



HAL
open science

Analyse des relations entre formes spontanées et cultivées chez le mil à chandelles. III. – Étude de l'hérédité des estérases et des peroxydases anodiques

Michel Sandmeier, Marboua Beninga, Jean Pernes

► **To cite this version:**

Michel Sandmeier, Marboua Beninga, Jean Pernes. Analyse des relations entre formes spontanées et cultivées chez le mil à chandelles. III. – Étude de l'hérédité des estérases et des peroxydases anodiques. *Agronomie*, 1981, 1 (6), pp.487-494. <hal-00884285>

HAL Id: hal-00884285

<https://hal.science/hal-00884285v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Analyse des relations entre formes spontanées et cultivées chez le mil à chandelles. III. — Étude de l'hérédité des estérases et des peroxydases anodiques.

Michel SANDMEIER, Marboua BENINGA & Jean PERNES

C.N.R.S. Laboratoire de Génétique et Physiologie du Développement des Plantes (G.P.D.P.), F 91190 Gif-sur-Yvette.

RÉSUMÉ

Mil,
Estérase,
Peroxydase,
Hérédité.

Une estérase carboxylique a été mise en évidence chez le mil. Elle présente 9 formes alléliques différentes chez les 8 variétés, cultivars ou formes spontanées étudiés. Son déterminisme génétique est mendélien (ségrégation 1 : 2 : 1) et elle est dimérique.

Huit peroxydases anodiques ont été caractérisées et 5 d'entre elles (P_3 , P_5 , P_6 , P_{10} et P_{11}) ne sont pas présentes chez toutes les lignées expérimentées. Le déterminisme génétique de P_3 et P_6 n'a pas été déterminé ; celui de P_5 est bi-génique (ségrégation 9 : 7) ; P_{10} et P_{11} sont exclusives, c'est-à-dire que l'on ne rencontre que l'une des 2 formes.

Les ségrégations et les recombinaisons des gènes étudiés sont analogues dans des croisements intra ou interspécifiques.

SUMMARY

Millet,
Esterase,
Peroxydase,
Hereditiy.

Genetic analysis of the relationships between spontaneous and cultivated form of pearl millet. III. Inheritance of esterases and anodic peroxydases isozymes

A carboxylic esterase has been found in pearl millet by gel electrophoresis. For the 8 varieties, cultivars and spontaneous forms studied, the enzyme presents 9 different alleles. The inheritance is mendelian, with a genetic ratio of 1 : 2 : 1. The enzyme is a dimer.

Eight anodic peroxydases have been characterized. Five of them (P_3 , P_5 , P_6 , P_{10} and P_{11}) are not present in all the lines studied. The inheritance of P_3 and P_6 has not been established. P_5 is controlled by 2 genes, with a genetic ratio of 9 : 7. P_{10} and P_{11} are mutually exclusive - they are never found simultaneously in any one plant. Segregations and recombinations of these genes are analogous in intra- or inter-specific hybrids.

I. INTRODUCTION

Les gènes marqueurs, notamment ceux qui impliquent des isozymes, sont un outil précieux en génétique. En effet, ils permettent de caractériser les espèces ou les variétés, de contrôler un programme de sélection, de préciser des groupes de linkage et d'établir des cartes chromosomiques. Ils constituent une base pour l'étude du polymorphisme d'une population végétale et l'établissement de distances génétiques.

En étroite relation avec les études de génétique et de morphogenèse entreprises au laboratoire sur le mil, *Pennisetum americanum* (L.) Leeke (BELLIARD *et al.*, 1980), nous avons entrepris l'étude du polymorphisme enzymatique des variétés, des cultivars et de leurs hybrides, ainsi que chez des formes spontanées d'origines variées et leurs hybrides interspécifiques avec divers cultivars (PERNES *et al.*, 1980).

Les enzymes étudiées, peroxydases et estérases, ne reflètent qu'une étape d'avancement des programmes de recherche des marqueurs et non un choix fondamental délibéré. Ce sont des marqueurs fréquemment étudiés et généralement polymorphes.

Pour les estérases, citons les travaux de NAKAI *et al.* (1971) sur les semences de sorgho, d'ALLARD *et al.* (1975) sur l'orge, l'avoine, la fétuque et le brome ou de MARSHALL *et al.* (1969) chez les plantules de sorgho.

Les peroxydases ont également fait l'objet de nombreuses études chez les Graminées et notamment sur l'orge (FELDER, 1970), le maïs (SCANDALIOS, 1969) ou l'avoine (MARSHALL & ALLARD, 1969).

