pour n = 5
s = écart type de l'échantillon de teneurs
V = coefficient de variation : 100 s/$\bar{x}$
m.éq./g = milliéquivalent/gramme
µ éq/caryopse : microéquivalent/caryopse

TABLEAU 2 : Composition en amino-acides des caryopses de lignées de *Stipagrostis ciliata* var. *capensis* d'Afrique australe.

ORIGINE DES LIGNÉES	RÉPUBLIQUE D'AFRIQUE DU SUD				NAMIBIE	BOTSWANA			PARAMÈTRES DE DISTRIBUTION			
	Station 9			Station 2	Langbeen	Culture serres		Culture	Intervalle	$\bar{x}$	s	V
AMINO-ACIDES (r/100r)	aborigène (1)	Culture serres s.v. M. (2)	s.pl. M. (3)	aborigène (4)	aborigène (5)	s.v. M. (6)	s.pl. M. (7)	J. bot. Marseille (8)	de variation (9)	(10)	(11)	(12)
Asp. (Asx)	4,8	4,4	4,4	5,1	4,9	4,8	4,4	4,3	4,3-5,1	*4,6*	0,3	6,5
Thr.	3,2	2,7	2,9	2,9	2,9	3,1	2,8	2,8	2,7-3,1	*2,9*	0,1	3,4
Ser.	4,2	4,4	3,8	3,8	4,1	4,1	4,3	4,2	3,8-4,4	*4,1*	0,2	4,9
Glu. (Glx)	34,5	37,6	35,7	34,4	35,1	33,9	35,0	35,3	33,9-37,6	*35,2*	1,0	2,8
Pro.	6,1	7,5	6,9	6,0	6,3	7,4	7,0	7,6	6,0-7,6	*6,9*	0,6	8,7
Gly.	5,2	5,4	5,8	5,2	4,9	6,0	5,6	6,2	4,9-6,2	*5,5*	0,4	7,3
Ala.	9,4	8,8	8,7	8,9	9,2	9,4	8,6	8,7	8,6-9,4	*9,0*	0,3	3,3
Val.	5,0	4,4	4,5	5,0	5,1	4,4	4,6	4,6	4,4-5,1	*4,7*	0,3	6,4
Cys.	0,5	0,8	1.6	0,4	0,3	0,7	1,0	0,8	0,3-1,6	*0,8*	0,4	50,0
Met.	0,9	0,6	2,3	1,5	0,8	1,8	1,7	0,9	0,8-2,3	*1,3*	0,5	38,5
Ile.	3,8	3,2	3,2	4,4	4,2	3,2	3,2	3,3	3,2-4,4	*3,6*	0,4	11,1
Leu.	12,7	11,1	11,1	12,9	12,8	11,1	12,2	11,5	11,1-12,9	*11,9*	0,7	5,9
Tyr.	1,3	1,5	1,8	1,5	1,5	1,8	1,6	1,6	1,3-1,8	*1,6*	0,1	6,3
Phe.	2,9	2,6	2,8	2,9	2,7	3,1	2,9	2,9	2,6-3,1	*2,9*	0,1	3,4
Lys.	1,6	1,3	1,1	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1-1,6	*1,3*	0,1	7,7
His.	1,6	1,3	1,1	1,3	1,4	1,4	1,3	1,4	1,1-1,6	*1,4*	0,1	7,1
Arg.	2,3	2,4	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,3-2,7	*2,4*	0,1	4,2
Amino-acides (m. éq./g)	2,01	2,15	2,20	2,00	2,26	1,72	2,22	1,89	1,72-2,22	*2,05*	0,175	8,55
Poids des caryopses ($\bar{x}$ mg)	2,04	1,74	2,16	2,01	2,06	1,97	2,22	2,08	1,74-2,22	*2,03*	0,135	6,6
Amino-acides (µ éq./caryopse)	4,10	3,74	4,75	4,02	4,67	3,39	4,93	3,93	3,39-4,93	*4,19*	0,5	12,0

ABRÉVIATIONS :
r/100r = résidus pour 100 résidus
s.v.M. = serre vitrée Marseille
s.pl.M = serre plastique Marseille
j. bot. = jardin botanique

