

ÉTUDE DES MARQUEURS GÉNÉTIQUES SANGUINS DANS DEUX RACES DE PONEYS DE POLOGNE

Luba PODLIACHOUK, Marie KAMINSKI* et J. ZWOLINSKI**

avec la collaboration technique de M^{mes} R. BEAUD, F. PIGACHE,
M^{lle} M. SYKIOTIS, MM. J. M. GENNA et G. CHOLEWINSKI

*Centre de Biologie et Pathologie infectieuse des Équidés,
Institut Pasteur, Paris (1)*

** Laboratoire d'Enzymologie, C. N. R. S.,
91190 Gif sur Yvette (France)*

*** Akademia Rolnicza, Poznan (Pologne)*

RÉSUMÉ

L'étude des marqueurs génétiques sanguins, comprenant 24 antigènes érythrocytaires répartis en 7 systèmes génétiques et 7 non classés, de 4 systèmes de protéines et enzymes polymorphes du sérum et de l'hémolysat, a été effectuée sur 63 chevaux de race *Fjording* et 81 chevaux de race *Hucul*, les deux groupes provenant des élevages polonais.

On a démontré des différences marquées entre les deux races dans les fréquences des facteurs, des phénotypes ou des allèles, dans plusieurs systèmes génétiques.

La comparaison avec d'autres races de chevaux a permis de constater des similitudes avec des chevaux de trait plutôt qu'avec des chevaux « de sang ».

INTRODUCTION

Des études des marqueurs génétiques chez des chevaux de races diverses ont été publiées depuis 1957 ; il s'agissait surtout des antigènes érythrocytaires. Les techniques électrophorétiques et histochimiques de détermination des systèmes de protéines et enzymes polymorphes du sérum et de l'hémolysat ont été mises au point à partir de 1964.

En 1972 a été entreprise, sous l'égide de la *Société d'Encouragement pour l'Amélioration des races de chevaux en France*, une étude comparative, à l'aide du plus grand

(1) Adresse actuelle : Laboratoire de Génétique biochimique, I. N. R. A., C. N. R. Z., 78350 Jouy en Josas (France).

nombre de marqueurs génétiques disponibles, portant sur un large éventail de races : depuis les chevaux de « sang chaud » ou races légères, aux chevaux à « sang froid » ou races lourdes, dits autrefois chevaux de trait (PODLIACHOUK et KAMINSKI, 1972 ; KAMINSKI *et al.*, 1976).

Pour les races les plus importantes, tels le *Pur Sang Anglais*, l'*Arabe*, ou le *Trotteur* — tous chevaux de courses — des populations originaires des pays divers furent également comparées (PODLIACHOUK *et al.*, 1974 ; PODLIACHOUK *et al.*, 1976).

L'intérêt de telles études est de fournir des données sur l'évolution de l'espèce, résultant de plusieurs causes, tels que le milieu, la sélection imposée par l'homme, la dérive, etc.

On peut, en effet, à l'aide des renseignements sur la répartition des facteurs, phénotypes ou allèles, déterminer les relations phylogénétiques entre diverses races.

A côté des races les plus répandues et connues, il semblait important d'analyser dans cette optique les divers représentants des *Poneys*. Ces chevaux ont un double intérêt, historique et actuel : ils dérivent pour la plupart des chevaux locaux primitifs et sont, dans beaucoup de pays, objet d'élevage intensif en vue de sport, des jeux, etc.

Deux races de *Poneys* ont été étudiées ; le *Fjording*, a déjà été analysé antérieurement (PODLIACHOUK *et al.*, 1962 ; BRAEND, 1964), cependant le nombre total de marqueurs génétiques utilisé dans le travail présent est de beaucoup supérieur.

MATÉRIEL

Les deux races proviennent des élevages polonais. Leurs berceaux d'origine sont très distants géographiquement ⁽¹⁾, mais les deux races se sont fixées dans des conditions d'environnement similaires : région montagneuse, climat rude.

I. — Race Fjording ou Poney norvégien

Chevaux d'origine nordique, croisés aux cours des âges avec beaucoup d'autres races notamment des *Ardennais*, mais aussi des PSA. Malgré ces apports le *Fjording* a conservé un type morphologique archaïque et surtout remarquablement homogène. Le manque de variantes dans la robe est considéré comme caractéristique des chevaux primitifs. Du point de vue de l'élevage, on considère que les meilleurs produits sont obtenus en croisant les *Fjordings* avec les chevaux de « sang froid », surtout *Ardennais*. Actuellement les *Fjordings* sont élevés en Norvège en tant que race pure.

L'élevage polonais date d'après la seconde guerre mondiale.