Dans ce travail, nous avons tenté de mettre en évidence un polymorphisme enzymatique chez les estérases et les peroxydases, puis d'établir le déterminisme génétique de différents isozymes.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A) Matériel végétal

Ce travail a été entrepris sur 6 variétés ou cultivars :

- « Massue », lignée issue d'un cultivar d'oasis mauritanien,
 - « Ligui », lignée naine issue d'un cultivar du Tchad,
 - « 23DB », variété naine sélectionnée à Tifton, en Géorgie (USA),
 - « Sanio », lignée en cours de fixation issue d'un cultivar sénégalais tardif,
 - « J104 », lignée sélectionnée en Inde,
 - « Tiotandé », lignée en cours de fixation issue d'un cultivar sénégalais,
- et 2 formes spontanées :

— *Pennisetum mollissimum* Hochst. forme spontanée récoltée dans la région de Gao (Mali), à l'écart de toute zone de cultures.

— *Pennisetum violaceum* (Lam) L. Rich forme spontanée de la région de Bambey (Sénégal), adventice des champs de mil.

Toutes ces lignées ont été décrites avec précision par BELLIARD *et al.* (1980) qui précisent leurs caractéristiques morphologiques génétiques et physiologiques.

B) Extraction des enzymes

Des fragments de 0,5 g de feuilles jeunes, prélevées sur des plantes âgées de 1 mois sont broyées, à 4 °C, dans un mortier refroidi, en présence de 0,5 ml de tampon Tris-HCl pH 8,5-0,2 M, additionné de 0,03 p. 100 de 2-mercaptoéthanol et de sable de Fontainebleau. Le mortier est ensuite lavé avec 0,5 ml de tampon et le broyat est centrifugé à 40 000 g pendant 20 mn, à 0 °C. On recueille le surnageant auquel on ajoute du saccharose (200 mg/ml d'extrait) et une goutte d'une solution de bleu de bromophénol à $1,5 \times 10^{-3}$ M. L'électrophorèse est réalisée sur 100 μ l d'extrait ainsi préparé.

C) Electrophorèse

Les estérases et les peroxydases ont été séparées par électrophorèse sur gel de polyacrylamide suivant la méthode de ORNSTEIN (1964).

a) Préparation des gels

On réalise les 3 solutions suivantes :

Solution A :	
Tri-hydroxyaminométhane (Tris)	181,5 g
HCl N	240 ml
N, N, N', N' tétraméthyl-éthylène-di-amine (TMED)	2,3 ml
Eau distillée q.s.p.	1 000 ml
pH = 8,9	
Solution B :	
Acrylamide recristallisé 2 fois	240 g
N,N', méthylène-bis-acrylamide	6,4 g
Eau distillée q.s.p.	1 000 ml
Solution C (à exécuter au moment de la préparation des gels) :	
Persulfate d'Ammonium	1,4 g
Eau distillée q.s.p.	1 000 ml

Au moment de l'emploi, on mélange les 3 solutions dans les proportions suivantes : 1 volume de solution A + 1 volume de solution B + 2 volumes de solution C ; puis on chasse les gaz de la solution et on coule les gels dans des tubes de 0,6 cm de diamètre et de 12 cm de long.

b) Électrophorèse

L'électrophorèse est réalisée dans un tampon Tris-glycine de pH 8,3 et dont la mortalité est de 0,043 M. La tension appliquée est de 200 Volts (environ 2,5 mA par tube) pendant 3 h. L'électrophorèse est réalisée à 4 °C.

D) Révélation des enzymes

1. Révélation des estérases carboxyliques (Méthode de URIEL, 1964)

L'activité estérasique des extraits est révélée par l'apparition des bandes bleu-vert sur les gels de polyacrylamide ; la transformation oxydative de l'indoxyle en indigo insoluble étant catalysée par les ions Cu^{++} .

Cette caractérisation a lieu en un seul temps, par incubation dans la solution suivante (10 ml par gel) :

On dissout 25 mg d'acétate d'indoxyle dans 2,5 ml d'acétone, on ajoute 88 ml de tampon di-éthyl-barbiturate de sodium-HCl pH 8,2 et 0,05 M et 10 ml d'acétate de cuivre à 10^{-3} M dans l'eau.

2. Caractérisation des peroxydases

Le donneur d'hydrogène utilisé est la benzidine ; les gels sont colorés de la façon suivante : ils incubent pendant 20 mn dans du di-chlorure de benzidine (0,007 M) en solution dans un tampon acétate de pH 4,4 à 0,1 M. A la fin de l'incubation, on ajoute 2 gouttes d'eau oxygénée à 30 vol. ; les gels se colorent en brun au niveau où les peroxydases ont migré.

3. Présentation des résultats

La distance de migration d'un même isozyme sur plusieurs gels n'étant pas rigoureusement constante d'une expérience à l'autre, on calcule le « Rf » de migration en divisant la distance de migration parcourue par la protéine par la distance de migration du bleu de bromophénol. Chaque isozyme est caractérisé par une valeur numérique de migration comprise entre 0 (pas de migration) et 1 (migration égale à celle du bleu de bromophénol). Comme en chromatographie, on désigne cette valeur sous le vocable Rf (ratio front).

