

1529

In. U

15ème Journée d'Etude, CEROPA

Paris, 8 mars 1989



## APPLICATION D'UN BLUP MODELE ANIMAL AUX GAINS DES TROTTEURS FRANCAIS EN COURSE

Anne TAVERNIER

INRA, Station de génétique quantitative et appliquée

78350 Jouy-En-Josas

### Résumé

La valeur génétique des chevaux de Trotteurs Français est maintenant estimée par un BLUP : cette méthode permet de prendre en compte toutes les performances de tous les apparentés d'un cheval pour l'estimer et de tenir compte des différentes conditions de milieu : effet maternel, élevage, âge, sexe, année de la performance, conditions d'exploitation. La performance utilisée est le logarithme du gain annuel divisé par le nombre de départs. Cet indice nous a permis de mettre en évidence la progression génétique du trotteur au rythme de 3.5% d'écart-type phénotypique par an. Il doit devenir l'outil de sélection de la population pour les étalons mais aussi pour les poulinières qui ont maintenant toutes un indice, performeuses ou non. En effet, un progrès supérieur de 50% est possible facilement.

Mots clés : Trot, valeur génétique, gains, BLUP

### Summary

Breeding value of "Trotteurs Français" is estimated with BLUP : this method take into account all records of all relationship of a horse and correct for environmental effects : maternal effect, herd effect, age, sex, year of recording, permanent environmental effect. The record used is the logarithm of annual earnings divided by number of start. Genetic trend is estimated at 3.5% of phenotypic standard deviation per year. BLUP evaluation must become the criteria of selection for stallions and also for broodmares which all have an evaluation as they run or not. In fact a genetic trend of 50% more is possible.

Key-words : Trot, Breeding evaluation, earnings, BLUP

## INTRODUCTION

Les chevaux de Trotteur Français sont indexés depuis quelques années déjà sur leurs gains en course grâce à un indice classique qui combine les performances propres pour les chevaux titulaires de performances ainsi que les performances des descendants et des conjointes pour les étalons. Ces indices ne sont malheureusement pas encore à la disposition des éleveurs. Pour parfaire l'estimation génétique des Trotteurs nous avons maintenant un "BLUP", comme pour les chevaux de CSO. Cette technique statistique nous permet d'utiliser toutes les performances de toute la parenté d'un cheval pour estimer son potentiel comme reproducteur. C'est donc un outil particulièrement efficace pour gérer une population : sélection des étalons (achat, réforme, autorisations), sélection des poulinières (renouvellement) et choix des accouplements. C'est aussi une source d'informations sur la structure actuelle de la population : localisation des meilleurs élevages, possibilités d'amélioration de la race, évaluation des juments non titulaires de performances, ce qui peut orienter la réglementation.

## MODELE GENETIQUE

La technique de calcul utilisée est la même que celle déjà en usage chez les chevaux de sport (TAVERNIER, 1985, 1987, 1988a, 1988b). Pour tous les détails concernant les modèles mathématiques et les techniques de résolution se reporter à ces références. Le choix du critère et des facteurs de variations a été discuté dans LANGLOIS (1986). Nous ne reviendrons pas sur leur opportunité.

L'indice BLUP est calculé à partir des résultats de course. La mesure de la performance est le *logarithme du gain annuel divisé par le nombre de départs pris par le cheval dans l'année* (le logarithme sert à rétablir l'échelle distendue des gains). Cette performance est expliquée par la somme des effets qui concourent à la produire : effet génétique, effets de milieu connus, effet maternel et d'élevage et effet du milieu constant dont bénéficie le cheval. Ces effets sont détaillés ci-dessous :

- *Les effets connus du milieu* sont le sexe et une combinaison de l'année et de la classe d'âge. Effectivement, indépendamment de sa qualité, un trotteur peut gagner plus d'argent à certains ages quand les dotations sont plus importantes et gagne bien sur plus maintenant qu'il y a 10 ans à cause de l'inflation. La combinaison de l'age et de l'année est nécessaire puisque la politique de dotation en fonction de l'âge est différente dans le temps. Il y a 5 classes d'âge : 2 ans, 3 ans, 4 ans, 5 ans, 6 ans et plus. Un trotteur peut courir jusqu'à l'âge de 10 ans.

- *L'effet génétique* est la qualité génétique du cheval que l'on cherche à estimer. C'est la part de sa qualité innée qu'il va transmettre à ses descendants. Elle représente 26% de la variation totale des performances. Ces 26% sont ce qu'on appelle l'héritabilité d'un caractère.

- *L'effet maternel-élevage* traduit l'influence prépondérante de la mère et de l'éleveur en tant que milieu pour le poulain. Les descendants d'une même mère vont bénéficier du même milieu pendant la gestation puis la période d'allaitement et ensuite d'élevage. Cet influence n'a rien à voir avec la qualité génétique que la mère transmet à son produit, elle n'agit là qu'en tant que milieu. Cet effet ne permettra donc pas à son produit de devenir meilleur reproducteur mais de faire de meilleures performances. Il représente 4% de la variation totale des performances.

- *L'effet du milieu constant* dans lequel vie le cheval représente les conditions de milieu fixes (en plus de ses antécédents maternels qui pourraient en faire parti) dont le cheval bénéficie plusieurs années de suite : écurie, entraîneur, driver etc... Il constitue 6% de la variation totale des performances.

L'importance respective de ces différents effets a été estimée une première fois par LANGLOIS (1984), et réestimée ici par analyse de variance sur l'ensemble de notre fichier.

Le "BLUP" permet, à partir des performances, d'estimer chacun de ces effets. L'estimation de la valeur génétique est l'*indice BLUP*. Pour cela il utilise toutes les relations de parenté entre les chevaux. Il corrige les performances en supprimant les effets dus au milieu décrits ci-dessus pour n'en garder que la part génétique puis il les pondère à leur juste poids en fonction du lien de parenté proche ou lointain. D'un point de vue statistique il permet en outre de minimiser la partie de la performance non expliquée par nos effets.