Nous avons examiné 63 échantillons de sang. Parmi eux il y avait 2 séries complètes de familles l'une d'un étalon de race ardennaise, avec 13 juments et 16 produits, l'autre avec 5 juments et 5 produits.

II. — Race Hucul ou Poney des Carpathes

Ces chevaux font partie d'un groupe qualifié de « tarpanidés ». Le type de petit cheval montagnard est connu depuis le XVII^e siècle dans une région habitée par les *Huculs*, dans les Carpathes. Plusieurs souches de chevaux divers : prises de guerre, restes des armées d'invasion, etc. ont formé cette race, qui s'est fixée sous l'influence prépondérante des conditions d'environnement.

(1) Les précisions sur l'origine et les caractères de ces deux races sont tirées de:

— W. PRUSKI, HODOWLA KONI, PANSTWOWE WYDAWNICTWO ROLNICZE I LESNE, WARSZAWA, 1960.
— J. ZWOLINSKI, HODOWLA KONI, PANSTWOWE WYDAWNICTWO ROLNICZE I LESNE, WARSZAWA, 1971.

ment particulières dans une région au climat rude. Le type résultant est un cheval d'aspect également plutôt primitif. Il est élevé en Roumanie, Tchécoslovaquie, U. R. S. S. et Pologne. L'élevage polonais systématique date du XIX^e siècle ; le livre généalogique compte environ 600 animaux actuellement.

Nous avons examiné 81 échantillons de sang ; parmi eux il y avait de nombreuses familles, dont 2 séries complètes, l'une avec 11 juments et 19 produits, l'autre avec 6 juments et 10 produits.

MÉTHODES

I. — Antigènes érythrocytaires

La méthodologie et la liste des facteurs sont rapportés ailleurs (PODLIACHOUK *et al.*, 1974 ; PODLIACHOUK *et al.*, 1976). Remarquons que dans le présent travail nous nous conformons aux décisions prises en juin 1974 lors de la XIV^e Conférence de l'ISABR (*International Society for Animal Blood Group Research*) où des nouvelles règles de nomenclature pour 15 facteurs ont été adoptées. Dans le tableau 1 figurent l'ancienne et la nouvelle nomenclatures.

II. — Protéines et enzymes polymorphes du sérum et de l'hémolysat

Les méthodes ont été rapportées précédemment (KAMINSKI *et al.*, 1974). Parmi les systèmes sériques, l'estérase avait été déterminée sur tous les échantillons à pH 8,5 et 4,5 ; parmi les enzymes de l'hémolysat, la phosphohexose isomérase seule a été déterminée sur la totalité des échantillons.

RÉSULTATS

A. — Groupes sanguins

Dans le présent travail 24 facteurs (antigènes érythrocytaires) ont été déterminés : 14 sont désignés suivant une nomenclature internationale et 10 correspondent à des réactifs personnels (L. PODLIACHOUK). Ces facteurs sont répartis en 7 systèmes génétiques. De plus, 7 autres réactifs personnels ont permis de détecter des facteurs non encore classés dans les systèmes connus et décrits (tabl. 1).

Dans le système A, P et Q, nous avons rencontré des globules (échantillons d'érythrocytes) ne présentant aucun antigène détectable. Ces systèmes sont vraisemblablement ouverts (LARSEN, 1971).

Le système D, contenant 10 facteurs, est un système fermé (SANDBERG, 1973).

Les fréquences de divers facteurs sont présentées dans le tableau 1 ; un résumé des différences principales entre les deux races basées sur les fréquences et la répartition des facteurs sont présentés dans le tableau 2.

On constate que les facteurs G et Df manquent chez les *Fjordings* et chez les *Huculs*. Les facteurs Qa, 12 et 20, absents chez les *Fjordings*, sont assez fréquents chez les *Huculs*. Par contre, les facteurs 17, Db, Ka, Pb, 21 et 23, absents ou rares chez les *Huculs*, sont présents chez les *Fjordings*. Enfin les facteurs I, Aa, Dc, J₁, De, 10 et Ua sont fréquents chez les *Fjordings* et les *Huculs*, mais la différence de fréquence est du simple au double d'une race à l'autre.

Pour les *Fjordings* nos résultats se rapprochent de ceux de l'étude précédente (PODLIACHOUK *et al.*, 1962), où cependant le nombre total des facteurs était assez limité.

