



LES HARAS NATIONAUX

27 février 2002

Vers une meilleure utilisation des indices génétiques

*L Tavernier
Bergerie Nationale
Section Hippique
78120 Rambouillet*

Résumé

Les indicateurs génétiques dérivés du BLUP sont sous employés dans l'orientation des races de sport et de course. A des incompréhensions techniques liées à des difficultés de vulgarisation viennent se rajouter des blocages socio-économiques. Le nombre de point d'amélioration génétique créé par un reproducteur ou un groupe de reproducteurs constitue une mesure objective des résultats d'une politique de sélection. Elle met en évidence chez la race trotteuse les limites des mesures qui régissent actuellement ce stud-book.

La mise en place d'une classification des étalons de CSO a orienté utilement les accouplements raisonnés des éleveurs de chevaux de sport. Il est proposé de l'affiner pour la monte 2002. Il est également possible de calculer des valeurs de pari qui situent un reproducteur par rapport à des seuils type de la population. On peut distinguer deux populations de référence : les Selle français et les Anglo-arabes. On crée ainsi des valeurs de pari en race pure et en croisement. De telles valeurs complètent l'information génétique découlant du BLUP, permettent à l'utilisateur de mieux synthétiser ces renseignements avec l'appréciation découlant de l'observation du phénotype et orientent vers l'utilisation de jeunes étalons.

Mots Clés : Blup, indicateur génétique, classification génétique, valeur de pari

Summary

Genetic indices derived from BLUP are under-employed for selection in sport and race horses, due to difficulties in their broadcast leading to technical misunderstanding and to socio-economical blockages. The number of points of genetic improvement granted by one individual or by a group of individuals is an objective way of measuring the result of a selection policy. For the trotteur stud-book, these indices show that the measurements used so far for selection are limited.

The use of a classification for jumping stallions has lead to sensible breeding in sport horses. We are now trying to improve this system for Year 2002. It is possible to calculate betting values that give an estimate of the value of a breeder in comparison to threshold levels in the population. The two reference populations used are the Selle français and the Anglo-arabe. Betting values are calculated for pure and cross-breeding. Such values give additional information to genetic information derived from BLUP. Both these indices, together with the assessment of the phenotype, enable the user to get a more synthetic appreciation of the breeder and guide towards the use of younger stallions.

Key-words : BLUP, genetic index, genetic classification, betting value

Les indices génétiques et les indicateurs qui en découlent peuvent être utilisés soit au niveau individuel en proposant une estimation du potentiel génétique d'un reproducteur soit au niveau collectif. Ils constituent de très puissants outils pour estimer les résultats d'une politique de sélection. Le but de cette étude est de proposer des indicateurs génétiques reposant sur le BLUP et s'appliquant soit à l'étude de différentes populations sélectionnées soit au contraire à l'estimation du potentiel génétique d'un individu.

I - QUELQUES UTILISATIONS COLLECTIVES

Les BLUP peuvent évidemment être utilisés pour caractériser des groupes de reproducteurs, par exemple on peut s'interroger sur l'existence ou non de différences significatives entre le BSO moyen des juments saillies par les étalons SF publics ou privés, du BTR moyen des juments trotteuses saillies dans ou hors de leur circonscription ou bien encore de la corrélation génétique existant entre le BLUP d'un étalon et celui de son conjoint. Les résultats de ces analyses sont très instructifs et pourraient servir d'aide à la décision mais ils mettent en œuvre des méthodes statistiques classiques et ne seront pas développés dans ce cadre.

L'étude de l'impact d'un reproducteur ou d'une catégorie de reproducteurs sur la diffusion de l'amélioration génétique est en revanche plus originale.

Méthode

L'impact d'un reproducteur sur la population qu'il engendre dépend en réalité de trois facteurs : son propre niveau génétique, celui de son ou ses conjoints, et enfin du nombre d'accouplements réalisés. On peut donc caractériser son impact génétique par un nombre de points calculés de la façon suivante :

Nombre de points d'amélioration génétique (AG) potentielle

$$= \sum_{i=1}^n (Blup^{père} + Blup^{mère}) / 2$$

Les Blup sont exprimés par rapport à une base mobile qui est la moyenne des Blup des chevaux de 5 ans pour les chevaux de sport et la moyenne des chevaux de 3 ans pour les trotteurs.