## DONNEES

Les gains en course des trotteurs sont recueillis depuis de nombreuses années par la Société d'Encouragement à l'élevage du Cheval Français. Ces résultats ne sont informatisés que depuis 1974. Il a donc fallu saisir les résultats antérieurs. Le fichier des performances est complet depuis les naissances 1966 jusqu'aux performances de 1986. Nous possédons de plus la généalogies de ces chevaux à peu près jusqu'à l'ouverture du stud-book sur support informatique grâce au SIRE (Système d'Identification Répertoire des Equidés). Nous avons utilisé cette information généalogique de la façon la plus complète possible en incluant l'ensemble de ces ancêtres sans performances (y-compris les Pur-Sang).

Le fichier (chevaux performeurs nés après 1966 et l'ensemble de leurs ancêtres recensés) représente 61012 chevaux avec 42263 performeurs pour 120172 performances annuelles, 2828 étalons et 22250 poulinières. Parmi les reproducteurs nés après 1966, soit 676 étalons et 10083 poulinières, 99% des étalons et 56% des poulinières ont des résultats en course. De plus nous avons estimé les chevaux Trotteurs Français inscrits au SIRE ni performeurs ni parents (même lointains) de performeurs par la moyenne des estimations de leurs parents. Au total c'est donc 140107 Trotteurs Français qui sont estimés.

## PRESENTATION DES INDICES

La performance : le logarithme du gain annuel divisé par le nombre de départs, est présentée sous une forme standardisée : la moyenne annuelle est de 100, l'écart-type est de 20 ce qui veut dire que 15% des chevaux sont au dessus de 120 et 15% en dessous de 80. C'est ce qu'on appelle l'indice annuel ou indice de performance. Cet indice n'est pas un indice génétique, c'est uniquement la performance du cheval présenté sous une forme pratique qui permet de comparer des chevaux d'âge et de sexe différents qui ont couru dans des années différentes.

L'indice génétique BLUP estime la qualité d'un cheval en tant que reproducteur. Il va donc s'exprimer en points de performance que le cheval doit léguer à ses descendants. Un indice BLUP de +16 signifie que le cheval va "donner" à son descendant un avantage de  $(+16/2) = +8$  points d'indice annuel par rapport la moyenne des chevaux (il ne lègue que la moitié de ses gènes). On peut donc espérer que le descendant - en dehors de tout autre effet favorable ou défavorable - aura plus tard un indice de performance de  $100+8=108$ . Un indice génétique est une estimation et non une mesure, il est donc assorti d'un coefficient de détermination qui donne la précision de l'indice, la confiance qu'il faut lui accorder. Ce coefficient de détermination varie de 0 à 1.

## STRUCTURE DE LA POPULATION

Pour être utile, il faut définir la structure actuelle de la population car, nous allons le voir, cette structure évolue au fur et à mesure que le Trotteur Français progresse dans son aptitude. Le "0" de référence correspond au niveau de la population initiale à l'origine du trotteur Français : aussi loin que nous avons pu remonter dans le fichier généalogique du SIRE.

Actuellement, les naissances de 1986 ont pour indice BLUP moyen +11.4. Le meilleur a +35 et le moins bon -9. 1% des chevaux sont au dessus de +26, 10% au dessus de +19. Le quart est supérieur ou égal à +15 et la moitié à +11. Les départements (FIGURE I) les meilleurs sont l'Orne : moyenne +14.0 avec 1313 naissances et le Calvados : moyenne +13.4 avec 1215 naissances. Trois autres départements ont aussi des moyennes supérieures à l'ensemble de la France : la Mayenne (+12.8 et 652 naissances), la Sarthe (+11.9 et 383 naissances) et la Manche (+11.4 et 664 naissances). Les FIGURES II et III situent le niveau des reproducteurs. Parmi les étalons à la saillie en 1985 (pour produire les naissances 86), 16 étaient supérieurs à +30 et 137 à +20. Il suffisait donc de piocher dans ceux-là pour créer la nouvelle génération. Une poulinière est dans les 10% meilleure quand elle a +14, dans le quart meilleur quand elle a +9 et dans la bonne moitié quand elle a +4.

## COMPARAISON AVEC LES ANCIENS INDICES

Les indices BLUP ont été comparés aux indices classiques. Pour les étalons nous avons comparé l'indice BLUP à l'indice classique qui combine performances propres, performances des descendants et performances des conjointes. Cette corrélation est de 0.84\*\*\* (1534 étalons concernés). Elle est assez élevée (une corrélation varie de -1 à +1), ce qui n'est pas surprenant pour des individus dont essentiel de l'information est contenu dans l'indice classique. Le BLUP n'apporte pas alors beaucoup d'informations supplémentaires. Il corrige cependant mieux pour le progrès génétique et pour les conjointes qui n'intervenaient que par leur propres performances dans l'indice classique. On observe donc quelques gros écarts pour des étalons de tête avec une revalorisation des jeunes étalons.

Pour les chevaux uniquement performeurs la comparaison a porté sur l'indice classique qui combinait seulement leurs propres performances. La corrélation est de 0.78\*\*\* (35 934 chevaux concernés). Cette corrélation, élevée, montre l'importance du test de performance dans la sélection du trotteur français. Avec des chevaux qui font en moyenne 2.8 années de gains, on a une bonne estimation de leur potentiel génétique d'après leurs performances.

Globalement, le BLUP apporte surtout un plus pour les chevaux sur lesquels on n'avaient auparavant que peu de renseignements : poulinières, jeunes. Pour un étalon qui a beaucoup de descendants, il est bien évident que l'estimation de son potentiel génétique n'est plus constitué que des performances de ceux-ci.

## PROGRES GENETIQUE

L'évolution génétique de la population - donc éventuellement le progrès - est mesuré par l'évolution de l'indice BLUP en fonction de l'année de naissance. La FIGURE IV résume ces évolutions dans l'ensemble de la population enregistrée au SIRE.

La supériorité des étalons par rapport à la population non reproductrice est de 14 points depuis le début des années 70. Cette supériorité s'explique presque exclusivement par leur sélection sur performances propres. En effet, si on prend en compte uniquement leur performances pour estimer leur potentiel génétique, comme on le faisait dans les indices classiques des performeurs, leur supériorité est de 13.5 . La supériorité génétique totale donnée par le BLUP est donc constituée uniquement d'une supériorité sur performances.

