

4 mars 1998

## Etude démographique et génétique du cheval Breton : gestion de la variabilité génétique

H. de Rochambeau, J. Vu Tien Khang, C. Bertomeu

Station d'amélioration génétique des animaux  
BP 27, 31326 Auzeville Cedex

### Résumé

Le Breton est une race de chevaux de trait de l'Ouest de la France. Cet article présente une étude démographique et génétique du cheval Breton, réalisée à partir des données généalogiques du SIRE. La Bretagne et les départements limitrophes constituent le berceau de race. La population est gérée par un « Stud Book » et par le Service des haras. La plus grande partie de l'intensité de sélection est réalisée avant le sevrage lorsque les éleveurs achètent de jeunes poulains pour les élever et les vendre ensuite au Service des haras. Le Service des haras organise bien la circulation des étalons entre les départements. La carrière reproductive des étalons commence trop tard et dure trop longtemps. La variance du nombre de fils utiles par père est élevée. Il y a peu de consanguinité étroite. Le nombre d'ancêtres majeurs est faible. Nous faisons plusieurs recommandations pour améliorer la gestion de la variabilité génétique : le nombre de fils utiles par père doit être inférieur à 3 ; les futurs étalons doivent être choisis en fonction de leur originalité génétique ; le nombre d'étalons doit être augmenté et ils doivent débuter leur carrière reproductive plus tôt ; on mettra à disposition des éleveurs des pedigrees sur 3 générations pour les aider à gérer la consanguinité étroite.

**Mots-Clés :** variabilité génétique, cheval Breton, livre généalogique, consanguinité, ancêtres majeurs.

### Summary

Breton is a draught-horse from the west part of France. This paper presents a demographic and genetic study of this breed. The data used come from the national register (SIRE : « Système d'Information Répertoire des Equidés »). Brittany and the bordering departments form the breed « birth place » area. The population is managed by the « Stud Book » and by the Ministry of Agriculture (« Service des haras »). Selection takes place mainly before weaning when specialised breeders (the « éleveurs ») bought foals to breed them and to sell them later to the « Service des haras ». The « Service des haras » manages well the exchange of the sires between the various departments. The sire reproductive life begins too late and lasts too long. The variance of useful sons between sire is large. Close inbreeding is small. Number of major ancestors is little. Various recommendations are made in order to improve the genetic management of the population : the number of useful sons per sire should be smaller than 3; young sires should be chosen on the basis of their genetic original feature; the number of sires should increase and they should begin their reproductive life earlier; three generations pedigrees should be drawn in order to help the breeders to prevent close inbreeding.

**Key-words :** genetic variability, Breton breed, Stud Book, inbreeding, major ancestors.

## 1 - INTRODUCTION

L'intensification et la modernisation de l'agriculture ont profondément modifié le panorama de l'élevage français. Le cheptel de chevaux de trait a connu une réduction importante de ces effectifs. Face à cette érosion des ressources génétiques, plusieurs programmes de conservation ont été mis en place. La gestion des ressources génétiques est depuis de nombreuses années un sujet de préoccupation de nombreux organismes régionaux, français, européens et mondiaux (Audiot, 1995).

La gestion génétique d'une population d'effectif limité cherche à respecter 3 règles : (i) le nombre de mâles doit être aussi élevé que possible, (ii) la variance du nombre de descendants utiles des reproducteurs de chaque sexe doit être aussi faible que possible, (iii) les gènes doivent circuler entre les différentes unités géographiques qui structurent la population (Rochambeau et al, 1998). Des méthodes de conservation *in situ* ont fait la preuve de leur efficacité dans le cas de population de quelques centaines de femelles réparties entre une dizaine d'éleveurs (Djellali *et al.*, 1994). Cependant, elles sont peu adaptées à la gestion des populations de plus grande taille. Les races de chevaux ajoutent un facteur de complexité supplémentaire avec la répartition des juments chez un très grand nombre d'éleveurs.