Résultats

La figure 1 présente la distribution du nombre de points d'amélioration génétique produits par les étalons trotteurs en fonction de leur BTR. On distingue trois groupes d'étalons : les étalons de BTR supérieurs à 51 qui constituent un noyau de sélection, les étalons de BTR compris entre 35 et 51 qui sont le noyau de multiplication et les étalons de BTR inférieur à 35 qui représentent malheureusement un noyau de détérioration.

La figure 2 montre que 50 étalons produisent plus de 60% de l'amélioration génétique potentielle produite lors de la monte 2000. Ces étalons réalisent dans le même temps 30% des saillies. Environ 300 étalons, réalisant 85% des saillies sont responsables de 110% de l'amélioration génétique annuelle tandis que 300 autres grâce à 15 % des saillies ramènent ce chiffre à 100%.

Cette situation s'explique par l'interdiction du sperme congelé en race Trotteuse. Environ 50% des juments trotteuses doivent quitter leur circonscription pour être saillies. Pour les 50% restants, certaines ont accès à de la génétique de qualité mais beaucoup d'autres constituent une clientèle captive pour des étalons très médiocres. Ce critère permet donc de mettre en évidence et de chiffrer les conséquences de choix stratégiques actuellement adoptés par la profession.

II - UTILISATIONS INDIVIDUELLES

A l'échelon individuel, les indices génétiques ont depuis toujours été soumis à controverse. En premier lieu parce que la transparence affichée contrarie parfois certains opérateurs commerciaux de la filière, mais également car l'utilisateur peine à se faire une idée juste de la pondération possible entre l'information génétique et les informations issues de sa propre observation : modèle, allures et style à l'obstacle. Plusieurs raisons provoquent cette réaction.

1. La diffusion du seul BSO et du CD ne facilite pas une conception concrète des hiérarchies, des marges de variations liées au CD et donc des écarts prévisibles entre les animaux. Ayant du mal à estimer les variations possibles autour de la valeur affichée et leurs probabilités, l'utilisateur se retourne sur ce qui lui semble plus pratique et néglige cette source très riche d'informations.
2. Le BLUP n'est pas distribué linéairement ce qui signifie par exemple que 5 points de BLUP ne traduisent pas la même différence de niveau entre 10 et 15 et entre 25 et 30. Le tableau 1 montre les taux de sélection en fonction des niveaux de BSO pour les Selle français et les Anglo-arabes. On observe que les seuils sont très différents d'une race à l'autre.
3. Le BLUP est une **estimation** de la valeur génétique du reproducteur pour une aptitude donnée. La valeur annoncée est toujours la plus probable compte tenu des informations chiffrées dont nous disposons. Mais celles-ci sont d'autant plus incomplètes que l'estimation est précoce. C'est ce qui fait que le CD de l'indice n'est pas de 1. Comment traiter cette information partielle ? En réalité, on peut caractériser la variabilité autour de la valeur annoncée en répondant à deux types de questions :
 - « Dans quel intervalle de BLUP a-t-on X % de chance de trouver la vraie valeur génétique du reproducteur ? »
 - « Quelle est la probabilité que la vraie valeur génétique du reproducteur se situe dans les X % meilleurs de la population de référence ? »

La classification génétique des étalons répond à une question du premier type alors que les valeurs de pari correspondent à une question du deuxième type.

La classification génétique des étalons

La classification génétique des étalons proposée en 1998 reposait sur le calcul de la borne basse de l'indice génétique pour un intervalle de confiance de 95%. Il s'agissait donc de fournir à l'utilisateur un indicateur de sécurité maximum. Les 25 premiers étalons classés selon la borne basse de l'intervalle de confiance à 95 % de leur indice génétique étaient qualifiés Elite et se voyaient autorisés à saillir 150 juments. Leur borne basse était en réalité supérieure à 16.25, ce qui signifiait que ce lot d'étalons avait 97.5 chances sur cent d'avoir une valeur génétique vraie supérieure à 16.25 et donc de se situer dans les 5 % meilleurs de la population des Selle français (voir tableau 1).