TABLEAU I
*Groupes sanguins : distribution de facteurs en systèmes génétiques.
 Fréquence des facteurs chez les Fjordings et les Huculs (exprimés en p. 100)*

Système	A					C					D						
	I	Aa A ₁	F	Ac H	Ab A'	17*	Ca C	Da D	Db E ₁	Dc E ₂	8	14	Dd E'	De J ₂	J ₁	G	Df Y
<i>Fjording</i> 63	30*	30	77	58	36	46	96	12	52	77	76	95	71	26	31	0	0
<i>Hucul</i> 81	72	79	92	44	24	01	71	06	03	44	65	67	97	59	60	01	0
Système	P			Q		U							?				
Nomenclature Nouvelle Ancienne	K	P ₂	9	Pb P'	Qa Q	10	Ua U	12	18	19	20	21	22	23			
<i>Fjording</i> 63	14*	58	38	06	0	30	30	0	100	44	01	14	100	23			
<i>Hucul</i> 81	0	56	51	0	08	11	71	13	100	38	30	04	100	02			

* Pour les facteurs désignés par des nombres, on indique généralement le code du laboratoire (ici : P/F) comprenant le pays et la ville ; cette indication est omise, pour simplifier la présentation.

Par la présence des facteurs Ac et Da et absence de G, Df et Qa les *Fjordings* se rapprochent des chevaux de trait ; cependant, ils possèdent aussi le facteur Db, fréquent surtout chez les chevaux de sang. Quant aux *Huculs*, ils possèdent Da et Ac et manquent, totalement ou presque, de facteurs Db, G, Df et Qa : ainsi ils se rapprochent beaucoup des chevaux de trait (PODLIACHOUK et KAMINSKI, 1972).

TABLEAU 2

Principales différences dans les fréquences des facteurs de groupes sanguins entre les deux races

	Qa	12	20	17	Db	Ka	Pb	21	23
<i>Fjording</i>	0 ⁽¹⁾	0	01	46	52	14	06	14	23
<i>Hucul</i>	08	13	30	01	03	0	0	04	02

(¹) Fréquences exprimées en p. 100.

L'étude de la transmission héréditaire des facteurs de groupes sanguins dans les familles a permis de démontrer que certains facteurs sont hérités en groupes et constituent ainsi des phénogroupes contrôlés par des allèles. Pour simplifier le texte, nous désignons les allèles de la même manière que les phénogroupes.

TABLEAU 3

Présence des allèles des systèmes de groupes sanguins A, P et Q dans les deux races

	Système A					
	I Aa F	Aa F	Ab 17	Ab	17	F Ac
<i>Fjording</i>	+	—	+++	—	++	+++
<i>Hucul</i>	+++	+	±	+++	—	+++

	Système P			Système Q		
	P ₂ 9	P ₂	P'	Qa 10	Qa	10
<i>Fjording</i>	+++	+++	±	—	—	+++
<i>Hucul</i>	+++	+++	—	—	+	+

Certains systèmes sont bi-alléliques (C, K, U), d'autres multi-alléliques. Le premier allèle décrit fut AF (PODLIACHOUK, 1957) ; ensuite une série d'allèles décrite par STORMONT et SUZUKI (1964) fut classée en systèmes A, P et Q. Récemment, le

système D a été analysé par SANDBERG (1973-1974) ; cet auteur a mis en évidence dans ce système 6 facteurs formant 8 allèles (plus deux rares non décrits). Dans notre laboratoire, le système D comprend 10 facteurs et 9 allèles (PODLIACHOUK *et al.*, 1974).

Les tableaux 3 et 4 présentent la liste des allèles connus actuellement et leur répartition dans les deux races étudiées.

TABLEAU 4

Fréquence des allèles du système D dans les deux races

Allèles	<i>Fjordings</i> N = 55	<i>Hucul</i> N = 54
Dd	—	0,222
Da Dd	0,064	0,028
Dd De	—	—
Dd Df	—	—
Db Dc 14	0,300	0,028
Dc 8 14	0,236	0,171
8 14 Dd	0,264	0,166
Dd J ₁ De	0,136	0,376
Dc 8 14 De G	—	0,009

La différence la plus marquée entre les deux races est la présence de l'allèle Ab chez les *Huculs* uniquement alors que l'allèle 17 n'existe que chez les *Fjordings*.

Le système P ne permet de montrer aucune différence particulière entre les deux races. Dans le système Q les *Fjordings* ne possèdent pas l'allèle Qa.

En ce qui concerne le système D, on constate d'abord que sur les 9 allèles que nous avons trouvé chez les familles de chevaux *Pur Sang Anglais*, *trotteurs* et *Bou-lonnais* (PODLIACHOUK *et al.*, 1974 ; PODLIACHOUK *et al.*, 1976) on ne trouve que 5 chez les *Fjordings* et 7 chez les *Huculs*.

Les allèles les plus fréquents chez les *Fjordings* sont Db Dc 14 ; 8 14 Dd ; Dc 8 14 ; chez les *Huculs* ce sont Dd J₁ De et Dd, ce dernier complètement absent chez les *Fjordings*. (Le calcul des fréquences a été fait sur le matériel familial).