III. RÉSULTATS

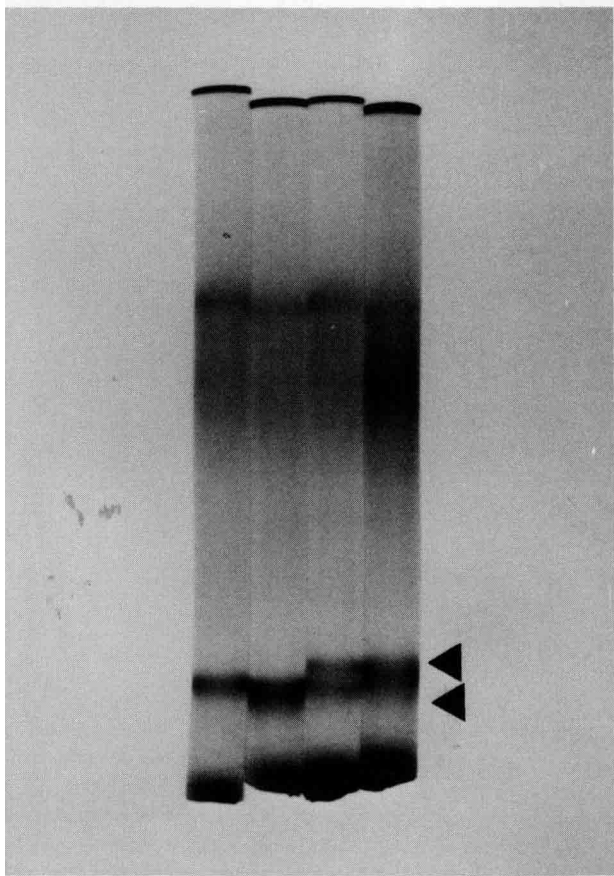
A) Les estérases et les peroxydases du mil

L'étude de ces isozymes et de leur déterminisme génétique a été entreprise sur 3 variétés de mil (« 23DB », « Ligui », « Massue ») et leurs hybrides F_1 et F_2 .

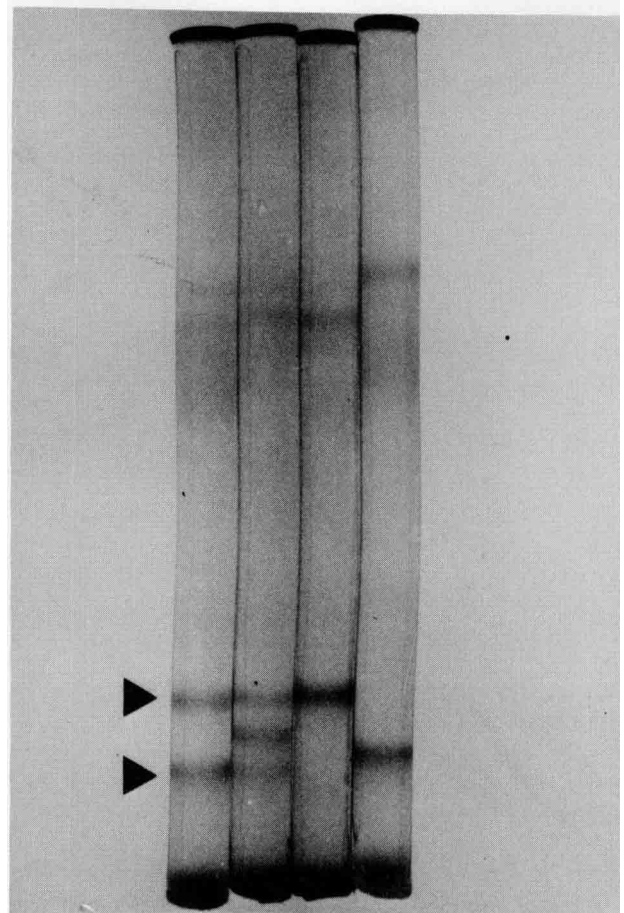
1. Mise en évidence des estérases

La figure 1 montre la position de l'estérase E1 sur les électrophorégrammes pour les 3 variétés étudiées et leurs hybrides F_1 ; on peut constater que :