Les chevaux Très Bons ont une borne basse supérieure à 8.19, les chevaux Améliorateurs ont une borne basse supérieure à 0 ce qui signifie que dans ce lot figurent des reproducteurs dont on peut garantir au moins qu'ils ne sont pas détériorateurs pour le CSO. Les chevaux dont la borne Basse est inférieure à 0 étaient qualifiés Autres. Tout ce que l'on pouvait en dire est qu'il était impossible de certifier à l'utilisateur qu'ils étaient améliorateurs pour le CSO. Cette classification génétique en éclairant le choix des éleveurs de même que l'augmentation des quotas a eu des effets très positifs sur l'évolution de l'étalonnage : beaucoup de juments ont délaissé des étalons Autres et Améliorateurs et ont fait le pari de la qualité en se reportant sur des étalons Très Bons et Elite comme le montre le tableau 2. Cependant il est probablement un peu rapide de classer dans la même catégorie « Autres » les chevaux ayant une borne basse de -0.1 et les chevaux ayant une borne basse de -25. Il est donc proposé de créer trois autres catégories par symétrie. Les chevaux dont la borne basse est comprise entre 0 et -8.19 seraient qualifiés d'Acceptables, les chevaux dont la borne basse est comprise entre -8.19 et -16.25 seraient qualifiés de Médiocres et les chevaux dont la borne basse est inférieure à -16.25 de Déconseillés CSO.

Valeurs de pari ou borne haute ?

La catégorie génétique des reproducteurs repose sur la notion de sécurité qui est un des aspects de l'incertitude entourant l'estimation de la valeur génétique des reproducteurs. On peut compléter l'information génétique en fournissant à l'éleveur non seulement des éléments de sécurité mais également des éléments concernant ses espoirs de gains. En d'autres termes en supposant que le BLUP du cheval sous-estime sa vraie valeur génétique peut-on encadrer les probabilités de réalisation de ces « valeurs hautes ». Deux stratégies sont envisageables : l'utilisation de la borne haute de l'intervalle de confiance à 95 % et celle des valeurs de pari.

Il est tentant d'utiliser la borne haute de l'intervalle de confiance. En réalité borne basse et haute ne correspondent pas aux mêmes types de questions. Il n'est pas symétrique d'éliminer un étalon lorsque sa borne basse est inférieure à 0 et de le retenir quand sa borne haute est supérieure à une valeur de seuil. En effet dans le premier cas la condition sera remplie avec une probabilité de 0.975 alors que dans le second on sait juste que la vraie valeur génétique peut être supérieure à la valeur de seuil sans en chiffrer la probabilité. On comprend bien qu'à côté du renseignement : « cet étalon a une borne haute pouvant dépasser 22 », il serait bien utile de connaître la probabilité de cet événement.

La borne haute ayant, comme on l'a vu, beaucoup moins d'intérêt que la borne basse pour classer les mâles, il est possible de calculer pour chaque reproducteur la probabilité compte tenu de son BSO et de son CD de dépasser certains seuils de référence. Les seuils proposés sont 1%, 2%, 5%, 10%.

Deux populations de référence peuvent être retenues : la population des Selle français et la population des Anglo-arabes. Cela signifie que pour les étalons susceptibles de produire en Anglo-arabe, deux séries de valeurs de pari pourraient être publiées : une série correspondant à des valeurs de croisement avec le Selle français et une série de production en Race Pure Anglo-arabe. Pour les étalons Selle français et Selle Etrangers, seule les valeurs correspondant aux Selle français seraient publiées. Cette proposition aurait pour intérêt de mettre en valeur les meilleurs étalons anglo-arabes pour le CSO afin d'orienter les éleveurs qui ont fait le choix de la race pure.