Le tableau 5 rassemble quelques exemples de détermination de génotypes, soit directement à partir des phénotypes : cas a et c, soit par analyse des familles : cas b et d.

Dans le cas b, l'un des deux génotypes de l'étalon, théoriquement possibles : De 8 14/Dd, est exclu par le génotype du produit, ne comprenant aucun de ces deux allèles, bien que l'on ne puisse définir avec certitude le génotype de la jument.

Dans le cas d, le produit ne possédant qu'un seul facteur : Dd, son génotype est forcément à l'état homozygote, donc Dd/Dd ; on peut ainsi exclure les génotypes paternel et maternel ne contenant pas cet allèle.

TABLEAU 5

Système D de groupes sanguins : détermination de génotype dans les familles

Race	Nom	N°	Phénotype	Génotype
a) <i>Fjording</i>	Lyngfax	16	Da Db Dc 14 Dd	Da Dd/Db Dc 14
b) <i>Arden</i> . ♂	Blum	15	Dc 8 14 Dd	De 8 14/Dd ou Dc 8 14/8 14 Dd
<i>Hucul</i> ♀	Wilbra	2	Dd J ₁ De	Dd J ₁ De/Dd ou Dd J ₁ De/Dd J ₁ De
<i>Hucul</i> Pr.	Wala	36	8 14 Dd J ₁ De	8 14 Dd/Dd J ₁ De
c) <i>Hucul</i>	Goral	179	8 14 Dd J ₁ De	8 14 Dd/Dd J ₁ De
d) <i>Hucul</i> ♂	Hroby V22	159	8 14 Dd	8 14 Dd/Dd ou 8 14 Dd/8 14 Dd
<i>Hucul</i> ♀	Maciejowa	153	Dd J ₁ De	Dd J ₁ De/Dd ou Dd J₁ De/Dd J₁ De
<i>Hucul</i> Pr. ▲	Fregata	105	Dd	Dd/Dd

Caractère gras : génotype exclu.

B. — Systèmes polymorphes du sérum

Le tableau 6 présente les fréquences des allèles et la répartition des phénotypes chez les deux races étudiées, pour les systèmes d'albumine, de transferrine et d'estérase. Pour l'albumine seules les bandes F et S ont été observées ; pour la transferrine la bande M n'a pas été rencontrée ; pour l'estérase, à pH 8,5 les bandes F, I et S ont été observées et l'allèle silencieux récessif Es⁰ a été supposé chez une jument et son produit ; à pH 4,5 les bandes F, G et I ont été observées.

Albumine.

Les fréquences alléliques sont pratiquement identiques pour les deux races ; en ce qui concerne la répartition des phénotypes, le calcul de χ^2 a démontré l'excès des hétérozygotes chez les *Huculs* ($\chi^2 = 7,2$, $n = 1$, probabilité 0,01-0,001).

Transferrine.

On remarque que le nombre total de phénotypes est bien moins élevé chez les *Fjordings* que chez les *Huculs*, 6 contre 10.

Dans les deux races c'est l'allèle Tf^F qui est nettement prédominant ; c'est d'ailleurs l'allèle le plus fréquent dans la plupart des races étudiées (BRAEND, 1973).

TABLEAU 6

Répartition de phénotypes et fréquences alléliques
pour les systèmes polymorphes du sérum dans les deux races
Les effectifs sont de 63 pour les *Fjordings*, 81 pour les *Huculs*

<i>Albumine</i>					
	Phénotypes			Fréquences alléliques	
	F	FS	S	AI ^F	AI ^S
<i>Fjording</i>	20	28	15	0,540	0,46
<i>Hucul</i>	18	52	11	0,543	0,457

<i>Transferrine</i>										
	Phénotypes									
	D	DF	DH	DR	F	FO	FR	H	HR	OR
<i>Fjording</i>	—	3	—	—	26	5	27	—	1	1
<i>Hucul</i>	2	7	6	3	44	4	5	7	2	1

	Fréquences alléliques				
	Ti ^D	Ti ^F	Ti ^H	Ti ^R	Ti ^O
<i>Fjording</i>	0,024	0,690	0,008	0,230	0,048
<i>Hucul</i>	0,123	0,643	0,136	0,068	0,030

<i>Estérase</i>								
	Phénotypes							
	F	FG	FI	FS	G	GI	I	IS
<i>Fjording</i>	2	6	5	—	7	25	18	—
<i>Hucul</i>	8	1 ⁽¹⁾	32	12	—	—	15	13

	Fréquences alléliques			
	Es ^F	Es ^G	Es ^I	Es ^S
<i>Fjording</i>	0,1190	0,3572	0,5238	—
<i>Hucul</i>	0,3765	0,0062	0,4630	0,1543

(¹) Produit de l'étalon FS et de mère inconnue.