SYMBOLES :
$\bar{x}$ = moyenne arithmétique des teneurs en résidus pour 100 résidus
s = écart type de l'échantillon de teneurs
V = coefficient de variation : 100 s/$\bar{x}$
m.éq./g = milliéquivalent/gramme
µ éq/caryopse : microéquivalent/caryopse

la République d'Afrique du Sud (station 9) et du Botswana (Tableau 2). D'après LOUISOT (1983) qui évalue l'erreur expérimentale due à la pratique du Technicon à ± 3 %, cette variation est significative (mais de faible importance) puisque pour les bornes de chaque intervalle x min. $< \bar{x} - 3\ \bar{x}/100$ et x max. $> \bar{x} + 3\ \bar{x}/100$ pour la plupart des amino-acides. Pour comparer 2 à 2 les distributions de valeurs, il suffit d'appliquer aux teneurs de chaque amino-acide le rapport $u = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)/(w_1 + w_2)$ établi par Moore (*in* PEARSON & HARTLEY, 1976) et pour lequel w est l'amplitude de variation. Il en résulte que pour la comparaison des 2 lignées d'Afrique australe, u max. = 0,800 < 1,050 (valeur de la table 29a pour $n_1 = n_2 = 3$ et sécurité = 99 %) et donc les distributions sont équivalentes.

Pour la comparaison de la lignée du Maroc (n = 4) à celles d'Afrique australe (n = 3), la valeur repère de la table est $u = 0{,}814$. Le parallèle avec la station 9 donne $u \leq 0{,}500$. Les distributions ne diffèrent donc pas de manière significative. Avec la lignée du Botswana, 16 comparaisons de teneurs sont équivalentes. Mais, pour Arg, la valeur $u = 0{,}855 > 8{,}14$ indique une différence significative. Cependant, en ne prenant en compte que les valeurs d'échantillons récoltés dans les mêmes environnements (élimination du résultat du jardin de Rabat), $u_{obs.} = 1{,}00 < u_{0{,}01} = 1{,}050$ pour $n_1 = n_2 = 3$. Autrement dit, en conditions rigoureusement homogènes, les distributions de teneurs en Arg des lignées du Maroc et du Botswana sont équivalentes.

En conclusion, les teneurs des 17 amino-acides communs des caryopses des lignées d'Afrique boréale et australe cultivées au jardin botanique de la Faculté des Sciences de St-Jérôme, à ciel ouvert ou sous serre, sont caractérisées par une variation phénotypique équivalente.

En prenant en compte la totalité des données aborigènes et de culture ($n_1 = 5$ pour la variété *ciliata* et $n_2 = 8$ pour la variété *capensis*), le test de Moore indique encore une équivalence des distributions des 17 amino-acides communs, puisque $u_{max} = 0{,}33 < u_{0{,}01} = 0{,}343$).

2. PARAMÈTRES DE DISTRIBUTION DES TENEURS EN AMINO-ACIDES DES CARYOPSES DE STIPAGROSTIS CILIATA.

A partir des 13 données de teneurs en amino-acides (Tableaux 1, 2) des caryopses des 2 variétés de *Stipagrostis ciliata*, il est possible d'obtenir pour l'espèce une représentation approchée des paramètres de distribution de la variable (Tableau 3) et, en particulier, l'intervalle de confiance de la moyenne arithmétique sera satisfaisant [1].

Les paramètres de la variable poids sont calculés à partir des données de BOURREIL et al. (1987) portant sur un échantillon global de 1671 mesures. Le calcul consiste à appliquer la méthode de CALOT (1979) concernant les caractéristiques des mélanges de populations. On utilisera pour cela les formules suivantes :

1. Pour obtenir un intervalle $\bar{x} \pm T_{\nu} Sm$ inclus dans l'intervalle de variation de l'espèce, donc exploitable dans des comparaisons de moyenne, il est nécessaire de disposer d'un nombre de données n suffisant (n > 5).

TABLEAU 3 : Paramètres de distribution de la composition en amino-acides des caryopses de l'espèce *Stipagrostis ciliata*.