Les poulinières ont une supériorité d'environ 1.5 points sur les non reproducteurs. Par contre, elles ne sont pas sélectionnées elles-mêmes sur performances (LANGLOIS, 1985). Elles le sont donc sans doute sur ascendance.

La supériorité de la génération suivante issue de ces reproducteurs par rapport à l'actuelle population sera donc de :

$$\frac{14 + 1.5}{2} = +8 \text{ (arrondi)}$$

*(chacun des parents lègue la moitié de ses gènes)*

On progresse donc de 8 points en une génération. L'écart moyen de temps entre 2 générations est de 11.6 ans (c'est ce que nous appelons l' intervalle de génération). Le progrès génétique annuel est donc de :

$$\frac{8}{11.6} = +0.7$$

Ce progrès peut aussi être mesuré par la pente de la courbe d'évolution de l'ensemble de la population. Cette pente est bien de 0.7 points par an entre 1966 et 1986. Ce progrès est supérieur à celui réalisé chez les chevaux de CSO en France qui est de 0.3 points par an (TAVERNIER, 1988a). Il demeure néanmoins inférieur à ce qui pourrait être réalisé sans modification profonde du système de production. Prenons comme exemple la population des trotteurs Français nés en 1983, donc ayant pu être testés sur performances à 2 et 3 ans en 1985 et 1986 - date limite des performances intervenant dans le calcul des BLUP. La moyenne des indices BLUP de cette génération est de 8.4. Si on ne gardait que les meilleurs 50% des femelles et 1% des mâles, ce qui est suffisant pour assurer le renouvellement de la population, la moyenne des indices BLUP des futurs reproducteurs pourrait être de 13.3 et 27.6 respectivement (FIGURE V). Leur supériorité par rapport à la moyenne de leur génération est donc de 4.9 points et 19.2 points. On aurait donc pour la génération suivante un progrès de :

$$\frac{19.2 + 4.9}{2} = +12$$

Soit 4 points (50%) de plus qu'actuellement. Ce progrès pourrait être encore amélioré en utilisant les techniques nouvelles de reproduction tel que l'insémination artificielle pour diffuser les meilleurs étalons et tester plus rapidement sur descendance les jeunes étalons.

## ESTIMATION DES NON GAGNANTS

*Comparaison chevaux gagnants - chevaux non gagnants mais ayant couru - chevaux n'ayant pas couru*

Un des problèmes du critère du gain est de ne pas tenir compte des chevaux non titulaires de gains, qu'ils aient ou non participé à des courses. L'indice BLUP permet d'avoir une information sur eux à partir de leur parenté et de les comparer au reste de la population.

Le TABLEAU 1 représente les valeurs génétiques moyennes des Trotteurs Français nés de 1974 à 1984 selon 3 catégories : les chevaux gagnants (= ayant des gains et pas forcément vainqueur d'une épreuve), les chevaux non gagnants mais sortis, les chevaux non sortis et 3 classes d'âge de performances : 2ans, 3ans et 6 ans et plus.

Dans tous les cas la supériorité génétique réelle des chevaux sortis en course par rapport à l'ensemble des naissances est très inférieure à celle que l'on laisse entendre les effectifs. Ce ne sont pas les 7% ou 40% ou 19% meilleurs chevaux de leur génération à 2, 3 et 6 ans qui sortent en course. On peut juste noter que :

- . la qualification à 2 ans et à 3 ans n'est pas un signe de nette supériorité génétique : les chevaux qualifiés sans gains n'ont qu'un avantage de 1 point sur les chevaux qui ne sont pas du tout sortis. Cet avantage ne représente qu'un peu plus d'une année de naissance d'écart puisque le trotteur Français progresse chaque année de 0.7 points. Il y a plus de différence entre divers gagnants que globalement entre qualifiés et non qualifiés.

- . ne pas sortir à 2 ans n'a pas de signification génétique

- . ce n'est qu'à 6 ans qu'on ne garde en course que des chevaux un peu meilleur que leurs contemporains

#### *Estimation des poulinières sans performances*

Nous allons maintenant pouvoir comparer réellement les juments titulaires ou non de performances. Une distinction est faite entre jument qualifiée ou non dans les règlements de monte qui ne semble pas correspondre à un réel écart de qualité au niveau de la production (LANGLOIS, 1985).

Pour étudier la jumenterie, nous avons analysé les mères des poulains nés en 1986 (FIGURE VI et VII). Les poulinières qui ont eu des gains à un âge quelconque de leur vie représentent 50.5% de l'ensemble, celles qui sont sorties mais non gagnantes sont 21.3%, il reste 28.2% de juments qui n'ont pas courues. Par rapport à leur contemporaines nées la même année et devenues aussi poulinières, les juments gagnantes ont 2 points d'indice en plus de la moyenne, les juments non sorties ont 1/2 points de retard et les juments sorties non gagnantes sont dans la moyenne. Mais les juments qui sortent en course arrivent beaucoup plus tard à la reproduction. Leur âge moyen est de 11.5 ans alors que celui des juments qui n'ont pas courues est de 9.4 ans et celui des juments qui ont courues mais n'ont pas gagné est entre les deux de 10.1 ans. Les 2 points d'indice en plus des juments gagnantes ne représentent qu'à peine 3 ans de progrès génétique, puisque l'on progresse chaque année de 0.7 points soit 2.1 points en 3 ans. L'avantage des juments gagnantes par rapport à leur contemporaines est donc grignoté par leur "retard" génétique par rapport aux juments plus jeunes qui sont à la reproduction en même temps qu'elles. La moyenne des indices des juments gagnantes est donc de 4.7, celle des non gagnantes de 4.5 et celle des juments non sorties de 4.5 également. Le test de sélection sur performance est donc actuellement peu efficace pour les juments trotteuses. Il ne faut pas abandonner l'idée de sélectionner les juments sur les performances mais il faut revoir son application. Il faut utiliser uniquement des carrières courtes, pour ne pas se laisser rattraper par la génération montante et effectuer une réelle sélection sur la performance. Si on ne

conservait réellement que les 50% meilleures juments sorties en course, elles auraient avec une seule année de performance une supériorité de 4 points par rapport aux juments qui n'auraient pas courues, et même en arrivant à l'élevage avec un an de retard par rapport à celles-ci, elles conserveraient nettement leur supériorité.