Les fréquences de Tf^F chez les *Fjordings* et les *Huculs* sont très voisines, cependant la fréquence des homozygotes FF est inférieure chez les *Fjordings* (39 p. 100) à celle chez les *Huculs* (54 p. 100).

Nos résultats sur les *Fjordings* peuvent être rapprochés de ceux de BRAEND (1964) sur les *Fjordings* norvégiens : les deux populations montrent une fréquence relativement élevée de Tf^R (23 p. 100 et 19 p. 100). Cet allèle est rare chez les chevaux de sang et fréquent chez les chevaux de trait. L'autre bande lente, O , est également rare chez les *Fjordings norvégiens* et les polonais ($Tf^O = 4$ p. 100). Cependant les résultats diffèrent sensiblement pour Tf^D dont la fréquence est 2 p. 100 chez les polonais et 15 p. 100 chez les norvégiens.

La proportion d'hétérozygotes est de 34 p. 100 pour les *Huculs* et près de 60 p. 100 pour les *Fjordings*. Chez les *Fjordings norvégiens*, cette proportion est de même ordre : 54 p. 100, ceci pour 4 allèles seulement.

Dans l'ensemble, la répartition des fréquences des 5 allèles de transferrine chez les *Fjordings polonais* se rapproche le plus de celle des *Fjordings norvégiens* (BRAEND, 1964), et diffère de résultats obtenus chez d'autres races de *Poneys*, tels les chevaux *Islandais* (HESSELHOLT, 1967), les *poneys Basuto* (OSTERHOFF *et al.*, 1970), les *Poneys de Gotland* (BENGTSSON *et al.*, 1968), et les chevaux de montagne de Bulgarie (DOBREV *et al.*, 1970), ainsi que des *Poneys Welsh* et *Shetland* des Pays Bas (BUIS, 1973). Cette répartition diffère également nettement de celle observée chez les *Tarpans* (TOMASZEWSKA-GUSZKIEWICZ *et al.*, 1970), race simili-archaïque de petits chevaux, créée et élevée en Pologne. Il faut cependant remarquer qu'à l'exception des *Tarpans*, toutes ces races présentent des fréquences voisines de Tf^R : entre 15 et 20 p. 100.

En ce qui concerne les *Huculs*, le « profil » allélique de transferrine semble particulier à cette race et diffère des races étudiées (BRAEND, 1973) par la fréquence de Tf^F dépassant 60 p. 100 et, simultanément, les fréquences égales de Tf^D et Tf^H : 12-13 p. 100.

Estérase.

La répartition des allèles d'estérase diffère foncièrement chez les deux races : on trouve chez les *Fjordings* un peu de Es^F , beaucoup de Es^G et pas de Es^S , alors que chez les *Huculs* il y a une assez forte fréquence de Es^S , beaucoup de Es^F et pas de Es^G sauf chez un seul animal dont la mère n'a pas été étudiée. Les fréquences de Es^I , l'allèle le plus répandu d'estérase, sont d'environ 50 p. 100 dans chaque race, ce qui les rapproche davantage des chevaux de trait que de sang (PODLIACHOUK et KAMINSKI, 1972 ; PODLIACHOUK *et al.*, 1974 ; KAMINSKI, 1975).

La fréquence de 35 p. 100 pour Es^G chez les *Fjordings* paraît remarquablement forte : parmi les 11 races que nous avons étudiées (KAMINSKI, 1975), seuls les *Percherons* ont donné 34 p. 100 ; les autres races de chevaux de trait avaient 27 p. 100 (*Ardennais*), 24 p. 100 (*Bretons*), 25 p. 100 (*Boulonnais*). Les chevaux de demi-sang (*Trotteurs*, *Selle Français*) en avaient environ 10 p. 100 ; BRAEND (1964) a rapporté un taux analogue pour les *Trotteurs norvégiens* : 12 p. 100. Chez les chevaux de sang (*Pur Sang Anglais*) ce taux tombe à 0 (PODLIACHOUK et KAMINSKI, 1972 ; PODLIACHOUK *et al.*, 1974).

La fréquence de Es^G ne peut être directement comparée aux données rapportées dans la littérature, car on y trouve généralement la fréquence de Es^F obtenue d'après l'analyse à pH alcalin. Dans ces conditions les bandes F et G sont confondues et le

Es_{alc}^F correspond à la fréquence globale $Es_{ac}^F + Es_{ac}^G$ (alc. = pH 8,5 et ac. = pH 4,5).