AMINO-ACIDES (r/100r)	Intervalle de variation (1)	$\triangle x$ (2)	$\bar{x}$ (3)	$\triangle x/\bar{x}$ (4)	SCE (5)	s^2 (6)	$\bar{x} \pm s$ (7)	V (8)	Sm (9)	$\bar{x} \pm T_{\upsilon}Sm$ (10)	100 $Sm/\bar{x}$ (11)
Asp. (Asx)	4,3-5,1	0,8	*4,6*	0,17	0,73	0,06	4,35-4,85	*5,2*	0,07	4,45-4,75	1,52
Thr.	2,6-3,2	0,6	*2,9*	0,21	0,41	0,03	2,7-3,1	*6,1*	0,05	2,8-3,0	1,72
Ser.	3,8-4,5	0,7	*4,1*	0,17	0,65	0,05	3,9-4,3	*5,45*	0,06	3,95-4,25	1,46
Glu. (Glx)	33,9-37,6	3,7	*35,5*	0,10	12,65	0,97	34,5-36,5	*2,8*	0,28	34,9-36,1	0,79
Pro.	5,5-7,6	2,1	*6,6*	0,32	5,30	0,41	5,95-7,25	*9,7*	0,18	6,2-7,0	2,73
Gly.	4,9-6,5	1,6	*5,6*	0,29	2,37	0,18	5,2-6,0	*7,7*	0,12	5,35-5,85	2,14
Ala.	8,6-9,4	0,8	*9,0*	0,09	1,05	0,08	8,7-9,3	*3,1*	0,08	8,8-9,2	0,89
Val.	4,2-5,2	1,0	*4,7*	0,21	1,42	0,11	4,35-5,05	*7,0*	0,10	4,5-4,9	2,13
Cys.	0,3-1,6	1,3	*0,8*	1,63	1,86	0,14	0,4-1,2	*47,5*	0,11	0,55-1,05	13,75
Met.	0,2-2,3	2,1	*1,2*	1,75	3,82	0,29	0,65-1,75	*45,0*	0,16	0,85-1,55	13,33
Ile.	2,9-4,4	1,5	*3,6*	0,42	3,52	0,27	3,1-4,1	*14,4*	0,15	3,25-3,95	4,17
Leu.	11,1-12,9	1,8	*11,9*	0,15	6,27	0,48	11,25-12,65	*5,8*	0,20	11,50-1240	1,67
Tyr.	1,3-1,9	0,6	*1,6*	0,38	0,47	0,04	1,4-1,8	*11,9*	0,05	1,5-1,7	3,13
Phe.	2,6-3,1	0,5	*2,8*	0,18	0,22	0,02	2,65-2,95	*4,65*	0,04	2,7-2,9	1,43
Lys.	1,1-1,6	0,5	*1,35*	0,37	0,21	0,02	1,2-1,5	*9,65*	0,04	1,25-1,45	2,96
His.	1,1-1,7	0,6	*1,4*	0,43	0,31	0,02	1,25-1,55	*10,7*	0,04	1,3-1,5	2,86
Arg.	2,1-2,7	0,6	*2,35*	0,26	0,29	0,02	2,2-2,5	*6,40*	0,04	2,25-2,45	1,70
Amino-acides (m. éq./g)	0,72-2,28	0,56	*2,08*	0,27	0,368	0,0283	1,91-2,25	*8,1*	0,05	1,97-2,19	2,40
Poids des caryopses ($\bar{x}$ mg)	0,84-3,0	2,16	*2,03*	1,06	37,0	0,0222	1,88-2,18	*7,35*	0,004	2,02-2,04	0,20
Amino-acides (µ éq./caryopse)	3,39-4,93	1,54	*4,18*	0,37	2,95	0,2266	4,33-5,29	*11,45*	0,14	3,88-4,49	3,34

ABRÉVIATIONS :
r/100r = résidus pour 100 résidus
$\triangle x$ = amplitude de variation
$\bar{x}$ = moyenne arithmétique
$\triangle x/\bar{x}$ = variabilité relative
SCE = somme des carrés des écarts entre la variable et la moyenne arithmétique
s^2 = SCE/n, variance de l'échantillon
$s = \sqrt{SCE/n}$, écart-type de l'échantillon des teneurs ($\bar{x} \pm s$ englobe 54 à 85 % des données avec pour mode 69 %)
V = coefficient de variation = 100 $s/\bar{x}$
$Sm = \sqrt{SCE/n(n-1)}$, erreur standard de $\bar{x}$
$\bar{x} \pm T_{\upsilon}Sm$ = intervalle de confiance de $\bar{x}$ (avec υ = nombre de degrés de liberté et T_{υ} = limite de signification de la distribution de Student pour une sécurité de 95 %)
Indice de Zaitseva = 100 $Sm/\bar{x}$ (*in* SEMIKHOV et al. 1978).
REMARQUE :
POIDS DES CARYOPSES. Pour cette variable sont prises en compte les données de base aborigènes et de culture figurant dans BOURREIL et al. (1987, p. 104 et 110).

$\bar{x}$ échantillon global = $\bar{\bar{X}}$ avec $\bar{\bar{X}} = \Sigma\Sigma f(x)/N$ et $N = \sum_{1}^{i} n_i$ (i étant le nombre d'échantillons).

s^2 éch. glob. = moyenne des variances + variance des moyennes.