L'indice BLUP doit donc devenir un véritable outil de gestion de la jumenterie. Il faut prendre garde, dans une population qui évolue rapidement de toujours comparer la compétitivité des vieilles juments par rapport aux jeunes.

## ACCOUPEMENTS RAISONNES

Il est préférable, pour optimiser ses chances de produire un bon cheval d'accoupler un bon étalon à une bonne jument. L'importance de ce phénomène peut se mesurer grâce à la corrélation entre l'indice BLUP des 2 conjoints. Elle est de 0.44 sur l'ensemble de notre fichier qui recense 136753 couples. Elle est donc bien présente dans la population des Trotteurs Français et justifie d'autant plus la prise en compte du niveau du harem pour estimer un étalon, et réciproquement des conjoints pour estimer une poulinière.

## CONCLUSION

Nous ne reviendrons pas sur les avantages de l'indice BLUP qui donne la meilleure estimation du potentiel génétique possible d'un cheval en synthétisant l'ensemble des informations venant des courses. Il doit remplacer toutes les autres estimations basées sur les résultats en course : somme de gains, coefficients de réussite qui ne reposent pas sur une explication biologique génétique et ne corrigent pas pour les effets parasites dus au milieu sur la performance. Il a permis de répondre à quelques questions en suspens sur la gestion de la population :

① La population du Trotteur Français s'améliore pour l'aptitude au trot de 8 points d'indice par génération. Elle pourrait gagner facilement 12 points par génération.

② Les juments poulinières actuellement en production sont en moyenne du même niveau, performeuses ou non. Il n'y a donc pas lieu de les pénaliser sur ce critère. Pour avoir un critère de sélection efficace il faut utiliser le BLUP. C'est en effet le seul critère qui permet de comparer avec justesse les femelles contrôlées sur performances et celles qui n'ont pas été exploitées.



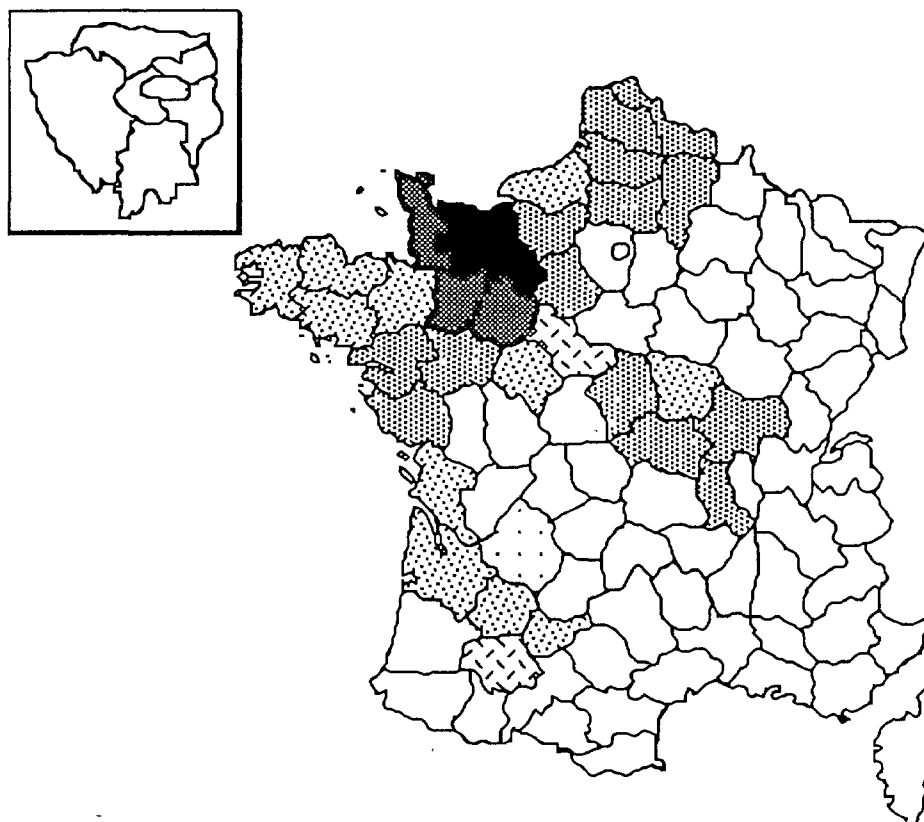
## Bibliographie

- LANGLOIS B., 1985.. Effets de la sélection sur les données de performances chez le "Trotteur Français". Journée de la recherche chevaline organisée par le CEREOPA, PARIS, 6 mars 1985.
- LANGLOIS B., 1986. Evaluation génétique des Trotteurs Français d'après leurs gains. Journée de la recherche chevaline organisée par le CEREOPA, PARIS, 12 mars 1986.
- TAVERNIER A., 1985. BLUP horse story. Rapport de DEA de Génétique quantitative et appliquée, Université de PARIS XI, 61p.
- TAVERNIER A., 1987. Estimation de la valeur génétique des chevaux de sport : utilisation du BLUP. Journée de la recherche chevaline organisée par le CEREOPA, PARIS, 11 mars 1987.
- TAVERNIER A., 1988a. Application du "modèle animal" dans l'évaluation génétique des chevaux de sport. In. Proc. Colloque International Amélioration génétique du cheval de sport, CEREOPA, PARIS, 9 mars 1988.
- TAVERNIER A., 1988b. Advantages of BLUP animal model for breeding value estimation in horses. *Livest. Prod. Sci.*, 20 :149-160.