Aussi, nous nous proposons de mettre au point à partir de l'étude de plusieurs exemples de nouvelles méthodes de gestion de la variabilité génétique. Le cheval Breton est l'une des populations que nous avons étudiée. Nous présenterons d'abord une description démographique et génétique de cette population avant de proposer des mesures concrètes de gestion. Ces propositions sont en cours de discussion avec les responsables de la race et nous espérons qu'elles seront appliquées dans les prochaines années.

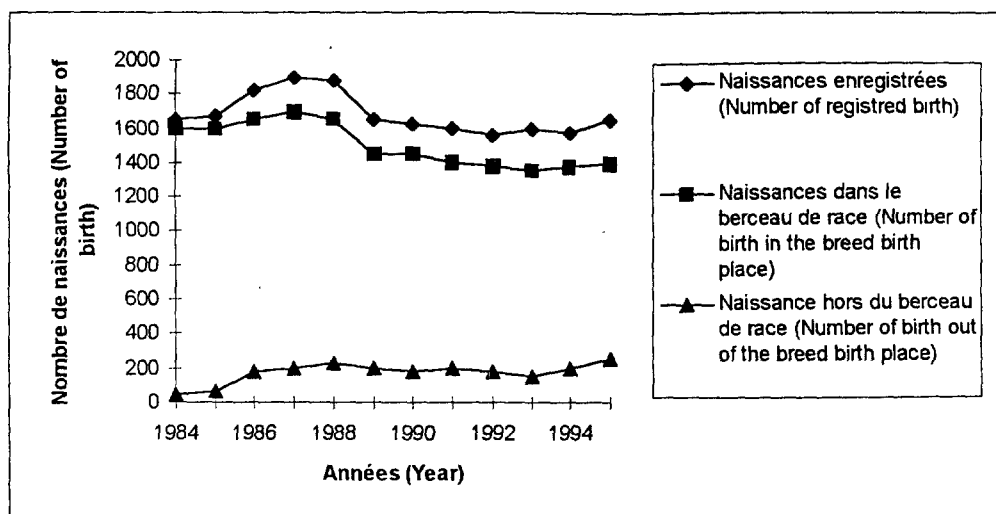
## 2 - MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Le Cheval Breton : une race dynamique (Bertomeu, 1997)

Le cheval de trait apparaît en Bretagne aux 12<sup>ème</sup> ou 13<sup>ème</sup> siècles. Cette population a ensuite connu de nombreuses évolutions avec des périodes de sélection et le recours à différents croisements. En 1922, le Stud-Book comptait cinq sections ; depuis le milieu des années 1980 ce nombre est réduit à 2 : le Trait breton et le Postier breton. La figure I résume l'activité de la race. En 1995, on comptait 3246 juments et 476 étalons d'après les statistiques de l'Institut du cheval. Depuis 1984, le nombre de naissances enregistrées chaque année est stable. La progression en dehors du berceau de race compense la lente érosion observée en Bretagne. Durant la même période le nombre de départements en « activité », c'est-à-dire ceux dans lesquels on a enregistré au moins une naissance, a doublé et est passé de moins de 20 à plus de 40. Cette expansion résulte de la décision prise par le Stud-Book en 1982 d'abandonner la notion de berceau de race et d'autoriser l'inscription quel que soit le lieu de naissance. Cette politique s'est renforcée en 1993-94 avec une modification des règles d'inscription à titre initial qui accroît encore l'ouverture du livre généalogique. Dans le même temps, l'importance de la monte en main décroît au profit de la monte en liberté et de l'insémination artificielle. Il existe différentes catégories d'éleveurs : des naisseurs, des engraisseurs et des étalonniers. Dans les zones d'expansion, on trouve aussi des naisseurs-engraisseurs et des engraissements collectifs.