La moyenne des variances ou variance intrapopulation correspond à la dispersion résiduelle (d.r.)/N. et, d.r./N = (SCE1 + ... + SCEp)/N, avec SCE1 = somme des carrés des écarts à la moyenne de l'échantillon 1, etc... La variance des moyennes ou variance interpopulation correspond à la dispersion factorielle (d.f.)/N. et, d.f./N. = $[n_1 (\bar{x}_1 - \bar{\bar{X}})^2 + ... + n_p (\bar{x}_p - \bar{\bar{X}})^2]/N$. Donc, la variance de l'échantillon est calculée en développant la formule s^2éch.gl. = (d.r./N) + (d.f./N).

RÉSULTATS EXPRIMÉS EN MILLIÉQUIVALENTS PAR GRAMME

En prenant comme référence les valeurs du point médian et des bornes de leur intervalle de variation (Tableaux 1, 2) calculées en milliéq./g, les lignées du Maroc (2,145 ± 0,135 m.éq./g) et de la station 9 (2,105 ± 0,095 m.éq./g) expriment une variation phénotypique plus faible que celle du Botswana (1,97 ± 0,25 m.éq./g) pour les teneurs totales en amino-acides par gramme de caryopse.

RÉSULTATS EXPRIMÉS EN GRAMMES POUR 100 GRAMMES DE CARYOPSES

1. Etude globale.

Les valeurs des paramètres de distribution des 13 résultats exprimés en g/100g de caryopses (Tableau 4) sont : $\bar{x}$ = 27,05, s = 2,19 (donc $\bar{x} \pm s$ = 24,86 — 29,24), Sm = 0,65 (donc $\bar{x} \pm T_\nu$ Sm = 25,63-28,47 pour $T_{\nu_{0,95}}$).

2. Relations pondérales.

La prédominance quantitative de l'acide glutamique est d'autant plus nette (Tableaux 4, 5) qu'il est le constituant majeur du gluten du grain. Placés en net retrait, on trouve la leucine, l'alanine, la proline, l'acide aspartique et la valine ; en dernières positions, il y a la tyrosine, l'histidine, la lysine et les amino-acides soufrés. Globalement, ce classement est assez caractéristique de la famille des graminées (Genevois, 1957 ; Daussant et al., 1983 ; Bourreil & Gaydou, en préparation).

3. Corrélation entre la somme des teneurs en amino-acides totaux et la teneur en amidon.

Le calcul du coefficient de corrélation entre la somme des teneurs des 17 amino-acides et la teneur en amidon des caryopses est effectué à partir des données du tableau 5. Donc, étant

donné les valeurs des couples des variables $x = \sum_{1}^{17}$ a.a.t. et $y =$ teneur en amidon, $r = -0{,}7575$, sachant que $|r| > r_{0,01} = 0{,}6835$ pour $n = 13$ et $\nu = 11$. Il s'agit donc d'une corrélation négative significative (sécurité 99 %).

D'après HELLER (1968), DIEM & LENTNER (1973), DAGNÉLIE (1973, 1975), on peut calculer les coefficients des équations représentatives des droites tracées sur la figure 1 :

1) droite Y de régression des y en x : $y = -1{,}637\ x + 102{,}08$.

2) droite X de régression des x en y : $x = -0{,}35\ y + 47{,}31$.

3) droite d'allométrie de Teissier, dite droite des moindres rectangles : $y = -2{,}16x + 116{,}255$. C'est l'une des diagonales du rectangle qui circonscrit l'ellipse de tolérance et dont les côtés sont parallèles aux axes de coordonnées.

4) droite de régression orthogonale Yo ou axe principal de l'ellipse de tolérance : $y = -2{,}62\ x + 128{,}76$.

Les calculs concernant l'ellipse de tolérance sont effectués d'après la méthode de l'ouvrage Documenta GEIGY (1973).

IV. CONCLUSION

Stipagrostis ciliata, espèce dont nous avons précisé l'optimum bioclimatique (BOURREIL, 1967) est l'exemple type des végétaux herbacés qui se rattachent aux symétries floristiques des zones sèches nord et sud en Afrique (MONOD, 1971). Treize échantillons de caryopses (5 aborigènes et 8 de cultures expérimentales) de 6 lignées des variétés *ciliata* et *capensis* dont l'aire de répartition est distante de plus de 4000 km ont été l'objet d'expériences de biochimie. Par le test de Moore, il est démontré que la variation phénotypique des teneurs en amino-acides totaux des caryopses exprimées en résidus/100 résidus ne diffère pas significativement pour 3 lignées des 2 variétés cultivées au jardin botanique de la Faculté des Sciences de St-Jérôme, en milieu homogène (1, à ciel ouvert ; 2, sous serre vitrée ; 3, sous serre plastique). L'équivalence des teneurs en amino-acides des caryopses de ces 2 variétés très allopatriques concorde avec le point de vue de SEMIKHOV & NOVOZHILOVA (1982) selon lequel le rang spécifique est le niveau nomenclatural le plus bas pouvant permettre une différenciation par la composition en amino-acides totaux des graines.