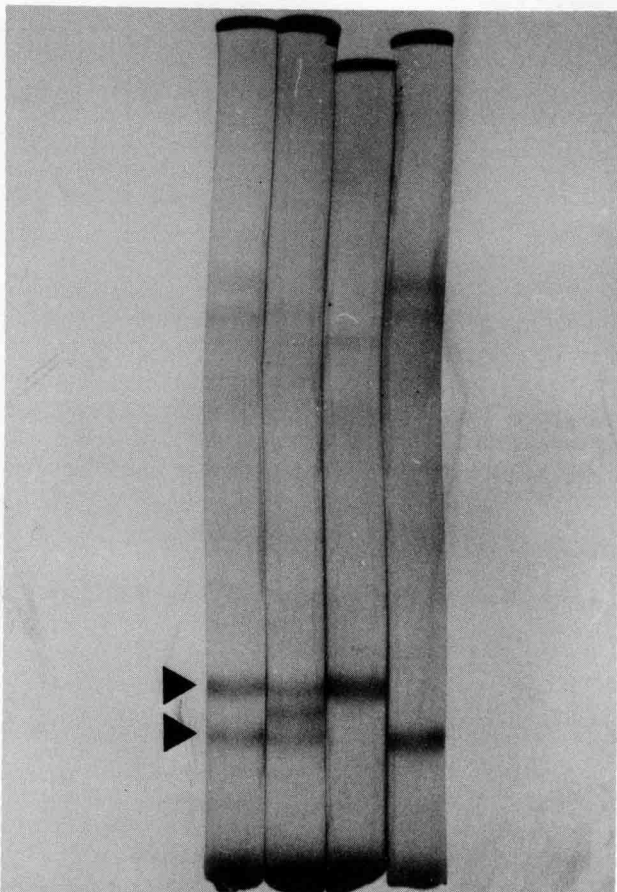
— chacun des 3 génotypes étudiés possède une forme allélique différente pour son estérase E_1 . En effet, les rapports de distances de migration (Rf) sont différents ; de plus, en mélangeant les extraits 2 à 2, on retrouve 2 bandes



a)



c)



b)

Figure 1

Electrophorèse sur gel de polyacrylamide des estérases carboxyliques du mil.

1a : de gauche à droite : 23DB, Massue, mélange 23DB + Massue et F₁ 23DB × Massue.

1b : de gauche à droite : mélange 23DB + Ligui ; F₁ 23DB × Ligui ; Ligui et 23DB.

1c : de gauche à droite : mélange Massue + Ligui ; F₁ Massue × Ligui ; Ligui et Massue.

Polyacrylamide gel electrophoresis of the carboxylic esterase of Pearl Millet.

1a : from left to right : 23DB, Massue, mixture of 23DB and Massue, and F₁ 23DB × Massue.

1b : from left to right : mixture of 23DB and Ligui ; F₁ 23DB × Ligui ; Ligui and 23DB.

1c : from left to right : mixture of Massue and Ligui ; F₁ Massue × Ligui ; Ligui and Massue.

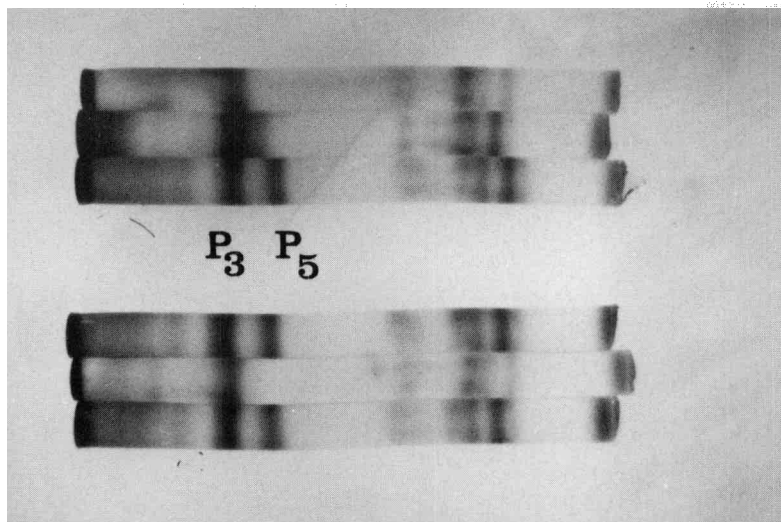


Figure 2

Electrophorèse sur gel de polyacrylamide des peroxydases anodiques du mil.

On a de haut en bas :

- Massue (P3)
- 23DB (P3)
- Ligui (P3 et P5)
- F₁ 23DB × Ligui (P3 et P5)
- F₁ 23DB × Massue (P3)
- F₁ 2 Massue × Ligui (P3 et P5).

Polyacrylamide gel electrophoresis of the anodic peroxydase of pearl millet.