La race bretonne est cogérée par différents organismes qui la soutiennent et l'encouragent. Le Stud-Book a été créé en 1910. En plus de la tenue du livre généalogique et de la sélection, il joue un rôle important dans la promotion et l'orientation de la race en collaboration avec le Service des haras. Il recherche activement de nouvelles utilisations pour le cheval Breton. Le Service des haras assure la quasi-totalité de la monte dans le berceau de race (plus de 90%). Les Haras nationaux ont un rôle d'encouragement à l'élevage et de sélection par le biais des concours de modèles et allures, d'achat de reproducteurs mâles, et de versement de primes. Ils se sont beaucoup investis pour améliorer la reproduction. La fonction sexuelle des étalons est contrôlée avant l'achat. Les étalons destinés à la monte en liberté sont testés à la station de contrôle individuel de Languidic. Il faut aussi citer le Groupement de producteurs de chevaux lourds et les nombreuses Sociétés hippiques.

Figure I : Evolution de l'activité de la race Bretonne  
(Evolution of the activity of the Breton breed)



La sélection des reproducteurs se fait surtout dans le berceau de race qui fournit les étalons et la majorité des femelles aux régions de multiplication. Face à la multiplicité des utilisations, il n'existe pas d'objectif de sélection unique et on recherche des types morphologiques assez variés. Les poulains sont choisis entre 0 et 6 mois par les éleveurs qui les élèvent du sevrage jusqu'à l'âge de deux ou trois ans. A ce stade, seuls 20% des poulains sont choisis et les 80% restant ne deviendront jamais des étalons. A l'âge de deux ou trois ans les étalons sont présentés au concours d'achat. La moitié des poulains ont été éliminés avant ce stade et il reste donc 10% des poulains nés. Les Haras nationaux achètent chaque année une quarantaine d'étalons, soit un peu plus de la moitié des présentés, ce qui correspond à 5% de l'effectif de départ. Les possibilités de sélection des juments sont beaucoup plus réduites du fait de la faible fécondité de l'espèce. On observe surtout une élimination des sujets qui possèdent de gros défauts ou qui sont peu féconds.

L'étude des structures démographiques et génétiques se fera à partir des fichiers généalogiques du SIRE (Système d'Identification Répertoire des Equidés, géré par l'Institut du Cheval) et ceux du Stud Book. Après un travail assez fastidieux de comparaison des sources d'information, d'analyse de leur vraisemblance et de correction, nous avons obtenu un fichier de travail qui contient 37 397 individus nés de 12 768 juments et de 4383 étalons. Il apparaît que l'information contenue dans les fichiers informatiques du Stud Book existe aussi dans ceux de SIRE.

## 2.2. Les méthodes de l'analyse démographique et génétique

L'étude démographique décrit l'état de la population, à savoir ses effectifs, sa composition selon divers critères (sexe, âge ...) et les différents événements : reproduction et naissance, mortalité qui déterminent son évolution dans le temps. Les critères utilisés dans cette étude sont définis et discutés par Vu Tien Khang (1983). L'analyse transversale se rapporte aux manifestations d'un phénomène démographique durant une période donnée. C'est une photo à un instant donné de la population ; on calcule une pyramide des âges, un taux de renouvellement, un taux de réforme... L'analyse longitudinale étudie les manifestations d'un phénomène démographique dans une cohorte. Une cohorte est un ensemble d'individus qui a vécu le même événement (la naissance) durant une période déterminée (une année). On étudie les grands événements démographiques à partir de cette cohorte : âges de début et de fin de la reproduction, quotients de réforme, table de mortalité,...

