

# Polymorphisme de la phosphoglucomutase dans deux races bovines de l'Ouest africain

par R. QUEVAL, L. BAMBARA

Centre de Recherches sur les Trypanosomoses Animales (C.R.T.A.)  
B.P. 454, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

## Résumé

QUEVAL (R.), BAMBARA (L.). Polymorphisme de la phosphoglucomutase dans deux races bovines de l'Ouest africain. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1984, 37 (N° spécial) : 297-305

La variabilité de la phosphoglucomutase (PGM), érythrocytaire et leucocytaire, est analysée dans 2 populations bovines de l'Ouest africain : la race taurine Baoulé et une population locale de Zébu.

Les hémolysats et les leucolysats ont été étudiés par électrophorèse sur acétate de cellulose. Le locus PGM3 présente un polymorphisme génétique déterminé par une paire d'allèles (A et B) et par 3 génotypes (AA, AB et BB).

La répartition phénotypique et les fréquences géniques de ce système enzymatique ont été estimées pour chacune des races bovines. Des différences hautement significatives sont observées : l'allèle érythrocytaire PGM3-A possède une fréquence de 0,2600 chez les zébus locaux et de 0,6117 chez les taurins de race Baoulé.

Mots-clés : Phosphoglucomutase - Polymorphisme - Bovin Baoulé - Zébu - Afrique de l'Ouest.

## Summary

QUEVAL (R.), BAMBARA (L.). Phosphoglucomutase polymorphism in two West african cattle breed. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1984, 37 (N° spécial) : 297-305

Erythrocyte phosphoglucomutase polymorphism was studied in two West african cattle populations : the Baoule and the Zebu.

Hemolysates were analysed by electrophoresis on cellulose acetate. PGM3 locus polymorphism is characterized by two alleles (A and B) and three genotypes (AA, AB and BB). Phenotypes and genotypes were determined for the two breeds. Highly significant differences were found in that the PGM3-A allele has a frequency of 0.2600 in zebus and 0.6117 in Baoule.

Key words : Phosphoglucomutase - Polymorphism - Baoule cattle - Zebu cattle - West Africa.

## 1. INTRODUCTION

Dans le vaste répertoire des enzymes sanguins caractérisés par un polymorphisme génétique, la phosphoglucomutase représente l'un des systèmes pour lequel nos connaissances sur la distribution des variants moléculaires dans les populations de l'espèce bovine demeurent fragmentaires.

La phosphoglucomutase (PGM ; E.C. 2.7.5.1. ;  $\alpha$ -D-glucose-1-6-diphosphate ;  $\alpha$ -D-glucose-1-phosphate phosphotransférase) est une phosphotransférase qui catalyse la conversion du glucose-1-phosphate (G-1-P) produite par la dégradation du glycogène en glucose-6-phosphate (G-6-P).

Cette enzyme largement répandue dans les tissus des mammifères (7), contient 6 molécules de cystéine et possède un poids moléculaire de 74 000. Son polymorphisme a été mis en évidence chez l'homme (19, 10, 16), la souris (18), le chimpanzé (8), la drosophile (9), le lancelet (15), le cheval (4), le porc (17), le rat (13) et le lapin sauvage (6).

La multiplicité de la PGM dans l'espèce bovine a été rapportée, d'une part, par ANSAY *et al.* (3,2), KARADJOLE *et al.* (12), ANANTHAKRISHNAN et SCHNEIDER (1) pour l'enzyme érythrocytaire et d'autre part, par PROBECK et GELDERMANN (1976) pour la PGM leucocytaire. (tableau n° 1).

TABLEAU N°1 - Distribution de l'allèle PGM3-A dans quelques races bovines

R a c e s	n	Fréquence allélique (p.100)	Intervalle de confiance à 95 p.100	Références
Bleu, blanc, beige	194	7,21	4,6 - 9,8	ANSAY (1973)
Frisonne	158	8,23	5,1 - 11,3	
Pie Rouge (MRY)	108	7,41	4,3 - 11,7	
Jersey	27	31,48	19,5 - 45,5	
Hochfleckvieh	43	26,75	13,52 - 39,98	ANANTHAKRISHNAN <i>et al.</i> (1976)
Brune de l'Atlas	40	35,0	24,6 - 45,5	BRIOUGA <i>et al.</i> (1981)

La variabilité de la PGM repose, en partie, sur l'existence de multiples loci (variation cistronique), la variation allélique, l'hétérozygotie et la structure moléculaire.