Figure I

Moyenne des indices BLUP Trot 1986 des  
Naissances TROTTEUR FRANCAIS 1986 par département

*BLUP evaluation mean in 1986 for 1986 births  
of TROTTEUR FRANCAIS per department*



*Légende :*

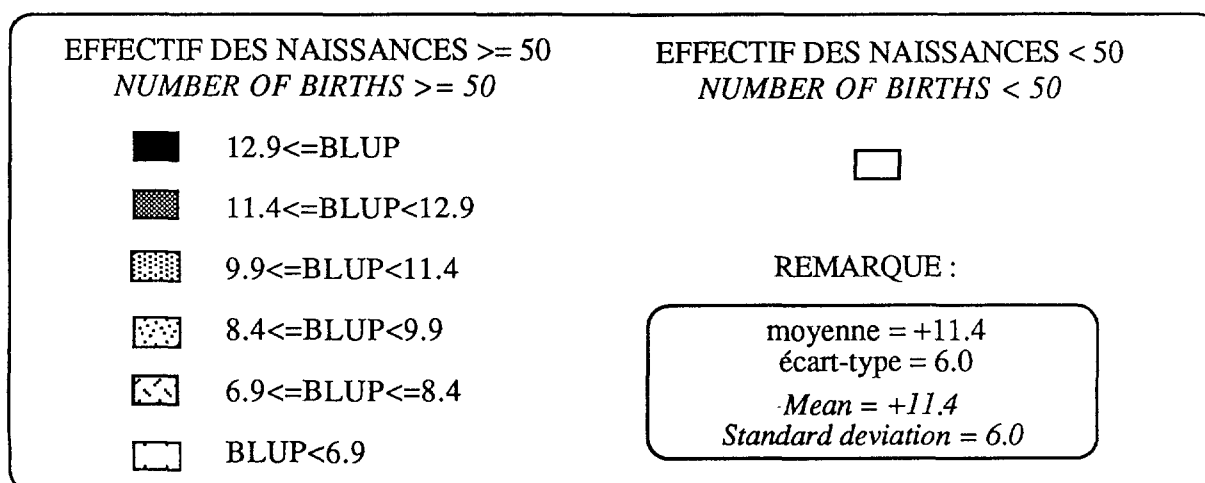


Figure II  
 Distribution des pères TF des  
 naissances TROTTEUR FRANCAIS 1986  
*Distribution of sires of  
 TROTTEUR FRANCAIS births in 1986*

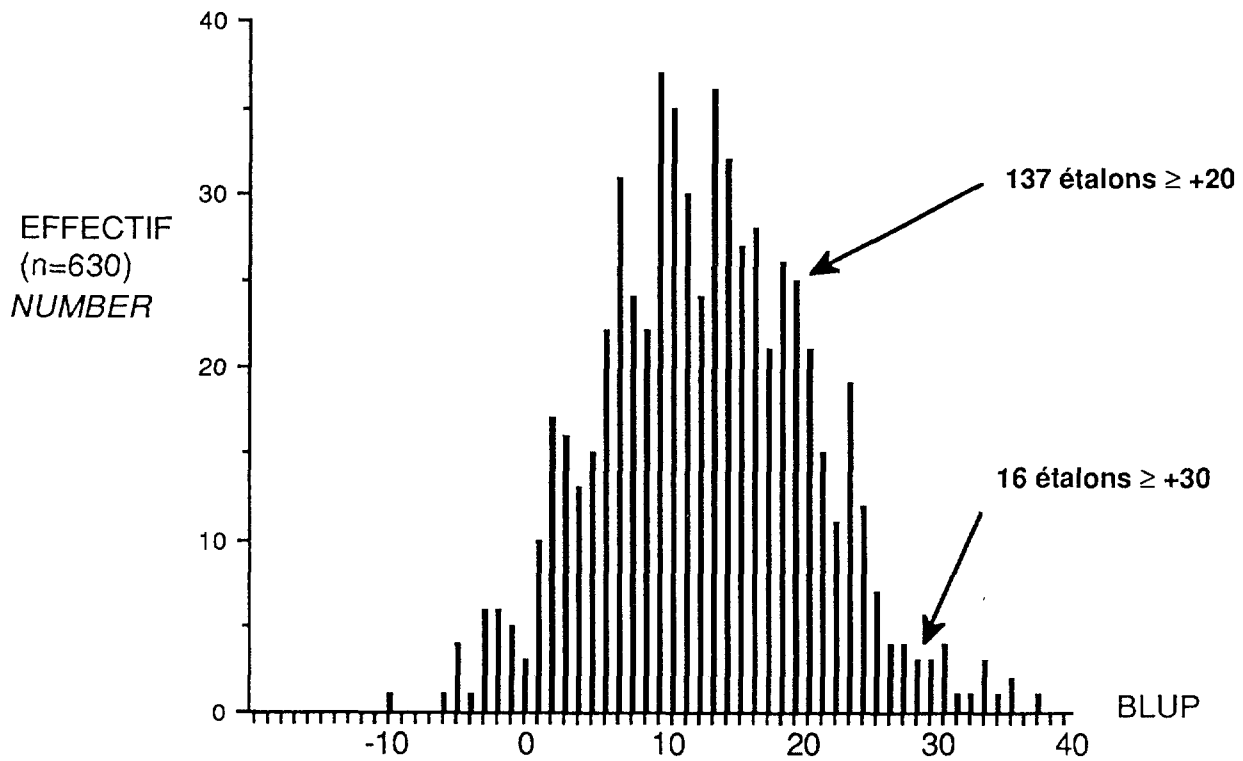
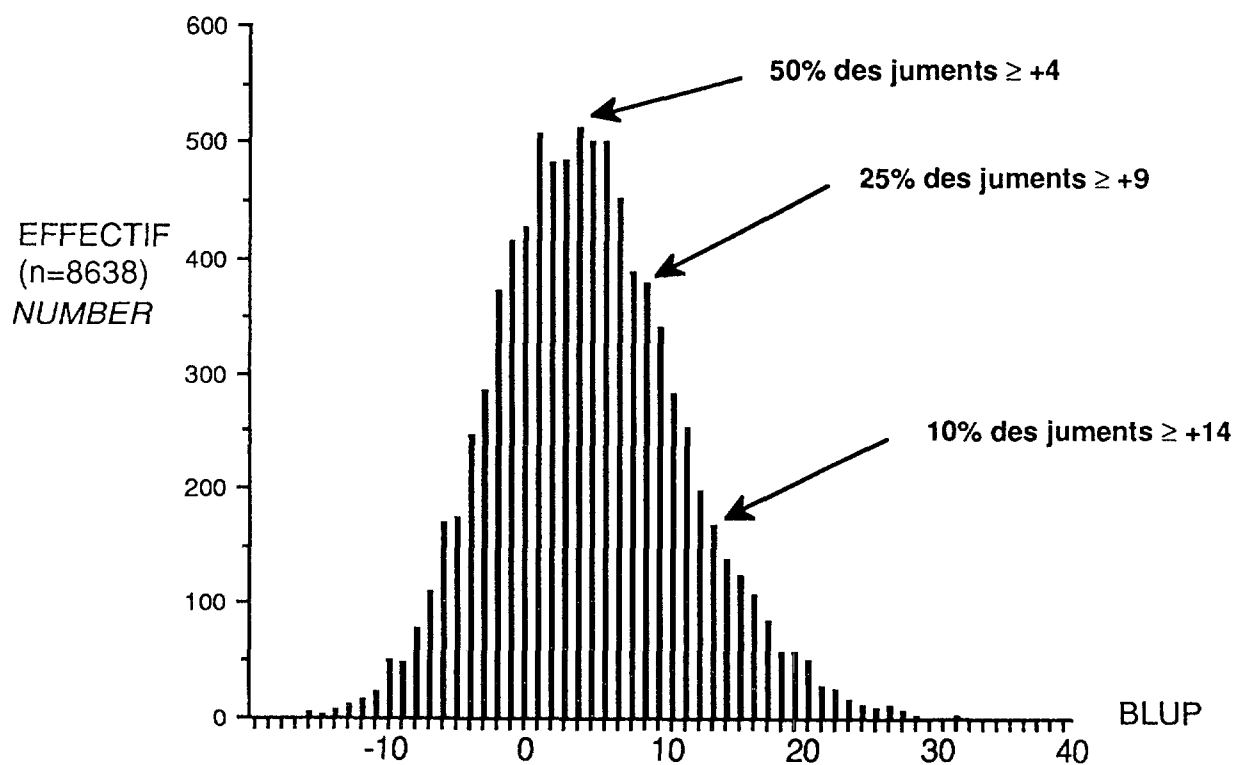