L'étude génétique retrace l'histoire des gènes à partir de celle des individus et elle décrit la structure génétique qui en découle. Elle évalue l'évolution de la variabilité génétique. Depuis la bibliographie de Vu Tien Khang (1983), Boichard *et al.* (1998) ont proposé de nouveaux outils dont ils discutent la pertinence et les limites. Nous caractérisons la qualité de l'information généalogique en calculant le pourcentage d'ancêtres connus en fonction du rang d'ascendance. Puis nous déterminons un coefficient de consanguinité moyen : rappelons que c'est la probabilité qu'un individu ait reçu au même locus deux gènes identiques par descendance, c'est-à-dire copie d'un même gène ancêtre. Une autre approche consiste à raisonner à partir des fondateurs. Un fondateur

est un individu dont les parents sont inconnus. La contribution des fondateurs au génome des individus d'une cohorte, les poulains nés en 1995 pour nous, est très déséquilibrée. Aussi, on calcule un nombre efficace de fondateurs en prenant en compte ces fréquences. Ce nombre efficace est un nombre théorique de fondateurs qui auraient tous la même contribution. En pratique le concept de fondateurs est parfois décevant car il dépend beaucoup de l'information disponible ; ensuite leur contribution est fixée après quelques générations et alors elle ne varie plus beaucoup ; enfin, cette approche ne rend pas compte des goulots d'étranglement qui apparaissent lorsque des reproducteurs sont beaucoup utilisés. Pour toutes ces raisons, Boichard et al. (1997) introduisent la notion d'ancêtre majeur. Un ancêtre majeur n'est pas un fondateur. C'est un individu qui a eu une contribution génétique importante. On les choisit itérativement en les classant par contribution génétique décroissante. On calcule ensuite un nombre efficace d'ancêtres majeurs.

### 3. RESULTAT

Nous présenterons les faits marquants de l'analyse exhaustive réalisée par Bertomeu (1997). Nous décrivons successivement la circulation des étalons, leur utilisation et leur nombre de descendants utiles, l'évolution de la consanguinité ainsi que celle de plusieurs critères issus du calcul des probabilités d'origine des gènes. Nous proposons enfin plusieurs mesures pour mieux gérer cette population.

#### 3.1. La circulation des étalons

La circulation des mâles entre les subdivisions d'une population est un élément important dans l'analyse d'une population (Rochambeau et al., 1997). On étudie classiquement la circulation des mâles entre les élevages dans les populations de petits ruminants. Chez les chevaux, la faible taille des élevages rend impossible cette approche. Aussi, nous avons choisi le département comme unité géographique élémentaire. Le tableau 1 présente le nombre de poulains nés entre 1984 et 1995 dans les départements bretons, en fonction du département de naissance de l'étalon. On constate tout d'abord que presque toutes les cases du tableau sont pleines. Ensuite les chiffres qui figurent sur la diagonale sont relativement faibles : ainsi pour le département des Côtes d'Armor, il est né 2075 poulains et pouliches et seulement 594 sont issus d'un étalon né dans le département. Si nous connaissions le dépôt de naissance et celui de station de l'étalon, il est probable que les nombres situés sur la diagonale seraient nuls, à l'image de ce que nous observons dans les départements périphériques comme le Maine-et-Loire ou la Mayenne. Les Haras nationaux organisent très bien la circulation des étalons Bretons.

**Tableau 1** : Nombre de naissances enregistrées entre 1984 et 1995 dans les départements breton (ligne) en fonction du département de naissance de l'étalon (colonne) (*Number of offspring born between 1984 and 1995 in the breton departments (line) in relation with the birth department of their sire (column).*)

	Côtes d'Armor	Finistère	Ile et Vilaine	Loire Atlantique	Maine et Loire	Mayenne	Morbihan	Total
Côtes d'Armor	594	525	196	241	81	52	386	2075
Finistère	388	441	313	157	3	12	212	1526
Ile et Vilaine	104	377	444	2	1	10	378	1316
Loire Atlantique	150	107	102	11	3	0	159	532
Maine et Loire	50	25	31	21	0	0	10	137
Mayenne	2	9	15	0	0	0	7	33
Morbihan	313	254	571	149	24	0	460	1771
Total	1601	1738	1672	581	112	74	1612	7390

### 3.2. Etude de la reproduction de la population

Le tableau 2 présente quelques critères de reproduction pour une cohorte fictive de sujets du berceau de race. Cette cohorte est construite en agrégeant les résultats de toutes les cohortes élémentaires. On observe que l'âge à la naissance du premier poulain est élevé pour les étalons (4,6 ans en moyenne). Par ailleurs, l'âge à la naissance du dernier poulain varie beaucoup autour d'une valeur moyenne de 10,7 années. En conséquence, la durée de la carrière de reproduction sera, elle aussi, très variable. Les Haras nationaux réforment les étalons encore en activité à l'âge de 18 ans. D'un point de vue biologique, rien ne s'oppose à des carrières reproductives qui débutent et qui s'achèvent plus tôt.