Pour chacun des 17 amino-acides communs des caryopses, les 13 données de teneurs permettent de proposer une estimation valable des paramètres de distribution de l'espèce. Le classement des amino-acides totaux par ordre d'importance quantitative décroissante est pour les rangs extrêmes assez conforme à celui des différentes tribus de la famille des graminées. Il existe enfin, une corrélation significative ($r = -0{,}76$) entre la somme des teneurs des 17 amino-acides et la teneur en amidon, exprimées en g/100g de caryopses.

REMERCIEMENTS : Nous remercions vivement le Dr. O. A. LEISTNER de l'Institut Botanique de Pretoria pour son explication sur la signification du terme Langbeen.

TABLEAU 4 : Composition en amino-acides totaux et en amidon (g pour 100 g) des caryopses de *Stipagrostis ciliata*.

ORIGINE DES LIGNÉES	AFRIQUE BORÉALE					AFRIQUE AUSTRALE								
	MAROC				TUNISIE	RÉPUBLIQUE D'AFRIQUE DU SUD				NAMIBIE	BOSTWANA			
						station 9			station 2					
AMINO-ACIDE (g/100g)	Culture botanique Rabat (1)	Culture serres s.v.M. (2)	Culture serres s.pl.M. (3)	Culture J. bot. Marseille (4)	aborigène (5)	aborigène (6)	Culture serres s.v.M. (7)	Culture serres s.pl.M. (8)	aborigène (9)	aborigène (10)	Culture serres s.v.M. (11)	Culture serres s.pl. M. (12)	Culture J. bot. Marseille (13)	COEFFICIENT DE VARIATION DES 13 DONNÉES
Asp. (Asx)	1,26	1,37	1,30	1,21	1,11	1,34	1,26	1,29	1,36	1,48	1,10	1,23	1,08	9,65
Thr.	0,82	0,84	0,77	0,62	0,66	0,80	0,69	0,76	0,69	0,78	0,63	0,74	0,63	10,12
Ser.	1,02	1,05	0,96	0,80	0,86	0,93	0,99	0,88	0,80	0,98	0,74	1,00	0,83	10,42
Glu. (Glx)	11,29	12,31	11,75	10,82	9,57	10,65	11,93	11,55	10,12	11,69	8,57	11,43	9,81	9,64
Pro.	1,36	1,70	1,74	1,34	1,41	1,47	1,85	1,75	1,38	1,65	1,46	1,79	1,65	11,06
Gly.	0,87	0,98	0,95	0,80	0,91	0,82	0,87	0,96	0,78	0,84	0,77	0,93	0,88	7,68
Ala.	1,76	1,85	1,76	1,70	1,49	1,76	1,68	1,70	1,58	1,86	1,44	1,70	1,46	8,02
Val.	1,31	1,12	1,09	1,18	1,02	1,23	1,11	1,16	1,17	1,36	0,89	1,20	1,02	10,52
Cys.	0,10	0,36	0,32	0,12	0,16	0,13	0,21	0,42	0,10	0,08	0,14	0,27	0,18	52,75
Met.	0,06	0,34	0,46	0,45	0,28	0,28	0,19	0,75	0,45	0,27	0,46	0,56	0,25	46,18
Ile.	1,18	0,87	1,02	1,16	0,76	1,03	0,90	0,92	1,15	1,25	0,72	0,93	0,82	16,65
Leu.	2,99	3,47	3,32	3,27	2,83	2,97	3,13	3,20	3,38	3,80	2,50	3,55	2,85	10,53
Tyr.	0,55	0,70	0,72	0,47	0,64	0,49	0,58	0,70	0,54	0,62	0,56	0,64	0,55	12,87
Phe.	0,96	1,05	0,99	0,90	0,89	1,01	0,92	1,02	1,06	1,01	0,88	1,06	0,90	6,73
Lys.	0,41	0,40	0,47	0,42	0,38	0,50	0,41	0,35	0,44	0,46	0,33	0,42	0,34	11,2
His.	0,56	0,42	0,48	0,47	0,44	0,52	0,44	0,38	0,41	0,50	0,38	0,44	0,35	12,8
Arg.	0,79	0,92	0,89	0,77	0,71	0,84	0,90	0,89	0,80	0,95	0,75	0,97	0,89	9,15
Amino-acides (g/100g)	27,29	29,75	28,94	26,50	24,12	26,77	28,06	28,68	26,21	29,58	22,32	28,86	24,60	8,16
Amidon (g/100 g)	54,0	52,0	52,5	55,0	65,0	55,3	55,6	52,4	60,0	59,9	66,0	60,0	63,6	8,20