En effectuant une telle addition pour les *Fjordings*, on trouve $Es^F + Es^G = 46$ p. 100. Cette valeur n'est dépassée ou atteinte que par les chevaux de trait. Ainsi on trouve : 47,5 p. 100 chez les *Ardençais*, 38 p. 100 chez les chevaux « *North Swedish* » et 23 p. 100 chez les *Poneys Gotland* (BENGTSSON *et al.*, 1968) ; 45 p. 100 chez les *Percherons* d'Afrique du Sud (OSTERHOFF *et al.*, 1967) et 28 p. 100 pour les *Poneys Shetland* (BUIS, 1973).

Nos résultats personnels confirment la fréquence élevée des bandes rapides d'estérase chez les chevaux de trait = 50 p. 100 ($Es^F + Es^G$) chez les *Ardençais*, 54 p. 100 chez les *Bretons*, 47 p. 100 chez les *Percherons* et 36 p. 100 chez les *Cobs*.

Les *Fjordings* montrent une proportion de 57 p. 100 d'hétérozygotes pour l'estérase, en tenant compte de résultats obtenus à pH 4,5 ; ce taux est de 50 p. 100 si l'analyse est faite à pH 8,5.

La transmission de l'estérase chez les *Fjordings* a été étudiée dans 15 familles (2 étalons) (tabl. 7). Dans un cas de croisement d'un étalon de phénotype FI avec

TABLEAU 7

Transmission d'allèles d'estérase dans les familles de Fjordings et Huculs

<i>Fjordings</i>			
étalon	× jument	—————>	produits
FI	G (1)		FG (2), GI (2)
	GI (7)		FG (4), FI (1), GI (1), I (3)
	I (2)		FI (2), F (1)*
I	× G (2)		GI (2)
	GI (1)		GI (1)
	I (2)		I (2)

* Filiation incompatible ou génotype F/O.

<i>Huculs</i>			
étalon	× jument	—————>	produits
FS	FS (1)		FS (1), IS (1)**
	F (2)		F (1), FS (3)
	FI (3)		F (1), FI (2)
	IS (1)		FS (1), FI (1)
	I (4)		FI (4), IS (4)
I	F (4)		FI (8)
	FI (1)		FI (1)
	IS (1)		IS (1)

** Filiation incompatible.

une jument de phénotype I, l'un des produits est FI et l'autre F. Ce dernier résultat peut être dû soit à une généalogie erronée soit à la présence chez la jument de l'allèle récessif Es^o : le génotype du produit serait alors F/O.

Pour les *Huculs*, l'étude de la transmission, effectuée sur la descendance de deux étalons, a conduit à une exclusion : FS \times FS donne IS (tabl. 7, fig. 1). Dans un autre cas FS \times F donnant F, on se trouve peut être en présence de l'allèle silencieux.

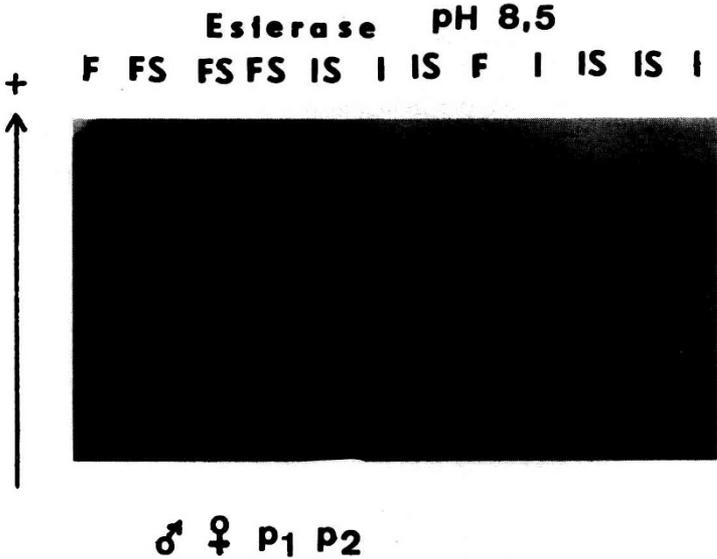


FIG. 1. — Phénotypes d'estérase à pH 8,5

Cas de fausse filiation : le produit n° 157 étant IS ne peut descendre de l'étalon n° 159 qui est FS. La jument (151) et l'autre produit (131) sont également FS

La fréquence de Es^F est très élevée : 37 p. 100 ; parmi les résultats obtenus dans notre laboratoire, la valeur la plus élevée a été trouvée pour les chevaux de trait *Bretons* : 29 p. 100 et *Ardennais* : 22 p. 100 (KAMINSKI, 1974). Pour comparer ce résultat à ceux d'autres auteurs il faut tenir compte de l'absence de Es^a chez les *Huculs* et de sa présence possible dans d'autres races, étudiées à pH 8,5. On constate que le seul taux supérieur à 37 p. 100 est celui trouvé chez les *Percherons* en Afrique du Sud (OSTERHOFF *et al.*, 1967) : 45 p. 100 ; or, les *Percherons* possèdent une fréquence élevée de Es^a : dans notre étude Es^a = 34 p. 100 et Es^F = 13 p. 100.