Le tableau 3 décrit la distribution du nombre de descendants mâles utiles nés entre 1984 et 1990 des étalons du berceau de race. Un descendant utile de sexe mâle est un sujet qui aura lui-même au moins un produit. Dans une population où l'on cherche à conserver un maximum de variabilité, chaque mâle laisse exactement un fils. Nous sommes loin de cette situation ici ; 69% des étalons n'ont pas eu de fils utile entre 1984 et 1990. Ensuite, 18% des mâles en ont eu un et 13% en ont eu plus d'un. Il en résulte une utilisation massive de certains reproducteurs sur cette même période comme en témoigne le tableau 4. On remarque en outre que ces étalons, familiers à ceux qui connaissent le cheval Breton, ont eu beaucoup de filles utiles et qu'ils sont apparentés entre eux.

**Tableau 2 :** Récapitulatif des critères de reproduction calculés sur une cohorte fictive du berceau de race  
(Some reproduction criteria from a fictitious cohort of the breed birth place)

	Juments (Mares)	Etalons (Sires)
Espérance de vie moyenne (Mean length of life)	8,4	10,7
Age moyen à la naissance du premier poulain (Mean age at birth of the first foal)	4,3	4,6
Age moyen à la naissance du dernier poulain (Mean age at birth of the last foal)	8,4	10,7
Durée moyenne de la carrière reproductive (Mean reproductive life)	4,1	6,1

**Tableau 3 :** Distribution du nombre de descendants mâles utiles nés entre 1984 et 1990 des étalons du berceau de race (Distribution of the number of useful male offspring born between 1984 and 1990 from the sires of the breed birth place).

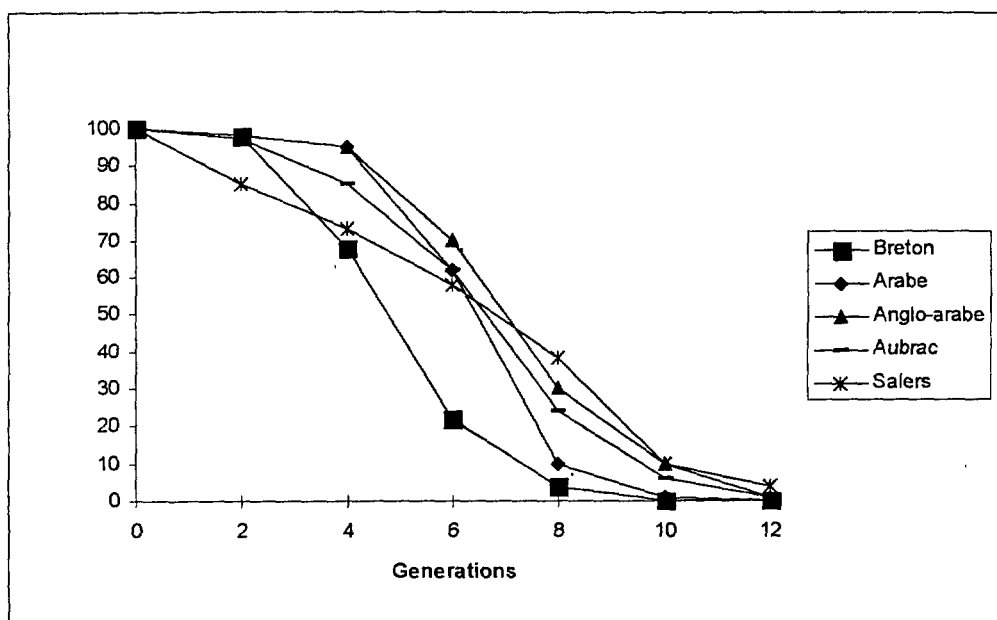
Nombre de fils utiles (Number of useful sons)	Nombre d'étalons (Number of sires)	Nombre d'étalons en % (Number of sires in %)
0	279	68,9
1	75	18,5
2	23	5,7
3	10	2,5
4	6	1,5
5	1	0,2
6-10	6	1,4
>10	5	1,2