Le tableau 3 montre la répartition des étalons Selle français selon leur borne haute et basse et précise les valeurs de pari. Pas moins de 465 étalons sur ont une borne haute supérieure à 22. Cela montre bien que ce critère n'est pas discriminant. Les étalons classés Elite ont tous une borne haute supérieure à 22. La probabilité que leur valeur génétique vraie les situe dans les 1% meilleurs est de 85 %. Cette probabilité est de 99% si on s'intéresse aux 5 % meilleurs. Les Très Bons appartiennent à trois catégories de borne haute. Au sein de ces catégories, les valeurs de pari sont très différentes. En effet les étalons ayant une borne haute supérieure à 22 ont une valeur de pari 1 % de 56%. Ceux dont la borne haute est comprise entre 21 et 22 (2% meilleurs) n'ont qu'une valeur de pari 1 % de 1.64%. Cette évolution est liée à leur BSO et leur CD. En effet, la catégorie génétique reposant sur la borne basse, une même classe regroupe des étalons de très bon niveau génétique mais de CD encore moyen et des étalons plus vieux de CD plus fort mais de BSO plus faible. Au sein d'une catégorie génétique donnée les valeurs de pari permettent de distinguer les étalons ayant des perspectives d'évolution favorables de ceux dont l'avenir est bloqué. L'analyse de la catégorie Améliorateur est très parlante. Ces chevaux appartiennent à 5 catégories de borne haute. Cela signifie que si leur niveau de sécurité est identique (ils ont tous au moins une valeur génétique supérieure à 0) les espoirs que l'on met en eux sont très différents. Trois d'entre eux ont 0 % de chance d'appartenir aux 5 % meilleurs, neuf n'ont que 0.7 % de chance de figurer dans les 5 % meilleurs, dix huit n'ont que 12 % de figurer dans les 5 % meilleurs et aucune d'appartenir au 1 % meilleur, deux cent vingt et un ont une chance sur trois de figurer dans les 1% meilleurs.

Au sein d'une classe génétique donnée, les valeurs de pari augmentent quand le BSO augmente mais surtout quand le CD baisse et donc quand l'âge diminue. **Cela revient à dire qu'au sein d'une même classe génétique les valeurs de pari permettent de distinguer les reproducteurs bien plus finement que les bornes hautes et surtout mettent en valeur les jeunes étalons.**

CONCLUSION

Les indicateurs génétiques dérivés du BLUP sont sous employés dans la prise de décision et l'orientation des races de sport et de course. De tels outils n'ont évidemment d'intérêt que si on souhaite faire de la filière cheval un outil de développement du monde agricole et rural et non une simple production spéculative. En affirmant fortement cette ambition, des mesures telles que le maintien de quotas de cartes qui limitent l'utilisation des meilleurs étalons, l'interdiction de l'insémination en sperme congelé, la mise en œuvre de mesures complexes, inadaptées et par ailleurs inefficaces pour limiter les naissances dans la race trotteur apparaîtraient clairement pour ce qu'elles sont réellement : une entrave à la compétitivité de nos élevages et le maintien de distorsion de concurrence très forte entre les éleveurs. Les arguments techniques militant pour l'intérêt d'une utilisation accrue de ces outils ne manquent pas, souhaitons que la volonté de les utiliser se confirme.

Figure I

Quantité d'amélioration génétique potentielle des étalons trotteurs lors de la monte 1999