ABRÉVIATIONS : s.v.M. = serre vitrée Marseille ; s.pl.M. = serre plastique Marseille ; j.bot. = jardin botanique.

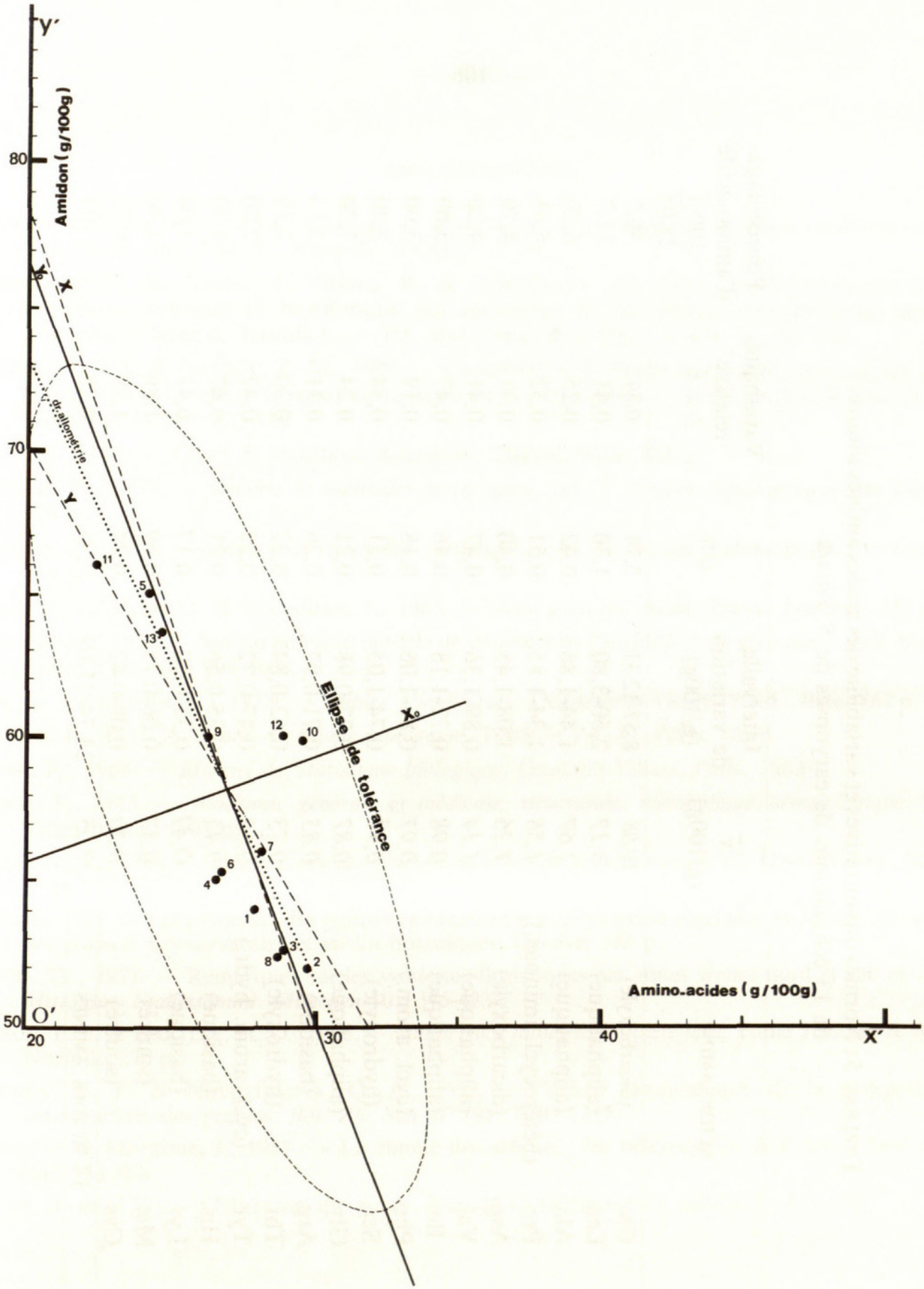

Fig. 1. — Illustration de la corrélation entre les teneurs en amidon et en amino-acides totaux ($\sum_{1}^{17}$ a.a.t.) pour 100 g de caryopses : 1°, droites de régression des y en x (dr.Y) et des x en y (dr.X). 2°, Droite d'allométrie. 3°, Droites Yo et Xo, axes de l'ellipse. 4°, Ellipse de tolérance. 5°, Position des points représentatifs des couples x et y (numérotation suivant celle du tableau 4).