### 3.3. Le coefficient moyen de consanguinité

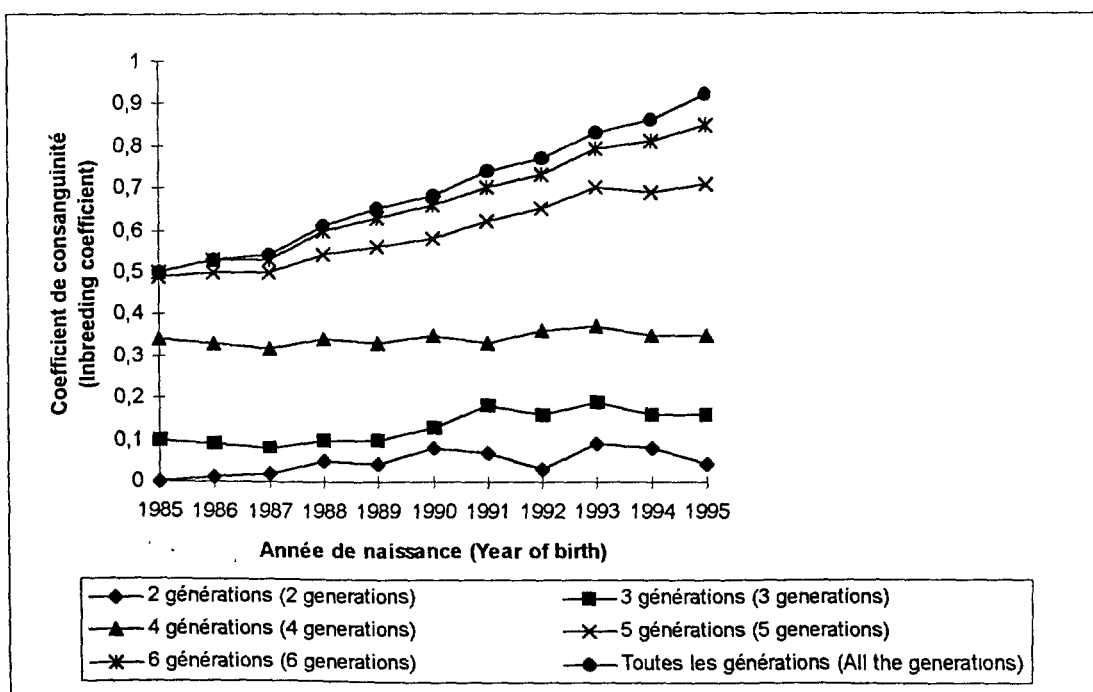
La qualité des généalogies étudiées est un paramètre important à prendre en compte *a priori*. Nous comparons notre population à 2 races de chevaux de sang, l'Arabe et l'Anglo-arabe (Moureaux et al., 1996) et à 2 races de bovins viande semblables sur certains points au Breton. Il s'agit de l'Aubrac et de la Salers (Vu Tien Khang et al., 1998). La figure II décrit la proportion d'ancêtres connus en fonction du rang d'ascendance. Le cheval Breton se classe honorablement jusqu'au rang 4, puis ensuite le pourcentage d'ancêtres connus décroît rapidement. Ces informations figurent sans doute dans les livres du Stud Book mais elles n'ont pas été transférées sur les fichiers de SIRE.