From top to bottom :

- Massue (P3)
- 23DB (P3)
- Ligui (P3 et P5)
- F₁ 23DB × Ligui (P3 et P5)
- F₁ 23DB × Massue (P3)
- F₁ 2 Massue × Ligui (P3 et P5).

dans tous les mélanges alors qu'en cas d'identité, nous n'en aurions retrouvé qu'une ;

— les hybrides F₁, réalisés entre ces 3 génotypes, possèdent 3 bandes, les 2 extrêmes étant de type parental alors que l'intermédiaire est spécifique de l'hybride. On peut donc penser que E₁ est formée de 2 sous-unités, chaque génotype produisant un seul type de monomères qui peut s'apparier sous forme d'homodimères (AA ou BB) ou d'hétérodimères (AB) ; chacune des molécules ayant un Rf particulier ;

— des études préliminaires ont montré que cette estérase est présente dans la feuille du mil quel que soit l'âge de la plante ou le niveau de la feuille sur la plante. Nous avons donc un marqueur particulièrement stable.

2. Mise en évidence des peroxydases anodiques

La figure 2 montre que 6 peroxydases anodiques ont pu être repérées par électrophorèse à partir d'extraits de feuilles de « Ligui », de « Massue », de « 23DB » ou de leurs hybrides F₁. Parmi ces isozymes, l'un, dénommé P₅ (Rf 0,4), est présent chez « Ligui » et les hybrides où « Ligui » est l'un des parents, alors qu'il est absent chez « 23DB » et « Massue ».

Cette enzyme a pu être détectée dans les feuilles de plantes âgées de 15 j et est visible pendant toute la durée du cycle de développement de la plante.

B) Étude de l'hérédité de P₅ et E₁

1. Hérité

Des hybrides F₁, réalisés entre les variétés « Massue », « 23DB » et « Ligui » ont été autofécondés et l'estérase E₁ a été analysée chez les plantes constituant cette F₂. Les résultats obtenus (tabl. 1) montrent que les ségrégations observées sont compatibles avec une hypothèse monofactorielle.

La ségrégation de la peroxydase P₅ a été étudiée sur la descendance F₂ d'un croisement entre « Massue » et « Ligui » (P₅) d'une part, et « 23DB » et « Ligui » (P₅) d'autre part. L'analyse du tableau 2 permet de tirer les conclusions suivantes :

Pour le croisement entre « Ligui » et « 23DB », on a une ségrégation de type 9-7 (2 gènes), alors que la des-

TABLEAU 1

Ségrégation (1-2-1) de l'estérase E₁ chez des hybrides F₂ de mil
The 1-2-1 segregation of E₁ esterase in F₂ hybrid of pearl millet

Croisement	Type allélique				CHI ₂
	23DB	Massue	Ligui	Hybride (3 bandes)	
23DB × Ligui	23	—	16	44	1,48
Massue × Ligui	—	27	29	50	0,24
23DB × Massue	39	23	—	63	4,10

CHI₂ : seuil de 5% (2 DL) : 5,99.

cendance F₂ de l'hybride « Massue » × « Ligui » montre une ségrégation de type 3-1 (1 gène).

Cette contradiction peut provenir d'un biais dans la ségrégation de la F₂ « 23DB » × « Ligui » (9-7) ; cette hypothèse doit être rejetée car l'analyse de plusieurs F₂ a fourni des résultats analogues. On peut formuler une autre hypothèse : « Massue » possède 2 gènes qui codent pour P₅, mais l'un d'eux est sous la forme d'un allèle fonctionnel (P₅P₅P'₅P'₅) ; le croisement « Massue » × « Ligui » ne met alors en jeu qu'un seul gène.

2. Liaison génétique entre les gènes P₅ et E₁

Les liaisons génétiques entre les gènes P₅ et E₁ ont été recherchées dans des descendance F₂ de croisement « Massue » × « Ligui » et « 23DB » × « Ligui ». Les résultats obtenus (tabl. 3) montrent que ces gènes ségrègent de manière apparemment indépendante.

C) Utilisation des isozymes pour l'étude de descendance issues de croisements entre formes spontanées et cultivées de mil

Les variétés ou cultivars de mil ont été systématiquement croisés avec *P. mollissimum*, espèce spontanée récoltée

TABLEAU 2
Ségrégation de la peroxydase P_5
Segregation of peroxydase P_5

Croisements	Type allélique		CHI ₂ pour des fréquences théoriques de	
	P_5	P_5	3.1.	9.7.
F_2 Massue × Ligui 1 ^{er} semis	76	30	0,62	10,31
F_2 Massue × Ligui 2 ^e semis	51	23	1,45	4,85
F_2 23DB × Ligui 1 ^{er} semis	31	20	5,49	0,42
F_2 23DB × Ligui 2 ^e semis	77	63	29,87	0,09
(23DB × Ligui) × Massue (1.1)	17	22	0,64	

CHI₂ : seuil de 5 % (1 DL) : 3,84.