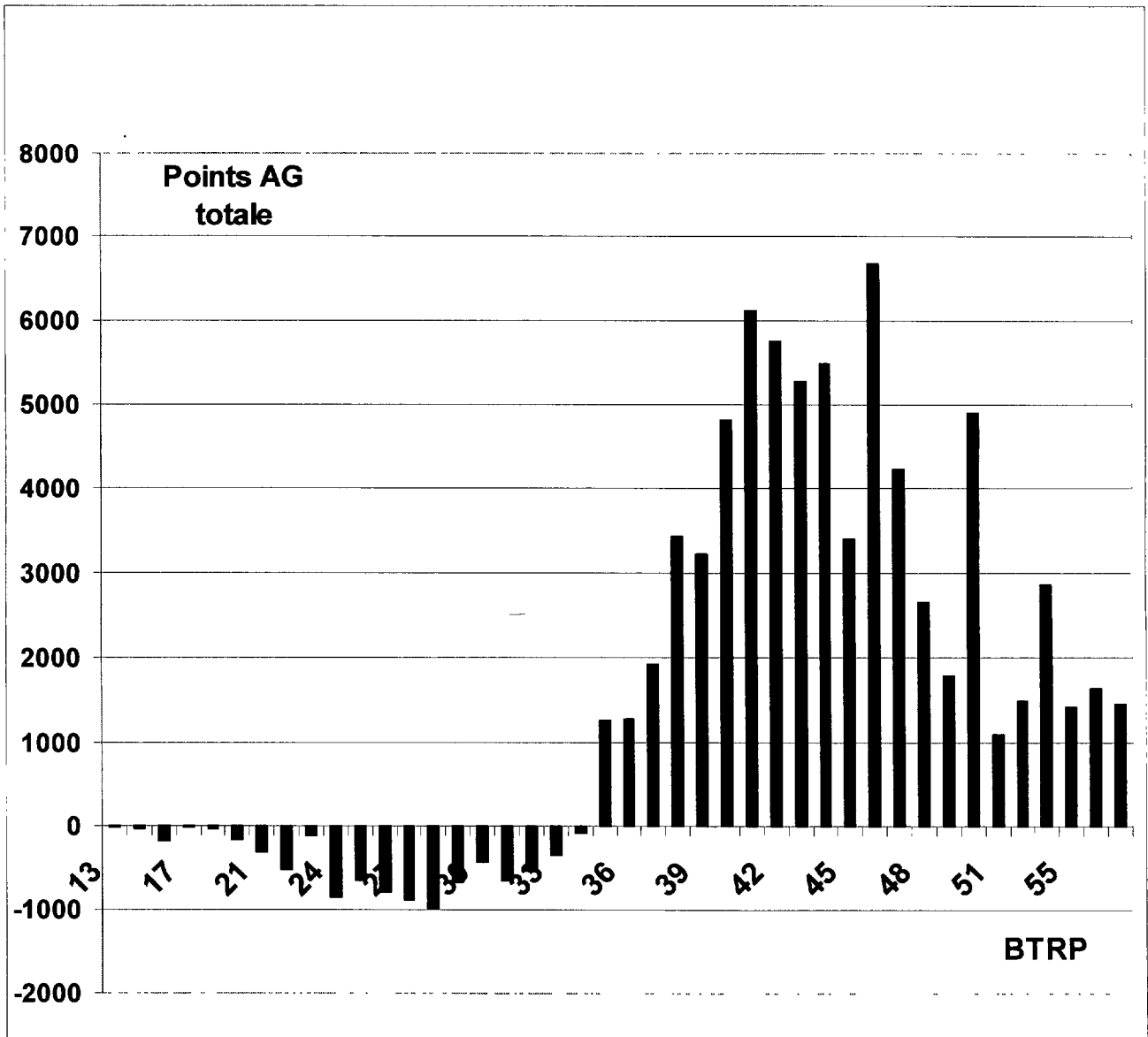


Figure II

Quantité d'amélioration génétique Monte 2000

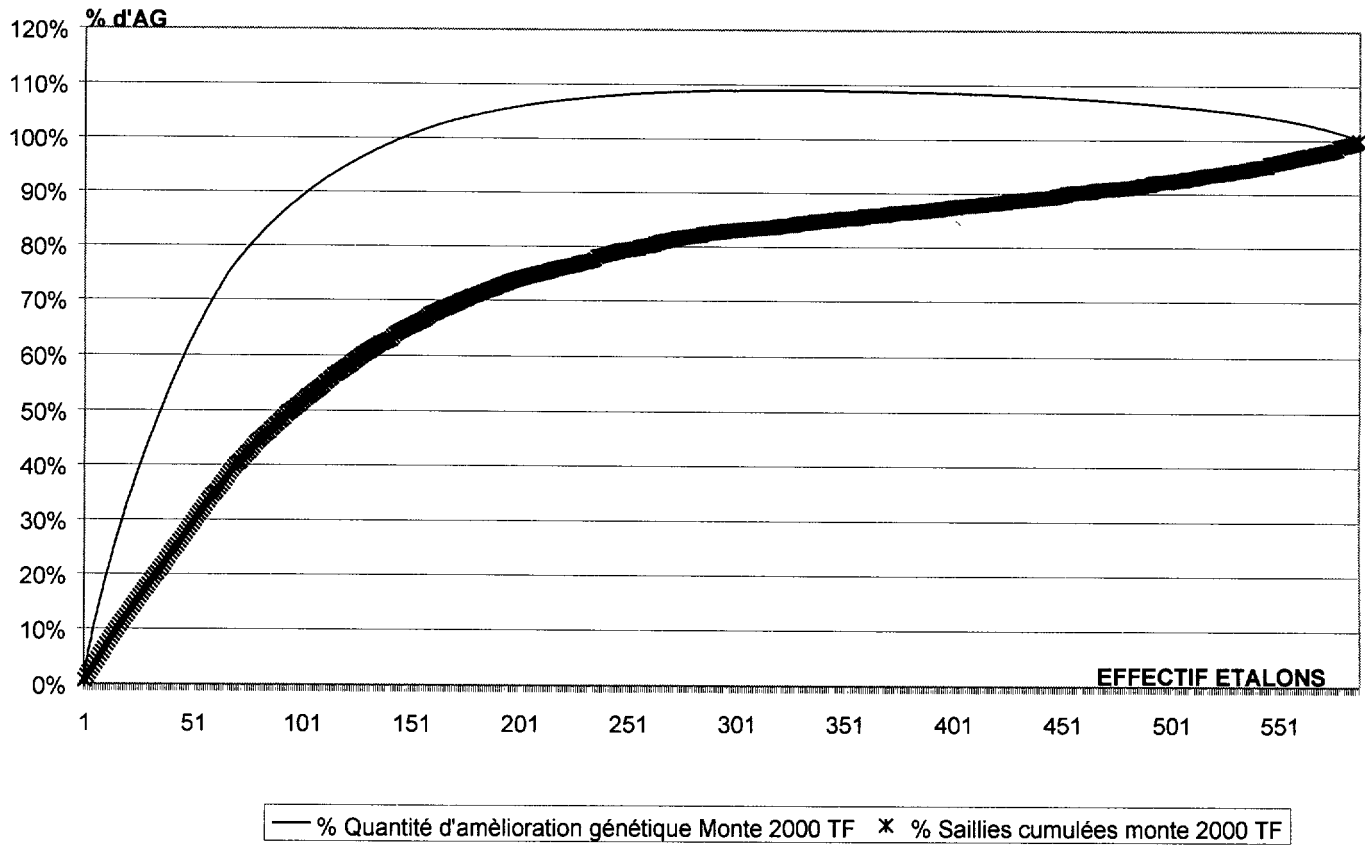


Tableau 1

BSO en fonction du seuil de sélection en race Selle français et Anglo-arabe

Seuils de sélection	1%	2%	5%	10%	25%
Selle français	22	21	16	13	7
Anglo-arabe	13	10	6	3	-2

Tableau 2

Répartition des étalons Selle français et Selle français selon la classe génétique, monte 1998, 1999, 2000