Le présent travail a pour objet de préciser le polymorphisme de la phosphoglucomutase dans la race taurine Baoulé et une population locale de zébus de l'Ouest africain.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### Matériel

#### Animaux

Pour cette étude ont été utilisés : 94 taurins de race Baoulé (Bos taurus brachyceros) et 100 zébus (Bos indicus) représentant une population métissée de zébus soudaniens et sahéliens de diverses origines.

#### Prélèvements

Les prélèvements sanguins ont été recueillis sur éthylène-diamine-tétra-acétique (EDTA Na<sub>2</sub>) et conservés à + 4°C ; dans tous les cas, ils ont été traités en moins de 24 heures après la ponction veineuse.

#### Echantillons

Les hémolysats ont été préparés par congélation et décongélation après addition à un volume de globules rouges préalablement lavés 3 fois en eau physiologique d'un égal volume d'une solution : KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>/Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 50 mM, 2-mercaptoéthanol 5 mM, EDTA 5 mM, glucose 0,01 mM, pH 7,4 (2).

Les leucolysats sont préparés à partir du sang total mélangé à du chlorure d'ammonium 0,1555 M, de pH 7,0 et le culot leucocytaire récolté après centrifugation. Les leucocytes additionnés de tampon KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>/Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,1 M de pH 7,25 sont homogénéisés et soumis aux ultra-sons pendant 30 secondes (M.S.E. 150 Watts, Ultrasonic Disintegrator MK2). Cet extrait congelé, puis décongelé, est centrifugé à 100 000 g par minute, pendant 20 minutes. (Sorvall Instruments ; OTD - 50 B Ultracentrifuge). Le surnageant recueilli est séparé par électrophorèse sur acétate de cellulose.

### Méthodes

Les déterminations phénotypiques ont été effectuées par électrophorèse sur acétate de cellulose (Cellogel) suivant les conditions opératoires de tampon, de migration et de révélation décrites par LEGALL et al. (14). Ainsi, pour la phosphoglucomutase, une migration de 90 minutes sous une tension de 300 volts, en tampon Tris - maléate 0,1 M de pH 6,9 dilué au 1/15 représente les paramètres expérimentaux utilisés.

Le réactif de révélation mis au point par SPENCER et al. (19) est basé sur une réduction du M.T.T. [ 3 - ( - 4,5 diméthyl thiazolyl - 2 ) - 2,5 diphényl

tétrazolium bromide ] par le coenzyme réduit N.A.D.P.H. (nicotinamide adénine dinucléotide phosphate, réduit) produit par l'oxydation de la glucose - 6 - phosphate, originaire de la glucose - 1 - phosphate sous l'action de la P.G.M. (Figure n° 1).

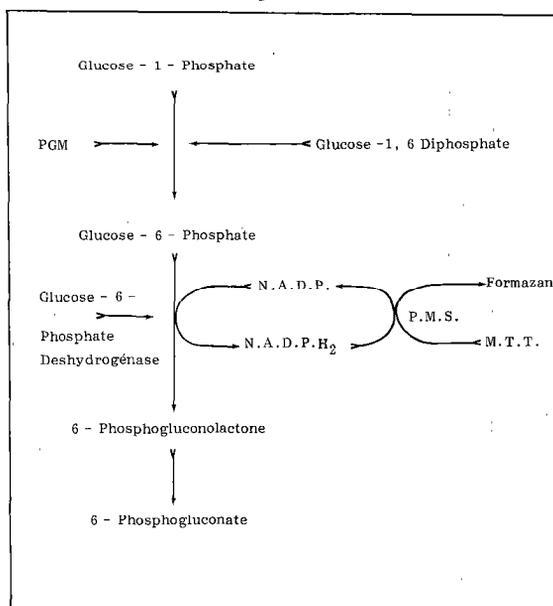
La visualisation des bandes a été réalisée après "contre révélation" par une solution de phénazine méthosulfate (P.M.S.) et de sel tétrazolique, la M.T.T. [ (4,5 - diméthyl-thiazolyl-2)-2,5-diphényl-tétrabromide ] en tampon Tris-HCl 0,1 M pH 8,0.

Les zymogrammes sont ensuite fixés par une solution d'aldéhyde formique à 10 p.100 puis photographiés (Polaroid MP4 Land Camera).

### Traitement statistique des données

Le schéma classique d'analyse statistique de génétique des populations a été appliqué aux résultats observés : estimation des fréquences phénotypiques et géniques, appréciation de l'équilibre panmictique de Hardy-Weinberg, calcul du  $\chi^2$ .