TABLEAU 3

Liaisons génétiques entre le gène estérase E_1 et les gènes peroxydases P_5
Genetic linkage between the esterase E_1 gene and the peroxydase P_5 genes

Estérase E_1 (1.2.1)	F_2 Massue × Ligui (3.1)		F_2 23DB × Ligui (9.7)	
	P_5	P_5	P_5	P_5
E_1 Ligui	19	10	16	11
E_1 Massue	18	9	—	—
E_1 23DB	—	—	22	11
E_1 hybride	39	11	40	33
CHI ₂	3,17		3,41	

CHI₂ : seuil de 5 % (2 DL) : 5,99.

au Mali. Les descendance F_1 et F_2 ont fait l'objet d'études morphologiques, physiologiques et génétiques (BELLIARD *et al.*, 1980) et d'études enzymatiques qui vont être analysées maintenant.

1. Analyse des F_1

a) Estérase E_1

Six allèles nouveaux ont pu être mis en évidence chez ces variétés en plus des 3 mis précédemment en évidence

(tabl. 4). Ces allèles ont été caractérisés par leur indice de migration électrophorétique par rapport à « 23DB » utilisé comme allèle de référence. Cette valeur est calculée de la manière suivante :

$$\frac{\text{Rf de l'allèle X}}{\text{Rf de l'allèle « 23DB »}}$$

L'identité entre les divers allèles a été éprouvée de 2 manières :

— en faisant des croisements et en analysant les hybrides F_1 (3 bandes : allèles différents ; 1 bande : allèles identiques)

— en mélangeant les extraits de 2 allèles ; si l'on obtient une bande, on a le même allèle, s'il y en a 2, on a affaire à des allèles différents (fig. 1).

Le tableau 4 montre que 7 variétés ont au moins une forme allélique originale qui les caractérise ; seule « Massue » n'a pas de bande originale puisqu'elle a la même que « Tiotandé ».

b) Peroxydases anodiques

Huit peroxydases anodiques ont été mises en évidence chez les 8 cultivars étudiés et leurs hybrides F_1 ; de ces 8 peroxydases, 5 ne sont pas présentes chez toutes les variétés (tabl. 5) :

P_3 (Rf 0,35) peut être absente chez *P. mollissimum*, « Tiotandé », « Sanio » et *P. violaceum* ;

P_5 (Rf 0,40) est caractéristique de *P. mollissimum*, de « Ligui » et de « Sanio » ;

P_6 (Rf 0,45) ne se rencontre que chez *P. mollissimum* ;

P_{10} et P_{11} (Rf 0,78 et 0,82) sont mutuellement exclusives, c'est-à-dire que l'on ne rencontre que l'une des formes chez une plante, jamais les 2 à la fois. P_{10} n'est rencontrée que chez les formes spontanées.

2. Analyse des F_2 et F_3

Cette analyse a été réalisée chez 3 hybrides : *P. mollissimum* × (« Ligui » ou « 23DB » ou « Massue » (tabl. 6)). Les résultats obtenus montrent que les ségrégations de l'estérase E_1 (1.2.1) sont conformes à celles obtenues précédemment.

En ce qui concerne la peroxydase P_5 (tabl. 7), les ségrégations sont conformes au modèle proposé précédemment sauf pour la descendance F_2 du croisement entre *P. mollissimum* et « Massue » où l'on observe un déficit de plantes sans P_5 . Ce lot comportait un nombre important de plantes qui sont mortes au cours de leur croissance (PERNES *et al.*, 1980) (7 étaient déjà mortes au moment de l'analyse enzymatique et seules 25 d'entre elles sont arrivées à floraison). Les plantes ne possédant pas P_5 ont-elles été touchées préférentiellement par ces accidents ? C'est une hypothèse à vérifier.

IV. CONCLUSIONS

Ce travail a permis de mettre en évidence une estérase (E_1) formée de 2 sous-unités qui présentent une variabilité allélique importante. En effet, sur les 8 variétés étudiées, 9 formes alléliques différentes ont pu être mises en évidence. Cette estérase présente un déterminisme génétique simple, de type mendélien, à un gène et plusieurs allèles ; les ségrégations sont de fréquence 1.2.1 en F_2 . Des résultats analogues ont été obtenus par SCANDALIOS (1969) sur les maïs.

TABLEAU 4

Fréquences alléliques de l'estérase E_1 chez 8 variétés de mil et de leurs hybrides F_1 avec *P. mollissimum*
 Allele frequencies of the esterase E_1 in 8 varieties of pearl millet and their F_1 hybrids with *P. mollissimum*

Indice de migration électrophorétique	Type allélique (1)								
	VIOL	MOL II SAN II	TIO I	LIG	SAN I	DB	J 104 II	MAS TIO II	MOL I
	0,90	0,92	0,938	0,94	0,98	1,00	1,01	1,03	1,07
<i>P. mollissimum</i>		2/23							23/23
23DB						7/7			
F_1 mol × 23DB		0/7				7/7			7/7
Ligui				3/3					
F_1 mol × Ligui		0/6		6/6					6/6
Massue								3/3	
F_1 mol × Massue		0/7						7/7	7/7
Tiotandé			5/6					5/6	
F_1 mol × Tiotandé		0/7						7/7	7/7
Sanio		11/12			9/12				
F_1 mol × Sanio		12/18			6/18				18/18
J104							5/7		7/7
F_1 mol × J104		0/7					1/7		7/7
<i>P. violaceum</i>	10/10								
viol × mol	22/22	12/22							10/22