La valeur moyenne d'un coefficient de consanguinité est souvent peu informative car elle dépend fortement de l'information généalogique disponible (Vu Tien Khang et al., 1998). Aussi, nous avons choisi une approche différente en analysant l'évolution du coefficient de consanguinité moyen de 1985 à 1995 en fonction du nombre de générations considérées (Figure 3). On distingue ainsi la consanguinité proche (moins de 5 générations) de la consanguinité éloignée (5 générations et plus). On constate une stabilité de la consanguinité proche durant la période ce qui confirme la bonne circulation des reproducteurs mâles. Dans le même temps, la consanguinité éloignée augmente mécaniquement à cause d'une meilleure connaissance des généalogies entre le début et la fin de la période. L'analyse de la consanguinité n'est pas alarmante.

**Figure II :** Pourcentage d'ancêtres connus par générations (1=parents,...)  
*Percentage of ancestors known per generations (1=parents,... =*



**Figure III :** Evolution du coefficient moyen de consanguinité exprimé en % en fonction du nombre de générations considérées (*Mean inbreeding coefficient in % in relation with the number of generations*)



### 3.4. Les critères issus du calcul des probabilités d'origine des gènes

Le tableau 5 présente quelques critères issus du calcul des probabilités d'origine des gènes dans la population du cheval Breton et dans les 4 races qui nous serviront de point de comparaison. Si les races de chevaux étudiées ont des nombres de fondateurs différents, les nombres efficaces sont proches. Par rapport aux races bovines, le cheval Breton a un nombre d'ancêtres majeurs plus faible. Le premier ancêtre a une contribution 2 fois plus importante (9,8% contre 5%) et il suffit de 42 ancêtres pour atteindre une contribution de 50%. Cette concentration sur quelques ancêtres majeurs résulte de la situation décrite dans les tableaux 3 et 4 et elle relativise les commentaires optimistes faits précédemment.

**Tableau 4 :** Nombre de fils et de filles utiles pour les étalons les plus utilisés entre 1984 et 1990 (Number of useful male and female offsprings from the most used sires between 1984 and 1990).

Étalons (Sires)	Nombre de fils utiles (Number of useful male offsprings)	Nombre de filles utiles (Number of useful female offsprings)	Liens de parenté (Kinship links)
Nirée	13	32	Demi frère (half brother) de Marvella
Marvella	13	33	Demi frère (half brother) de Nirée
Kerbrunz	6	12	Cousin (cousin) d'Oscar
Oscar	7	31	Cousin (cousin) de Kerbrunz
Narguella	10	30	Demi frère (half brother) de Oceanic
Oceanic	9	32	Demi frère (half brother) de Narguella
Kerligan	8	45	Oncle de Perkins
Perkins	14	44	Neveu de Kerligan
Planguenoual	6	29	
Norgant	7	52	
Ici Landi	10	33	

**Tableau 5 :** Critères issus des probabilités d'origine des gènes (*Criteria derived from probabilities of gene origin*) ( N: Nombre d'animaux dans l'échantillon étudiés (*number of animals in the population under study*), f: Nombre total de fondateurs (*total number of founders*), fe : Nombre efficace de fondateurs (*effective number of founders*), fa : Nombre efficace d'ancêtres majeurs (*effective number of major ancestors*), C1 : Contribution génétique du 1er ancêtre majeur (*genetic contribution of the first major ancestor*), N50 : Nombre d'ancêtres majeurs nécessaire pour atteindre une contribution marginal de 50% (*number of major ancestors necessary to provide a cumulated marginal contribution of 50%*)

Race/Critère Breed / Criteria	N	f	fe	fa	C1	N50
Breton	1581	2463	134	64	9.8%	42
Arabe	780	962	135	-	-	-
Anglo-Arabe	2000	3669	129	-	-	-
Aubrac	57382	7333	222	125	5.4%	70
Salers	70044	17713	251	143	5.1%	90