Les formules des droites indiquées dans le texte concernent le système de coordonnées orthogonales $x\ 0\ y$, avec pour valeur à l'origine ($x = 0$ et $y = 0$). Leur tracé dans le système $x'0'y'$ est obtenu à partir de chaque formule en prenant successivement les valeurs $x = 20$ (on obtient l'ordonnée du point de rencontre de la droite avec l'axe $0'y'$) et $y = 50$ (on obtient l'abcisse du point de rencontre de la droite avec l'axe $0'x'$).

TABLEAU 5 : Normes quantitatives et variabilité des acides aminés totaux de 13 échantillons de caryopses de *S. ciliata*.

Rang quantitatif (R. q.)	ACIDE AMINÉ		$\bar{x}$ (g/100g)	Intervalle de variation (g/100g)	$\triangle x$	Variabilité relative $\triangle x/\bar{x}$	Pourcentage d'amino-acide $\frac{100\,\bar{x}}{27,05}$
1	Glu.	(dicarboxylé)	*10,88*	8,57-12,31	3,74	0,34	40,2
2	Leu.	(aliphatique)	*3,17*	2,50-3,80	1,30	0,41	11,7
3	Ala.	(aliphatique)	*1,67*	1,44-1,86	0,42	0,25	6,20
4	Pro.	(hétérocycl. iminoac.)	*1,58*	1,34-1,85	0,51	0,32	5,85
5	Asp.	(dicarboxylé)	*1,26*	1,08-1,48	0,40	0,31	4,70
6	Val.	(aliphatique)	*1,14*	0,89-1,36	0,47	0,41	4,20
7	Ile.	(aliphatique)	*0,98*	0,72-1,18	0,46	0,47	3,60
8	Phe.	(cycl. arom.)	*0,97*	0,88-1,06	0,18	0,19	3,60
9	Ser.	(hydroxylé)	*0,91*	0,74-1,05	0,31	0,34	3,40
10	Gly.	(aliphatique)	*0,87*	0,77-0,98	0,21	0,24	3,20
11	Arg.	(basique)	*0,85*	0,71-0,97	0,26	0,31	3,15
12	Thr.	(hydroxylé)	*0,73*	0,62-0,84	0,22	0,30	2,70
13	Tyr.	(cycl. arom. hydr.)	*0,60*	0,47-0,72	0,25	0,42	2,20
14	His.	(basique)	*0,45*	0,35-0,56	0,21	0,47	1,70
15	Lys.	(basique)	*O,41*	0,33-0,50	0,17	0,41	1,50
16	Met.	(soufré)	*0,37*	0,06-0,75	0,69	1,86	1,40
17	Cys.	(soufré)	*0,20*	0,08-0,42	0,34	1,70	0,75
	17 ACIDES AMINÉS		*27,05*	23,74-31,69	7,95	0,28	100

BIBLIOGRAPHIE

BOURREIL, P. J. L., 1967. — Sur l'écologie, la germination et la culture de quelques graminées du genre *Aristida* L. *Ann. Fac. Sc. Marseille* XXXIX : 45-87.

BOURREIL, P. J. L., VIANO, J., NÈGRE, R. & LEMORDANT, D., 1987. — Contribution à l'étude morpho-anatomique et biométrique des caryopses de six espèces de graminées des genres *Stipagrostis* Nees et *Aristida* L. — III. *Rev. Cytol. Biol. Vég.* — Bot. 10 : 97-146.

BOURREIL, P. J. L. & GAYDOU, E. M., 1989. — Contribution à l'étude chimiotaxonomique des tribus et groupes de la famille des Graminées à partir de la composition en amino-acides de leurs caryopses. *Candollea* 44 (1) : 175-180.

CALOT, G., 1973. — *Cours de statistique descriptive*. Dunod, Paris, 488 p.

DAGNÉLIE, P., 1973. — *Théorie et méthodes statistiques*, vol. 1. Presses agronomiques de Gembloux, 378 p.