Figure III  
 Distribution des mères TF des  
 naissances TROTTEUR FRANCAIS 1986  
*Distribution of mares of  
 TROTTEUR FRANCAIS births in 1986*



**Figure IV**  
Evolution génétique des TROTTEURS FRANCAIS  
*Genetic trends in TROTTEUR FRANCAIS*

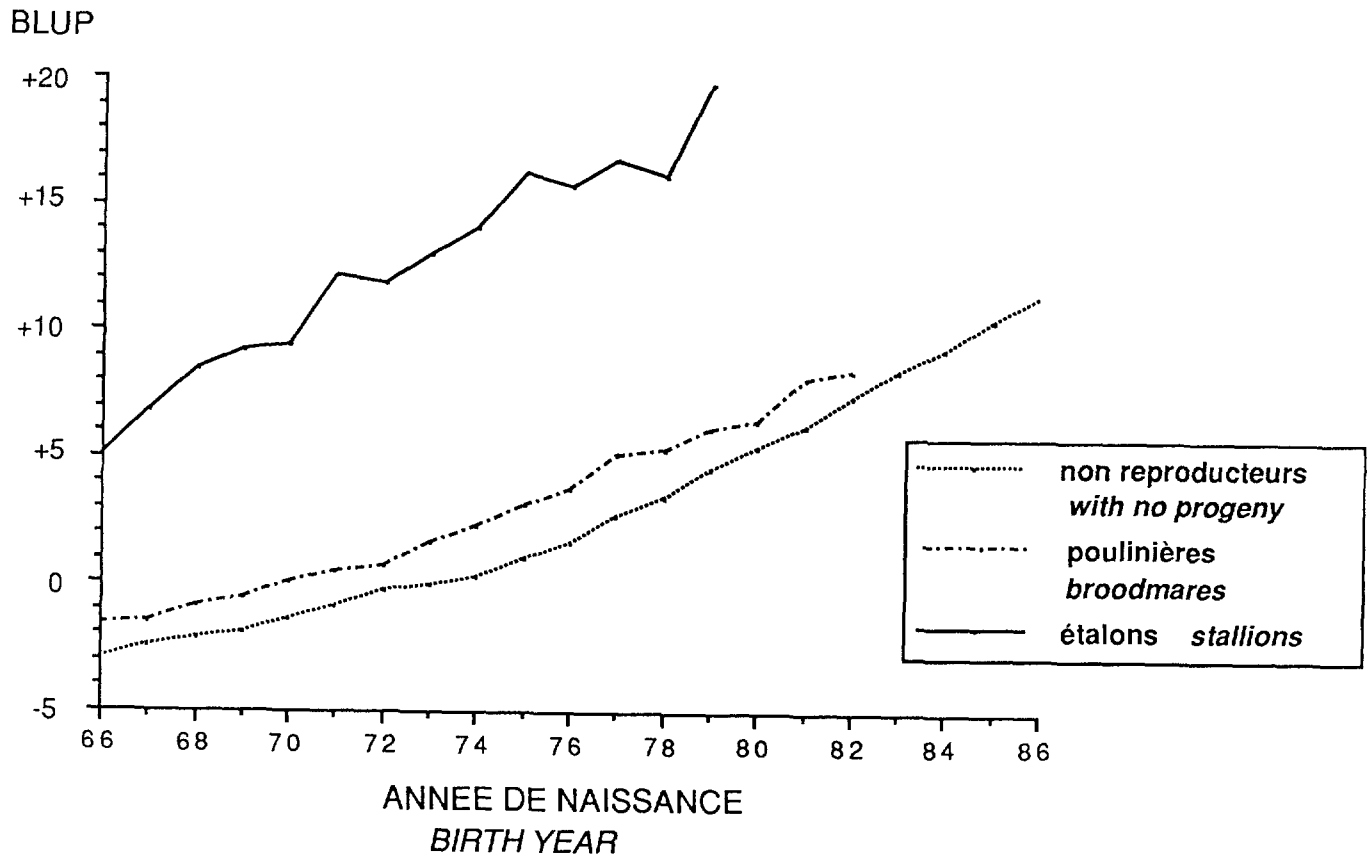


Figure V

Simulation de la sélection de la génération de 1983  
*Simulation of selection of 1983 generation*