(1) Les allèles ont été baptisés du nom des lignées chez lesquelles ils ont été rencontrés. VIOL = *P. violaceum* ; MOL = *P. mollissimum* ; TIO = Tiotande ; LIG = Ligui ; SAN = Sanio ; DB = 23DB ; MAS = Massue.

Les plantes peuvent posséder 1 ou 2 types alléliques différents. Le tableau se lit de la façon suivante : (ex. ligne 10 Sanio) : sur les 12 plantes : 1 plante est SAN I (1 bande), 8 plantes sont SAN I et SAN II, 3 plantes sont SAN II (1 bande).

Cette enzyme est un excellent marqueur génétique des populations de mil car elle présente quelques caractéristiques intéressantes qui sont les suivantes :

— elle est présente pendant toute la durée de développement des plantes ;

— elle montre une variabilité large et elle est de lecture facile grâce à la présence d'hétérodimères chez les hybrides.

Huit peroxydases anodiques ont pu être mises en évidence chez le mil qui paraît actuellement polymorphique pour 5 d'entre elles : P_3 , P_5 , P_6 , P_{10} et P_{11} .

Seule P_5 a pu faire l'objet d'une étude génétique ; 2 gènes codent pour P_5 . En chacun des loci, on peut trouver 2 états alléliques distincts, l'un actif, l'autre inactif. Les peroxydases sont des hétéroprotéines constituées par l'association d'une molécule de glucoprotéine et une de protohématine IX (RICARD, 1969). On pourrait penser que chacun des 2 constituants est sous la dépendance d'un gène et que la

présence active des 2 gènes soit nécessaire à la synthèse d'une molécule de peroxydase. Des résultats analogues ont été obtenus sur les feuilles d'avoine par SMITH (1972).

P_{10} et P_{11} ne se rencontrent jamais simultanément chez les mêmes plantes, elles sont donc exclusives. Les différences entre P_{10} et P_{11} pourraient être attribuées à l'intervention d'un autre locus modifiant les conformations d'une même protéine initiale. Dans ce cas, c'est pour ce 2^e locus qu'il y a du polymorphisme et non pour le gène de structure responsable de la protéine. Cette hypothèse est en cours de vérification.

P_{10} n'est apparue que chez les formes spontanées (*P. violaceum* et *P. mollissimum*).

Aucun des gènes responsables de l'estérase E_1 et de la peroxydase P_5 ne présente de liaisons génétiques significatives.

L'ensemble de ces données montre la cohérence des déterminismes génétiques observés chez les formes culti-

TABLEAU 5

Les peroxydases anodiques présentes chez 8 variétés ou cultivars du mil. Les peroxydases P₇, P₈, P₉ sont présentes chez tous les cultivars
 Anodic peroxydases present in eight varieties or cultivars of pearl millet. The peroxydases P₇, P₈, P₉ are present in all the cultivars

Cultivars et F ₁	Peroxydases				
	P ₃	P ₅	P ₆	P ₁₀	P ₁₁
<i>P. mollissimum</i>	14/21	21/21	9/21	7/21	14/21
23DB	7/7	0/7	0/7	0/7	7/7
F ₁ mol × 23DB	5/5	2/5	0/5	0/5	5/5
Ligui	3/3	3/3	0/3	0/3	3/3
F ₁ mol × Ligui	6/6	6/6	4/6	0/6	6/6
Massue	3/3	0/3	0/3	0/3	3/3
F ₁ mol × Massue	6/6	5/6	0/6	0/6	6/6
Tiotandé	3/6	0/6	0/6	0/6	6/6
F ₁ mol × Tio.	3/6	5/6	0/6	0/6	6/6
Sanio	8/11	9/11	0/11	0/11	11/11
F ₁ mol × Sanio	21/21	18/21	4/21	0/21	21/21
J104	7/7	0/7	0/7	0/7	7/7
F ₁ mol × J104	6/6	5/6	0/6	0/6	6/6
<i>P. violaceum</i>	7/12	0/12	0/12	12/12	0/12
F ₂ viol × mol	24/24	14/24	0/24	0/24	24/24

vées et spontanées ; les ségrégations et les recombinaisons sont analogues dans les descendance de croisements interspécifiques et intraspécifiques. Il n'est cependant pas exclu que des distorsions de ségrégations puissent se manifester dans les descendance d'origine interspécifique (ségrégation P₃, P₅ dans *P. mollissimum* × « Massue » ; peut-être ségrégation E dans les croisements *P. mollissimum* × « 23DB »).