Ainsi les *Huculs* apparaissent comme la race la plus riche en Es^F étudiée jusqu'ici. Remarquons à ce propos que la population étudiée comprenait 12 juments demi-sœurs, toutes possédant l'allèle F à simple ou double dose. Ces juments ont donné, avec 3 étalons, dont 1 possédait F, 21 produits. De ces 21 produits seulement 3 ne possédaient pas F, et l'un d'eux est un cas d'exclusion (voir plus haut).

Le taux de Es^s : 15 p. 100 est également fort, comparé aux autres races.

La proportion globale d'hétérozygotes pour l'estérase est extrêmement élevée chez les *Huculs* (surtout pour une population consanguine) : 71 p. 100.

Parmi les enzymes intra-érythrocytaires, la seule différence entre les *Fjordings* et les *Huculs* a été observée au niveau de la phosphohexose isomérase : chez les

Fjordings on a trouvé 2F, 37 FI, 23 I et 1 IS ; chez les *Huculs*, 19 FI et 62 I. La fréquence de F est donc bien supérieure chez les *Fjordings*. Les autres systèmes étudiés se sont montrés pratiquement monomorphes : phosphoglucomutase, 6-phosphogluconate déshydrogénase et phosphatase acide.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Malgré le nombre peu élevé d'échantillons examinés et la consanguinité des populations étudiées, la répartition de la plupart des allèles paraît bien caractéristique de chacune des races en question. Cependant, la comparaison de nos résultats avec les données obtenues pour d'autres races est parfois difficile à établir ; ainsi dans le cadre du système D des groupes sanguins, les chevaux de trait n'ont pas été suffisamment étudiés et le nombre exact et la nature de leurs allèles restent encore à préciser.

On note dans les deux races, mais surtout chez les *Fjordings*, une tendance à l'hétérogénéité restreinte : pour certains systèmes génétiques, tels le système A des groupes sanguins ou les transferrines, le nombre total d'allèles ou de phénotypes observé est moins élevé que dans d'autres races. Ceci n'est pourtant pas dû à un isolement prolongé, étant donné des apports extérieurs, ni à l'effet « du fondateur » car les deux races se sont formées sur place, lentement et non à partir d'un groupe restreint.

À côté de cette restriction du nombre d'allèles, on remarque une proportion importante d'hétérozygotes, pour les deux systèmes sériques multi-alléliques : transferrine et estérase. Ceci peut être dû seulement au hasard de l'échantillonnage et nous avons indiqué que les populations testées n'étaient pas panmictiques. Cependant il pourrait en outre s'agir de l'avantage des hétérozygotes.

Au sujet d'allèles manquants, soulignons l'absence de Tf^M, qui paraît ainsi circonscrit aux poneys *Shetland* et *Islandais*.

Dans l'ensemble, les *Fjordings* et les *Huculs* se rapprochent plutôt des chevaux de trait, ce qui peut paraître logique vu leur origine, mais il n'y a pas de similitudes frappantes. De plus, il n'y a pas de parenté évidente entre ces deux races et d'autres *Poneys*.

Entre les *Fjordings* et les *Huculs* les différences les plus nettes sont le fait de la répartition de quelques allèles de groupes sanguins de systèmes A et D, d'estérase et dans une moindre mesure de transferrine.

On peut penser que, malgré les croisements divers, dus à l'homme, qu'ils ont subis, la physionomie phénotypique propre de chaque race résulte surtout de sa lointaine origine et des influences de l'environnement dans lequel elle s'est fixée.

Reçu pour publication en mai 1975.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du support financier de la *Société d'Encouragement pour l'Amélioration des races de chevaux en France* (Directeur J. ROMANET).

Nous remercions M. F. GROSCLAUDE pour les remarques et la discussion du manuscrit.

SUMMARY

BLOOD GENETIC MARKERS IN TWO BREEDS OF PONEYS FROM POLAND

31 erythrocyte antigens (blood group factors) belonging to 7 genetic systems and 4 polymorphic proteins and enzymes of serum and haemolysate, were investigated in 63 *Fjordings* and 81 *Huculs*, both bred in Poland.

Marked differences between the two breeds were demonstrated concerning the repartition of factors, phenotypes or alleles from several genetic systems.