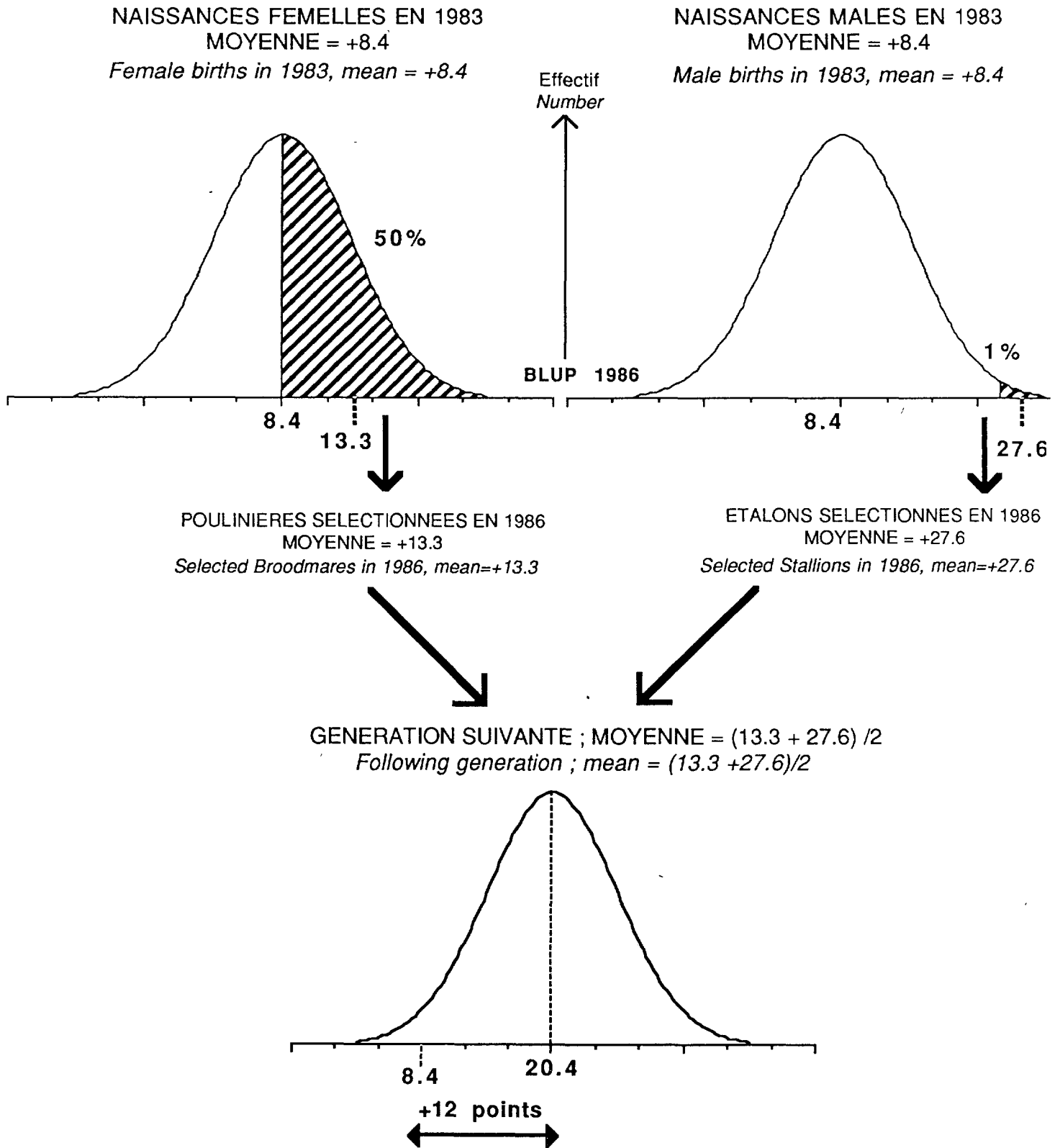


Figure VI

BLUP des juments TF mères des naissances TF de 1986  
*BLUP of mares TF of colts TF born in 1986*