Rappelons (PERNES *et al.* 1980) qu'une certaine proportion de plantes létales ou sub-létales obtenues dans les F₂ interspécifiques peut rendre compte de cette distorsion.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier M. Bradley FRALEIGH pour les traductions en anglais.

TABLEAU 6

Ségrégation de l'estérase EI (1.2.1) dans la descendance d'hybrides de mils sauvages × cultivés
 Segregation of the esterases EI (1.2.1) and the progeny of hybrids of wild × cultivated pearl millet

Croisements	mol I	DB	ligui	massue	Hybride (3 bandes)	
					CHI ₂	CHI ₂
<i>mollissimum</i> × Massue	15	—	—	11	32	1,17
<i>mollissimum</i> × Ligui	18	—	9	—	37	4,10
<i>mollissimum</i> × 23DB	10	17	—	—	43	5,05

CHI₂ : seuil de 5% (2 DL) : 5,99.

TABLEAU 7

Ségrégation de la peroxydase P₃ dans la descendance F₂ et F₃ d'hybrides de mils sauvages × cultivés
 Segregation of peroxydase P₃ in the progeny of F₂ and F₃ hybrids of wild × cultivated pearl millet

Croisements	F ₂			F ₃		
	P ₃	P ₅	CHI ₂	P ₃	P ₅	CHI ₂
<i>P. mollissimum</i> × Massue (3.1.)	42	5	5,17	19	8	0,31
<i>P. mollissimum</i> × Ligui	54	0	—	36	0	—
<i>P. mollissimum</i> × 23DB (9.7.)	35	19	1,60	13	5	1,89

CHI₂ : Seuil de 5% (1 DL) : 3,84.

Reçu le 16 juillet 1980.
 Accepté le 13 mars 1981.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Allard R. W., Kamler A. L., Clegg M. T., 1975. *Isozymes in plant populations genetics In isozymes. IV. Genetics and Evolution*. Ed. by Clement L. Markert Academic Press New York-San-Francisco - London.

Belliard J., Nguyen Van E., Pernes J., 1980. Analyse des relations génétiques entre formes spontanées et cultivées chez le mil à chandelle. I. Etude des parents et des hybrides de première

génération (F1) entre un écotype de *Pennisetum mollissimum* Hochst. (forme spontanée) et différentes formes cultivées de *Pennisetum americanum* (L.) Leeke. *Ann. Amélior. Plantes*, **30**, 229-251.

Belliard J., Pernes J., 1977. Etude de l'organisation génétique et physiologique d'une barrière reproductive particulière chez le mil ; contrôle photopériodique de la floraison. *Physiol. vég.*, **15**, 551-565.

- Felder M. R.**, 1970. *A comparative Genetic, Developmental and Biochemical study of peroxydases in Barley*. PhD Thesis Univ. of California, Davis.
- Marshall D. R., Allard W.**, 1969. The genetics of electrophoretic variants in *Avena*. I. The esterase E₄, E₉, E₁₀, phosphatase P₅ and anodal peroxydase AP × 5 loci in *A. barbata*. *J. Hered.*, **60**, 17-19.
- Nakai Y., Tsunewaki K.**, 1971. Isozyme variations in *Aegilops* and *Triticum*. I. Esterase isozymes in *Aegilops* studied using the gel isoelectrofocusing method. *Japan J. Genetics*, **46**, 321-336.
- Ornstein L.**, 1964. Disc electrophoresis *Annals N-Y Acad. Sc.* **121**, 321-347.
- Pernes J., Nguyen Van E., Beninga M., Belliard J.**, 1980. Analyse des relations génétiques entre formes spontanées et cultivées chez le mil à chandelles (*Pennisetum americanum*, *Pennisetum mollissimum*). II. Etude de trois familles F₂ issues d'hybrides entre une plante d'un écotype de *Pennisetum mollissimum* et trois lignées de mil cultivé *Pennisetum americanum*. *Ann. Amélior. Plantes*, **30**, 253-269.
- Ricard J.**, 1969. Les peroxydases des végétaux supérieurs. *Bull. Soc. fr. Physiol. vég.* **15**, 331-362.
- Scandalios J. G.**, 1969. Genetic control of multiple molecular forms of enzyme in plants. A review. *Biochem. Genet.*, **3**, 37-79.
- Smith R. L.**, 1972. The inheritance of two peroxydases in oat leaves. *J. Hered.*, **63**, 317-320.
- Uriel J.**, 1964. *The characterization reactions of the protein constituents following electrophoresis or immuno electrophoresis in agar*. In *immuno electrophoretic analysis*. Ed. by P. Grabar and P. Burtin, Elsevier Amsterdam, London, New York, 30-57.