Figure n°1



N.A.D.P. = nicotinamide adénine dinucléotide, réduit ;  
 N.A.D.P.H<sub>2</sub> = nicotinamide adénine dinucléotide phosphate, réduit ;  
 P.M.S. = phénazine méthosulfate ;  
 M.T.T. = 3 - ( 4, 5 diméthyl thiazolyl - 2 ) - 2, 5 diphényl  
 tétrazolium bromide.

### 3. RESULTATS

Par analogie avec les observations réalisées chez l'homme et en présence de plusieurs zones de migration, on peut postuler, chez les bovins, l'existence de plusieurs loci :

- une zone à migration anodique, la plus lente (PGM3) montre un polymorphisme dont rend compte l'hypothèse de 2 allèles codominants autosomaux,
- une zone (PGM2) migrant en avant de la précédente et ne présentant pas de polymorphisme.

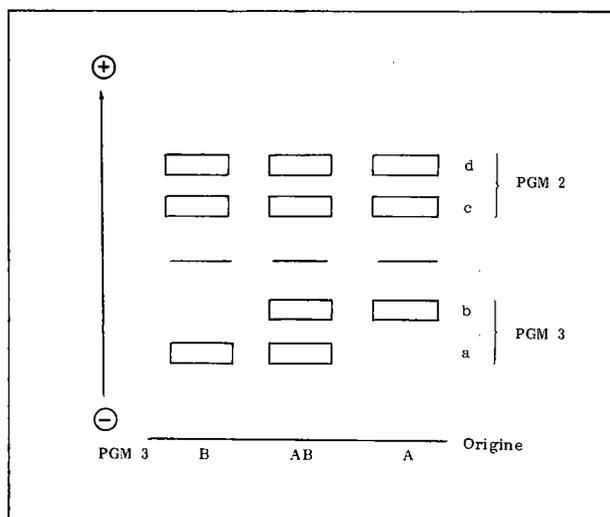
L'existence de 3 phénotypes, dans la zone PGM3 : PGM3 - A ; PGM3 - AB ; PGM3 - B suggère l'hypothèse d'une paire d'allèles : PGM3 - A et PGM3 - B et de 3 génotypes : PGM3 - A/PGM3 - A ; PGM3 - A/PGM3 - B ; PGM3 - B/PGM3 - B. Les génotypes homozygotes AA ou BB se traduiraient par la synthèse d'un seul type de protéine enzymatique (une seule bande électrophorétique). Le zymogramme à 2 bandes serait l'expression du génotype hétérozygote AB.

Aucune variation des isoenzymes du locus PGM2 n'a été observée.

### 3.1. Variation tissulaire

Le zymogramme de la PGM étudié dans l'espèce bovine, sur des extraits érythrocytaires et leucocytaires, montre un système polymorphique identique. Le phénotype PGM3 - A possède une migration plus rapide, donc plus anodique, que le phénotype PGM3 - B. (Figure n° 2).

Figure n°2- Représentation schématique des formes enzymatiques correspondant au locus PGM 3



### 3.2. Données de population

Chez les zébus, la fréquence de l'allèle PGM3 - A dans les hémolysats et les leucolysats est la plus faible, respectivement :  $0,2600 \pm 0,0859$  et  $0,2179 \pm 0,0467$ . La fréquence de l'allèle PGM3 - B érythrocytaire est de  $0,7400 \pm 0,0859$  et celle du même allèle d'origine leucocytaire de  $0,7821 \pm 0,0467$ .

Chez les taurins de race Baoulé, les fréquences géniques des hémolysats et leucolysats sont respectivement pour le gène A de  $0,6117 \pm 0,0985$  et  $0,6170 \pm 0,0501$  puis pour le gène B de  $0,3883 \pm 0,0985$  et  $0,3830 \pm 0,0501$ .

Les fréquences phénotypiques et géniques du locus PGM3 dans les 2 populations bovines (zébus et taurins) sont données dans les tableaux n° II et III et sont significativement différentes du point de vue statistique.

TABLEAU N°II-Fréquences phénotypiques et géniques de la phosphoglucomutase érythrocytaire dans les populations de zébus et de taurins Baoulé

Populations	Paramètres	Nombre d'animaux	Phénotypes			Fréquences des gènes	
			A	AB	B	A	B
Zébus :	Nombre obs.	100	8	36	56	$0,2600 \pm 0,0859$	$0,7400 \pm 0,0859$
	Nombre calc.	100	6,76	38,48	54,76	$\chi^2 = 0,4152$	
	Pourcentage		8,0	36,0	56,0		
	Intervalle de confiance à 95 p.100		2,7-13,3	26,6-45,4	46,3-65,7		
Baoulé :	Nombre obs.	94	34	47	13	$0,6117 \pm 0,0985$	$0,3883 \pm 0,0985$
	Nombre calc.	94	35,2	44,6	14,2	$\chi^2 = 0,2714$	
	Pourcentage		36,97	50,0	13,83		
	Intervalle de confiance à 95 p.100		26,47-45,87	39,9-60,1	6,93-20,73		