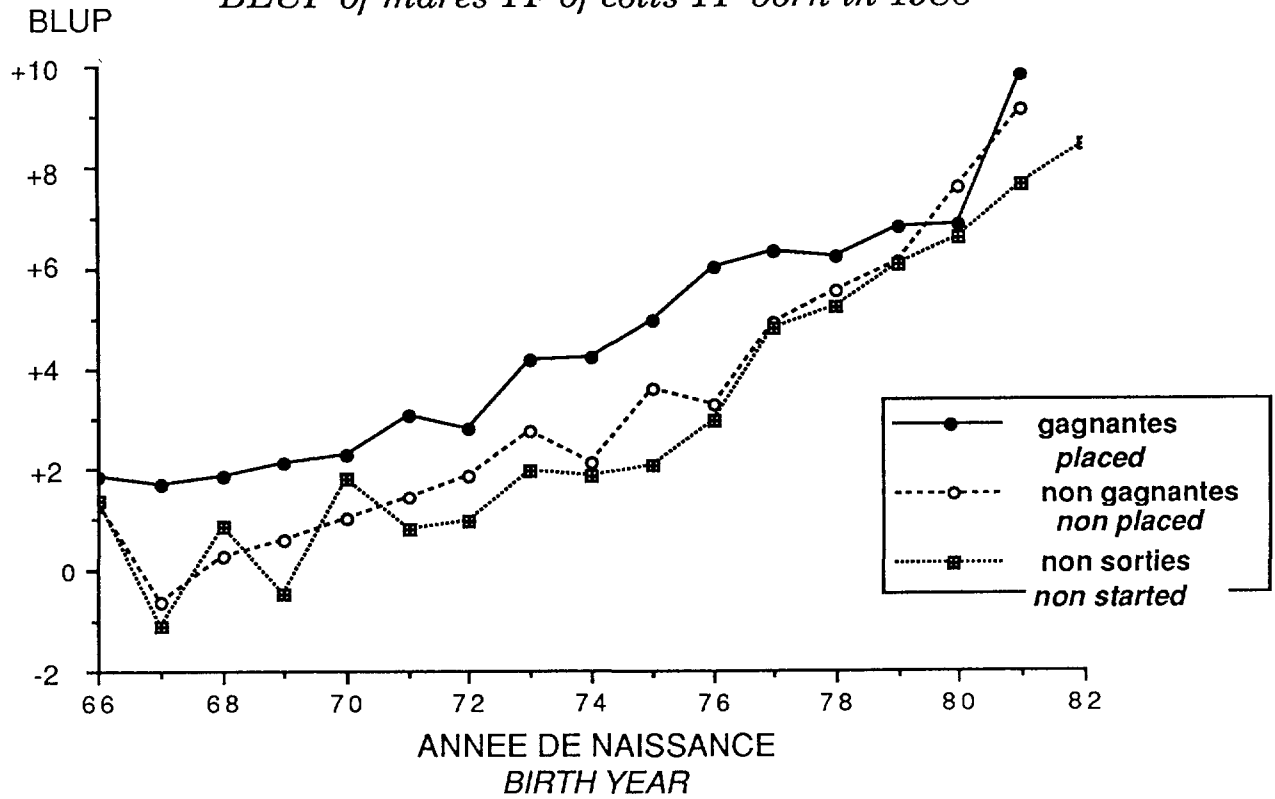


Figure VII

Année de naissance des juments TF mères des naissances TF de 1986  
*Birth year of mares TF of colts TF born in 1986*

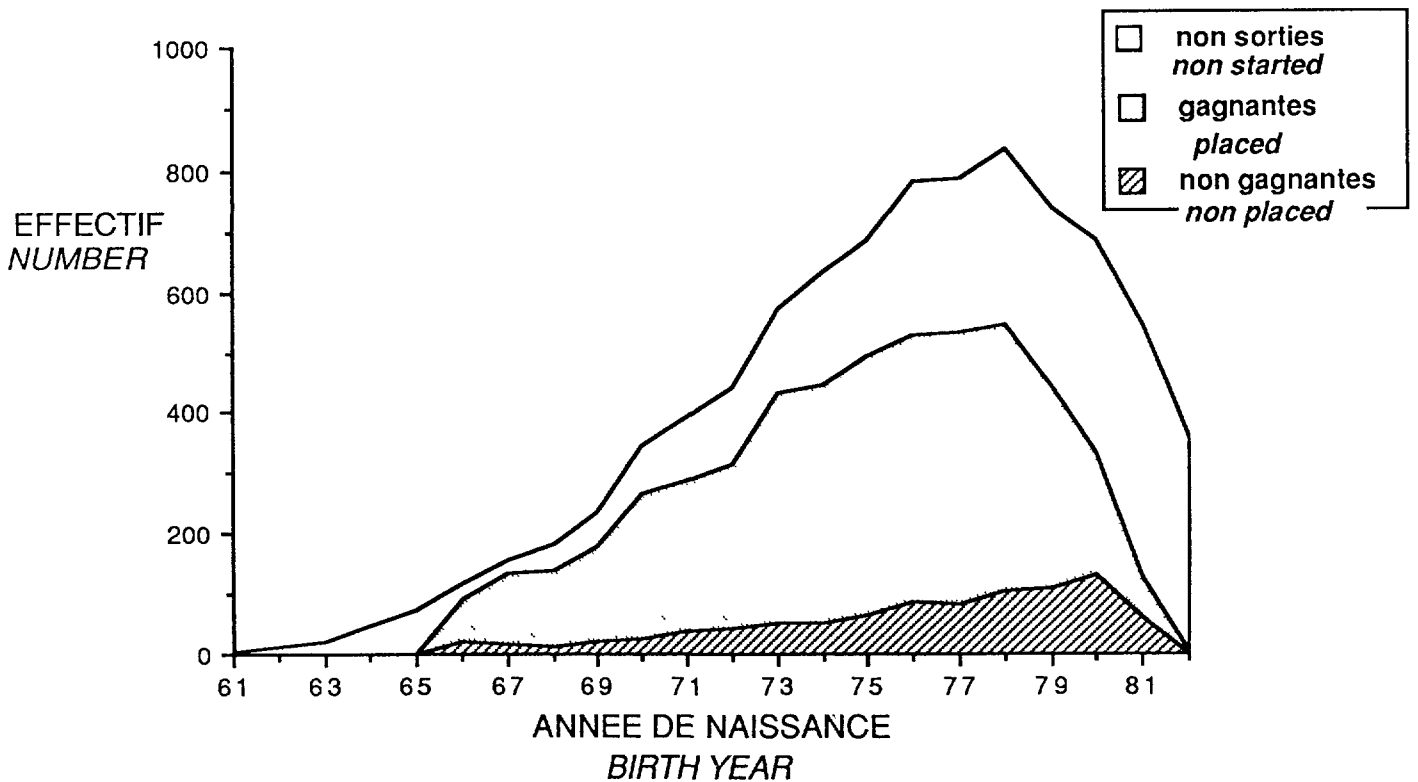


Tableau 1

Ecart génétique entre les chevaux gagnants, nongagnants  
et non sortis et leurs contemporains nés de 1974 à 1984

*Differences between Breeding values of placed, non placed  
and non started horses and their contemporaries born from 1974 to 1984*

performance réalisée à :	2 ans	3ans	6ans et plus
écart moyen en blup / (% effectif) des chevaux :			
-gagnants	+2.0 (7%)	+1.5 (29%)	+3.7 (15%)
-non gagnants	0.0 (5%)	0.0 (11%)	+2.1 (4%)
-non sortis	-0.2 (88%)	-0.8 (60%)	-0.8 (81%)