DAGNÉLIE, P., 1975. — *Théorie et méthodes statistiques*, vol. 2. Presses agronomiques de Gembloux, 463 p.

DAUSSANT, J., MOSSE, J. & WAUGHAN, J., 1983. — *Seed proteins*. Acad. Press., London, 333 p.

DUMAZERT, C., 1950. — Sur un nouveau modèle de structure de l'amidon et du glycogène. *Bull. Soc. Chim. Biol.* 32 (11-12) : 998-1008.

DIEM, K. & LENTNER, C., 1973. — *Tables scientifiques*. Documenta Geigy, 7e éd., Bâle, 862 p.

GENEVOIS, L., 1957. — *Traité de chimie biologique*, Tome 1, P.U.F., Paris, 325 p.

HELLER, R., 1968. — *Manuel de Statistique biologique*. Gauthier-Villars, Paris, 296 p.

LOUISOT, P., 1983. — *Biochimie générale et médicale, structurale, métabolique, séméiologique*. SIMEP, Villeurbanne, 1007 p.

MARCHETTI, R., 1964. — *Métabolisme des glucides au cours de la germination*. Th. Doct. Pharm., Marseille, 63 p.

MIÈGE, J., 1975. — Les protéines des graines en taxonomie et phylogénie végétales. *In* MIÈGE, *Les protéines des graines*. Conservatoire et jardin botaniques, Genève, 385 p.

MONOD, Th., 1971. — Remarques sur les symétries floristiques des zones sèches nord et sud en Afrique. *Mitt. Bot. Staatssamml. München* 10 : 375-423.

PEARSON, E. S. & HARTLEY, H. O., 1976. — *Biometrika tables for statisticians*, Tome 1. Lowe & Brydone, Norfolk, 270 p.

SEMIKHOV, V. F. & NOVOZHILOVA, O. A., 1982. — Valeur taxonomique de la composition en amino-acides des graines. *Bot. Zh. Sun.* 67 (9) : 1207-1215.

VERNIN, G. & METZGER, J., 1981. — La chimie des arômes : les hétérocycles. *Bul. Soc. Chim. Belg.* 90 (6) : 553-588.

WINTER, B. DE, 1963. — Notes on the genus *Aristida* L. (Gramineae). *Kirkia* 3 : 132-137.

APPENDICE

Dans 3 publications citées ci-dessous, les quantités d'amino-acides en g/100g de caryopses ont été calculées en monochlorhydrate (pour Lys et Arg), en monochlorhydrate monohydraté (pour His), en dérivé monohydraté (pour Glu), alors qu'il fallait strictement utiliser leur poids moléculaire. Dans ces conditions, il convient de multiplier la quantité de ces amino-acides par les coefficients suivants : Glu : × 0,891. Lys : × 0,800. His : × 0,740. Arg : × 0,827.

1. Bourreil, P., Gast, M., Ghiglione, C., Giraud, M. & Lemordant, D., 1979. — Cf. bibliographie du présent article.
2. Bourreil, P., Ghiglione, C. & Thinon, M., 1976. — Contribution à l'étude morpho-anatomique, biométrique et biochimique des caryopses de graminées du genre *Stipagrostis* Nees-I. *Adansonia*, sér. 2, 16 (2) : 283-291.
3. Ghiglione, C., Bourreil, P., Lazarides, M. & Richard, M. L., 1975. — Première étude biochimique des caryopses de 2 espèces australiennes du genre *Aristida* L. Parallèle avec *Aristida rhinochloa*, graminée africaine. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.*, Paris, sér. D, 281 : 451-454.

N.B. — Pour la référence (1), 6e colonne du tableau 6, p. 105, lire 1,41 au lieu de 1,60 sur la ligne relative à Asp. (serre plastique 1978).

Bourreil, Pierre et al. 1991. "Contribution à l'étude biochimique des caryopses de graminées du genre Stipagrostis Nees. IV." *Bulletin du Muse*

um National d'Histoire Naturelle Section B,Adansonia, botanique, phytochimie 13(1), 95–108.

View This Item Online: https://www.biodiversitylibrary.org/item/49409
Permalink: https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/276438

Holding Institution
Missouri Botanical Garden, Peter H. Raven Library

Sponsored by
Missouri Botanical Garden

Copyright & Reuse
Copyright Status: In copyright. Digitized with the permission of the rights holder.
Rights Holder: Muséum national d'Histoire naturelle
License: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/
Rights: https://biodiversitylibrary.org/permissions

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at https://www.biodiversitylibrary.org.

This file was generated 18 August 2022 at 12:41 UTC