The comparison with other horse breeds showed similarities with draught horses rather than with light horses.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENGTSSON S., GAHNE B., RENDEL J., 1968. Genetic Studies on Transferrins Albumins, Prealbumins and Esterases in Swedish Horses. *Acta Agr. Scand.*, **18**, 60-64.
- BRAEND M., 1964. Serum types of Norwegian horses. *Nord. vet. Med.*, **16**, 363-373.
- BRAEND M., 1973. Genetic Variation in Equine Blood Proteins. *Proc. 3rd int. Conf. Equine Infections Diseases*, Paris, 1972, Karger ed., 394-406.
- BUIS R. C., 1973. *Horse Blood Typing in the Netherlands*. Rapport présenté à la Réunion de C. O. P. A., Paris.
- DOBREV D., ERMENCOVA L., KARAIVANOV R., TSANKOV Ts., 1972. Determination of blood groups and transferrins in three breeds of horses in Bulgaria. *Proc. XIIth Europ. Conf. Anim. Blood Groups Biochem. Polymorph.* (Budapest, 1970), p. 537-540. W. Junk, the Hague.
- HESSELHOLT M., 1966. A study of blood groups and serum types of the icelandic horse. *Proc. Xth Conf. Eur. Soc. Anim. Blood Grps. Res.*, Paris, I. N. R. A., 325-331.
- KAMINSKI M., 1975. Polymorphisme de transferrine et d'estérase chez le Cheval, Comm. présentée à la Table Ronde sur les Polymorphismes Biochimiques chez les Mammifères, Orléans 1973 ; éd. C. N. R. S. (sous presse).
- KAMINSKI M., BOUQUET Y., VAN DE WEGHE A., PODLIACHOUK L., 1974. Ontogenèse des marqueurs génétiques sanguins chez le Cheval. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, **6** (2), 195-210.
- KAMINSKI M., VAN DE WEGHE A., BOUQUET Y., PODLIACHOUK L., 1975. Marqueurs génétiques sanguins chez les chevaux de trait (en préparation).
- LARSEN B., 1971. Blood groups and polymorphic proteins in cattle and swine. *Ann. Génét. Sél. anim.*, **3**, 59-70.
- OSTERHOFF D. R., WARD-COX F. S., 1967. A preliminary horse breed comparison with regard to haemoglobin and serum type polymorphism. *Proc. S. Afr. Soc. Anim. Prod.*, 218-223.
- OSTERHOFF D. R., SCHMID D. O., WARD-COX F. S., 1970. Blood group and serum type studies in Basuto Ponies. *Proc. XIth Europ. Conf. Anim. Blood Groups Biochem. Polymorph.* (Warsaw, 1968), p. 452-457. W. Junk, The Hague.
- PODLIACHOUK L., 1957. *Les antigènes des groupes sanguins des Équidés et leur transmission héréditaire*. Thèse Doct. ès-Sci., Paris.
- PODLIACHOUK L., KACZMAREK A., ZWOLINSKI J., 1962. Les groupes sanguins des chevaux des 6 races de Pologne. *Ann. Inst. Pasteur*, **103**, 943-949.
- PODLIACHOUK L., KAMINSKI M., 1972. Studies on blood groups, esterases and transferrins in light and draught horses. Comm. présentée à la XIII^e Conf. ISABR, Vienne. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.*, **3**, suppl. I, 46-47.
- PODLIACHOUK L., KAMINSKI M., BOUQUET Y., ZWOLINSKI J., VAN DE WEGHE A., SIUDZINSKI S., 1974. Blood genetic markers in race horses. Comm. présentée à la XIV^e Conf. ISABR, Davis.
- PODLIACHOUK L., VAN DE WEGHE A., BOUQUET Y., KAMINSKI M., ZWOLINSKI J., 1975. Marqueurs génétiques sanguins chez les chevaux de courses. *Ann. Génét. Sél. anim.* (sous presse).
- SANDBERG K., 1973. The D blood group system of the horse *Anim. Blood Grps biochem. Genet.*, **4**, 193-205.
- SANDBERG K., 1974. Blood Typing of Horses : current status and application to identification problems. *Proc. I Congrès Mondial de Génétique appliquée à l'Élevage*. Madrid, 1974, t. I, Sessions Plénières, 253-265.

- SCHLEGER W., 1974. Biochemische Genepolymorphismen im Oesterreichischen Lippizanerpferd. *Proc. I Congrès Mondial de Génétique appliquée à l'élevage*. Madrid, 1974, t. 3, Symposia, 241-247.
- STORMONT C., SUZUKI Y., 1964. Genetic systems of blood groups in horses. *Genetics*, **50**, 915-929.
- TOMASZEWSKA-GUSZKIEWICZ K., ZURKOWSKI M., 1970. Transferrin and Albumin Polymorphism in the polish « Tarpan » breed. *Proc. XIth Europ. Conf. Anim. Blood Groups Biochem. Polymorph.* (Warsaw, 1968) p. 473-475. W. JUNK, The Hague.
-