TABLEAU N°III-Fréquences phénotypiques et géniques de la phosphoglucomutase leucocytaire dans des populations de Zébu locaux et de taurins Baoulé

Populations	Phénotypes	Effectifs observés	Fq phénotypiques	Effectifs calculés	Gènes	Fq géniques	Intervalle de confiance	$\chi^2$
Zébus :	AA	1	0,0256	1,85	A	$0,2179 + 0,0467$	0,1263-0,3095	0,642 N.S.
	AB	15	0,3846	13,29				
	BB	23	0,5897	23,86	B	$0,7821 + 0,0467$	0,6905-0,8739	
	Totaux	39	0,999	39,0		1,0000		
Baoulé :	AA	15	0,3191	17,89	A	$0,6170 + 0,0501$	0,5188-0,7152	3,191 N.S.
	AB	28	0,5958	22,21				
	BB	4	0,0251	6,89	B	$0,3830 + 0,0501$	0,2848-0,4812	
	Totaux	47	1,0000	46,99		1,0000		

La fréquence de l'allèle PGM3 - A dans plusieurs races ou populations bovines présentées dans le tableau n° I montre que la race bovine allemande Hochfleckvieh et les populations locales de zébus ont des fréquences alléliques comparables (0,2600) et significativement différentes de celle, bien supérieure, des taurins Baoulé (0,6117).

D'une manière générale, les deux populations bovines de l'Ouest africain ont des fréquences PGM3 - A particulièrement élevées par rapport aux autres races bovines.

### 3.3. Analyse génétique

L'existence de 3 phénotypes permet de poser l'hypothèse d'une paire d'allèles (A et B) avec les génotypes AA, BB et AB. Les résultats de quelques types d'accouplements sont présentés dans le tableau n° IV bien que le nombre de croisements soit restreint.

TABLEAU N°IV-Phénotypes dans la descendance de quelques croisements (PGM3)

Phénotypes parentaux ♂ x ♀	Nombre de croisements	Phénotypes des descendants		
		A/A	A/B	B/B
A/A x A/A	5	5 <sup>(5)*</sup>	-	-
A/A x A/B	14	6 <sup>(7)</sup>	8 <sup>(7)</sup>	-
B/B x A/A	3	-	3 <sup>(3)</sup>	-
B/B x A/B	19	-	12 <sup>(9,5)</sup>	7 <sup>(9,5)</sup>
B/B x B/B	16	-	-	16 <sup>(16)</sup>
A/B x A/A	7	5	2	-
A/B x B/B	20	-	7 <sup>(10)</sup>	13 <sup>(10)</sup>
A/B x A/B	18	4 <sup>(4,5)</sup>	9 <sup>(9,0)</sup>	5 <sup>(4,5)</sup>

\* Entre parenthèses les fréquences attendues.

Les croisements ♂ AA x ♀ AA et ♂ BB x ♀ BB n'ont donné que des descendants AA et BB. Les croisements ♂ AA x ♀ AB et ♂ BB x ♀ AB ainsi que leurs croisements réciproques ♂ AB x ♀ AA et ♂ AB x ♀ BB ont donné les deux mêmes catégories d'individus. Les proportions obtenues sont au total, pour ces types de croisements, celles que l'on attend d'un hétérozygote avec un homozygote.

### Resumen

QUEVAL (R.), BAMBARA (L.). Polimorfismo de la fosfoglucomutasa en dos razas bovinas de África del Oeste. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1984, 37 (N° spécial) : 297-305

Se analiza la variabilidad de la fosfoglucomutasa (PGM) eritrocitaria y leucocitaria en dos poblaciones bovinas de África del Oeste : la raza taurina Baule y cebú local.

Se estudiaron las soluciones resultando de la hemolisis y de la leucolisis por medio de electroforesis sobre acetato de celulosa. El locus PGM3 presenta un polimorfismo genético determinado por un par de alelos (A y B) y por tres genotipos (AA, AB y BB).

Para cada una de las razas bovinas, se valoraron la repartición fenotípica y las frecuencias genéticas de este sistema enzimático. Se observan diferencias muy significativas : El alelo eritrocitario PGM3-A posee una frecuencia de 0,2600 en los cebúes locales y de 0,6117 en los bovinos Baule.