Activité	Sport			
Race 2	SF et SF.	Année de monte		
		1998	1999	2000
Classe	Données			
ELITE	Effectif étalons	24	25	25
	Somme SAILLIES TOTALES	1321	1 728	1 724
	harem moyen	55	69	69
	% saillies totales	10%	14%	14%
	saillies cumulées	1 321	1 728	1 724
TRES BON	Effectif étalons	115	152	161
	Somme SAILLIES TOTALES	3 561	4 945	5 060
	harem moyen	31	33	31
	% saillies totales	28%	39%	41%
	saillies cumulées	4 882	6 673	6 784
AMELIORATEUR	Effectif étalons	243	251	258
	Somme SAILLIES TOTALES	4 798	4 058	3 907
	harem moyen	20	16	15
	% saillies totales	38%	32%	32%
	saillies cumulées	9 680	10 731	10 691
AUTRE	Effectif étalons	264	208	170
	Somme SAILLIES TOTALES	2 906	1 963	1 642
	harem moyen	11	9	10
	% saillies totales	23%	15%	13%
	saillies cumulées	12 586	12 694	12 333
Total effectif étalons		646	636	614
Total somme SAILLIES TOTALES		12 586	12 694	12 333
Total harem moyen		19	20	20
Total % saillies totales		100%	100%	100%
Total saillies cumulées				

L'augmentation des quotas de cartes et la mise en place de la catégorisation génétique s'est traduit par un report massif de la jumenterie des classes "Autres" et "Améliorateur" vers les classes "Elite" et "Très bons". En 1998 ces deux catégories représentaient 38 % des saillies selle français pour 55% en 2000. Cette évolution est bénéfique pour l'élevage français. Ce transfert a principalement bénéficié aux Haras Nationaux pour la catégorie "Elite", probablement en raison de l'absence de baisse des prix de saillies des étalons privés. Pour la catégorie " Très bon ", le gain de l'étalonnage privé est de 11% alors que celui de l'étalonnage public est de 16 %. La classe "Autre" qui représentait 23% des saillies en 1998, ne constitue plus que 13 % de l'activité en 2000. L'étalonnage public ne consacre que 10 % de son activité à cette catégorie pour 17 % au secteur privé.

Tableau 3

Répartition des étalons Selle français selon leur borne et valeurs de pari

ACTIVITE	SPORT
RACE2	SF et SF.
ANNEE DE MONTE	2000

Borne haute	Données	Classe						TOTAL
		Elite	Très bon	Améliorateur	Acceptable	Médiocre	Déconseillés CSO	
1% meilleurs	NB NOM	25	148	221	64	7		465
	SAILLIES TOTALES	1724	4555	3239	718	32		10268
	HAREM MOYEN	69,0	30,8	14,7	11,2	4,6		22,1
	% SAILLIES TOTALES	14,0%	36,9%	26,3%	5,8%	0,3%	0,0%	83,3%
	Moyenne age étalons	15,2	10,6	9,5	11,3	12,4		10,4
	Moyenne BSO	27,3	23,6	18,2	12,2	6,6		19,4
	Moyenne CD BSO	0,83	0,68	0,60	0,57	0,33		0,63
	Valeur pari 1%	85,02%	55,56%	30,20%	10,13%	4,85%		38,07%
	Valeur pari 5%	99,2%	86,5%	60,6%	30,5%	15,3%		66,1%
2% meilleurs	NB NOM		6	7	6	2	1	22
	SAILLIES TOTALES		200	155	49	24	7	435
	HAREM MOYEN		33,3	22,1	8,2	12,0	7,0	19,8
	% SAILLIES TOTALES	0,0%	1,6%	1,3%	0,4%	0,2%	0,1%	3,5%
	Moyenne age étalons		19,8	15,9	12,7	11,0	7,0	15,2
	Moyenne BSO		16,3	13,8	8,3	5,0	1,3	11,6
	Moyenne CD BSO		0,94	0,89	0,65	0,45	0,19	0,77
	Valeur pari 1%		1,63%	1,64%	2,07%	2,12%	2,15%	1,82%
	Valeur pari 5%		57,8%	29,0%	12,7%	9,6%	7,6%	29,7%
5% meilleurs	NB NOM		7	18	21	8	4	58
	SAILLIES TOTALES		305	321	247	55	36	964
	HAREM MOYEN		43,6	17,8	11,8	6,9	9,0	16,6
	% SAILLIES TOTALES	0,0%	2,5%	2,6%	2,0%	0,4%	0,3%	7,8%
	Moyenne age étalons		20,1	15,7	14,6	14,0	10,8	15,3
	Moyenne BSO		15,0	11,3	6,7	4,0	-0,7	8,2
	Moyenne CD BSO		0,95	0,88	0,74	0,60	0,30	0,76
	Valeur pari 1%		0,41%	0,46%	0,50%	0,69%	0,89%	0,53%
	Valeur pari 5%		34,5%	12,1%	5,7%	4,9%	4,0%	10,9%
10% meilleurs	NB NOM			9	4	6	3	22
	SAILLIES TOTALES	0,0%		152	87	22	24	285
	HAREM MOYEN			16,9	21,8	3,7	8,0	13,0
	% SAILLIES TOTALES		0,0%	1,2%	0,7%	0,2%	0,2%	2,3%
	Moyenne age étalons			18,8	17,8	12,7	17,0	16,7
	Moyenne BSO			9,0	5,6	0,5	-2,8	4,5
	Moyenne CD BSO			0,94	0,81	0,60	0,35	0,74
	Valeur pari 1%			0,00%	0,05%	0,14%	0,33%	0,09%
	Valeur pari 5%			0,7%	1,8%	1,5%	2,0%	1,3%

Borne haute	Données	Classe						TOTAL
		Elite	Très bon	Améliorateur	Acceptable	Médiocre	Déconseillés CSO	
25% meilleurs	NB NOM			3	9	8	5	25
	SAILLIES TOTALES			40	103	61	26	230
	HAREM MOYEN			13,3	11,4	7,6	5,2	9,2
	% SAILLIES TOTALES	0,0%	0,0%	0,3%	0,8%	0,5%	0,2%	1,9%
	Moyenne age étalons			18,3	18,0	17,8	10,8	16,5
	Moyenne BSO			6,6	2,9	-1,0	-4,3	0,7
	Moyenne CD BSO			0,94	0,89	0,77	0,50	0,78
	Valeur pari 1%			0,00%	0,00%	0,01%	0,05%	0,01%
	Valeur pari 5%			0,0%	0,1%	0,2%	0,6%	0,2%
50% meilleurs	NB NOM				3	5	8	16
	SAILLIES TOTALES				13	26	42	81
	HAREM MOYEN				4,3	5,2	5,3	5,1
	% SAILLIES TOTALES	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,2%	0,3%	0,7%
	Moyenne age étalons				20,7	18,0	15,8	17,4
	Moyenne BSO				1,3	-3,7	-11,0	-6,4
	Moyenne CD BSO				0,95	0,84	0,53	0,70
	Valeur pari 1%				0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Valeur pari 5%				0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Détériorateur CSO	NB NOM					1	5	6
	SAILLIES TOTALES					5	65	70
	HAREM MOYEN					5,0	13,0	11,7
	% SAILLIES TOTALES	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,6%
	Moyenne age étalons					20,0	17,0	17,5
	Moyenne BSO					-7,8	-12,9	-12,1
	Moyenne CD BSO					0,93	0,73	0,77
	Valeur pari 1%					0,00%	0,00%	0,00%
	Valeur pari 5%					0,0%	0,0%	0,0%
Total NB NOM		25	161	258	107	37	26	614
Total SAILLIES TOTALES		1724	5060	3907	1217	225	200	12333
Total HAREM MOYEN		69,0	31,4	15,1	11,4	6,1	7,7	20,1
Total % SAILLIES TOTALES		14,0%	41,0%	31,7%	9,9%	1,8%	1,6%	100,0%
Total Moyenne age étalons		15,2	11,4	10,5	13,1	14,8	14,1	11,8
Total Moyenne BSO		27,3	22,9	17,1	9,6	1,5	-7,1	15,8
Total Moyenne CD BSO		0,83	0,70	0,64	0,65	0,62	0,49	0,66
Total Valeur pari 1%		85,02%	51,15%	25,95%	6,28%	1,21%	0,27%	28,95%
Total Valeur pari 5%		99,2%	83,2%	53,6%	20,2%	4,8%	1,3%	52,2%