Palabras claves : Fosfoglucomutasa - Polimorfismo - Bovinos Baule - Cebú - África del Oeste.

## Bibliographie

1. ANANTHAKRISHNAN (R.), SCHNEIDER (P.). Polymorphism of phosphoglucomutase in a German breed cattle. Anim. Blood Grps biochem. Genet., 1976, 7 : 133-135.
2. ANSAY (M.). Variabilité génétique et tissulaire de la malate déhydrogénase mitochondriale, de la transaminase glutamique oxaloacétique cytoplasmique, de la phosphoglucomutase, de l'adénosine déaminase, de la purine nucléoside phosphorylase dans l'espèce bovine. Thèse d'agrégation de l'Enseignement Supérieur Univ. Liège, 1973.
3. ANSAY (M.), HANSET (R.), ESSER-COULON (J.). Polymorphisme de la phosphoglucomutase dans l'espèce bovine. Annl's Génét. Sél. anim., 1971, 3 (4) : 413-418.
4. BENGTTSSON (S.), SANDBERG (K.). Phosphoglucomutase polymorphism on Swedish horses. Anim. Blood Grps biochem. Genet., 1972, 3 : 115-119.
5. BRIOUGA (J.), MAHIN (L.), VERHULST (A.), ANSAY (M.). Premier sondage sur le polymorphisme de 5 enzymes utilisées comme marqueurs génétiques chez les bovins marocains de type Brune de l'Atlas. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1981, 34 (4) : 417-420.
6. COGGAN (M.), RICHARDSON (J.), Mc DERMID (M.). Biochemical variation in rabbits (Abstract). Anim. Blood Grps biochem. Genet., 1974, 5 (suppl. 1) : 27.
7. DAWSON (D.), JAEGER (S.). Heterogeneity of phosphoglucomutase. Biochem. Genet., 1970, 4 : 1-9.
8. COODMANN (M.), TASHIAN (E.). A geographic variation in the serum transferrin and red cell phosphoglucomutase polymorphism of chimpanzees. Hum. Biol., 1969, 41 : 237-249.
9. HOORT (J.P.). A phosphoglucomutase locus in Drosophila melanogaster. Hereditas, 1970, 64 : 146-148.
10. HOPKINSON (D.), HARRIS (H.). Evidence for a second "structural" locus determining human phosphoglucomutase. Nature, 1965, 208 : 410-412.
11. HOPKINSON (D.), HARRIS (H.). A third phosphoglucomutase locus in man. Ann. hum. Genet., Lond., 1968, 31 : 359-367.
12. KARADJOLE (I.), SAPAROVA (P.), LYCIK (G.), LARSEN (B.), HYLDGAARD-JENSEN (J.). Polymorphisms in bovine red cell phosphoglucomutase. Acta vet. Scand., 1972, 13 : 146-148.

13. KOGA (A.), HARADA (S.), OMOTO (R.). Polymorphisms of erythrocyte 6-phosphogluconate dehydrogenase and phosphoglucomutase in Rattus norvegicus in Japan. Jap. J. Genet., 1972, 46 : 335-338.
14. LEGALL (J.), ROLLAND (J.P.), MUBAMBA (C.). Détermination des phénotypes de quelques enzymes érythrocytaires par électrophorèse sur acétate de cellulose. Annls. Biol. Clin., 1975, 33 : 443-451.
15. MANWELL (C.), BAKER (A.). In : HAMBURGH (M.), BARRINGTON (J.), ed.. Hormones in development. Proc. of a Conference at Nottingham University, 9-12 Sept. 1968.
16. PARRINGTON (J.), CRUICKSHANK (C.), HOPKINSON (A.), ROBSON (B.), HARRIS (H.). Linkage between the three phosphoglucomutase loci PGM1, PGM2 and PGM3. Ann. hum. Genet., Lond., 1968, 32 : 27-34.
17. SAPAROVA (P.), KARADJOLE (I.) HYLDGAARD-JENSEN (J.), BRAUNER NIELSEN (P.), LYCIK (G.). Phosphoglucomutase polymorphism in porcine red cells. Acta vet. Scand., 1972, 13 : 134-136.
18. SHOWS (T.), RUDDLE (H.), RODERICK (H.). Phosphoglucomutase electrophoretic variants in the mouse. Biochem. Genet., 1969, 3 : 25.
19. SPENCER (N.), HOPKINSON (A.), HARRIS (M.). Phosphoglucomutase polymorphism in man. Nature, Lond., 1964, 204 : 742-745.