## 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

### 4.1. Les conclusions

La population du cheval Breton fait preuve d'un certain dynamisme et l'augmentation de l'activité dans les zones d'extension compense le lent déclin du berceau de race. Les étalons circulent beaucoup à l'intérieur des départements bretons, ce qui contribue au brassage des gènes. Les étalons commencent à reproduire tard et ils

ont une carrière longue. La variance du nombre de fils utiles par père est très élevée et certains étalons sont trop utilisés. La consanguinité à court terme est stable et la consanguinité à long terme augmente mécaniquement du fait de l'accroissement de l'information généalogique. Par contre le nombre efficace de fondateurs ou ancêtres majeurs traduit l'existence de goulots d'étranglement qui menacent à terme la variabilité génétique.

## **4.2. Quelques propositions**

### **4.2.1. Rééquilibrer les différentes lignées**

Il faut pour cela adopter des règles simples au niveau de la gestion du parc d'étalons par les Haras nationaux. Pour avoir une bonne vision de la situation, on établit des lignées d'ascendance paternelle à partir des étalons actifs en remontant sur 3 générations (Fils, pères, grands-pères paternels). Le nombre de fils par père est limité à 2. Au-delà, les Haras nationaux n'achètent plus. Cette action suppose une vigoureuse action de communication du Stud Book et des Haras nationaux auprès des éleveurs et notamment des étalonniers. Cette approche simpliste sera ensuite complétée par la caractérisation de l'originalité génétique de chaque futur étalon à partir de l'ensemble de son pedigree. On déterminera l'originalité d'un sujet par rapport aux 42 ancêtres majeurs qui ont contribué à 50% des gènes des poulains de la cohorte des poulains nés en 1995. Cet échantillon d'ancêtres majeurs sera actualisé périodiquement. Il faudra faire ce calcul avant que les étalonniers n'achètent les jeunes poulains. Il est clair qu'au moment des concours d'achat d'étalons, il est trop tard. Enfin, pour vérifier que la gestion est correcte, une étude rétrospective sera réalisée tous les 5 ans pour caractériser l'évolution de la consanguinité et de la contribution des ancêtres majeurs.

### **4.2.2. Réduire l'âge à la mise à la reproduction et la durée de la carrière des étalons**

Les étalons pourraient être achetés plus tôt et en plus grand nombre. On diminuera la durée de leur carrière. Comme le montrent les tests de la fonction sexuelle, la maturité est bien antérieure à l'âge auquel les étalons sont mis à la reproduction aujourd'hui. Si les étalons étaient achetés plus tôt, ils coûteraient moins cher à produire. Avec le même budget, les Haras nationaux pourraient en acheter un plus grand nombre. Cette augmentation du nombre d'étalons combinée avec une réduction de leur durée d'utilisation aura un effet bénéfique sur l'évolution de la variabilité génétique.

### **4.2.3. Aider les éleveurs à gérer les accouplements**

Les Haras nationaux organisent très bien la circulation des étalons entre les circonscriptions et les dépôts. Il importe de conforter cette action avec les mesures décrites aux paragraphes précédents. Depuis quelques années, les Haras éditent un catalogue des étalons avec leur généalogie sur 3 générations. En complément, nous proposons d'établir le pedigree de chaque jument dès sa mise en service en remontant également sur 3 générations. Ainsi les éleveurs pourraient gérer la consanguinité proche en confrontant le pedigree de leur jument avec celui des étalons disponibles localement. Une action de sensibilisation du Stud-Book et des Haras attirera l'attention des éleveurs sur les dangers de la consanguinité proche. Les éleveurs resteront bien sûr libres de programmer des accouplements entre des reproducteurs apparentés mais ils le feront en toute connaissance de cause. Cette proposition suppose une bonne coordination entre les moyens informatiques de SIRE et ceux du Stud Book.

## **5. REMERCIEMENTS**

Cette étude a été conduite à la demande du Stud Book grâce à un financement du Bureau des ressources génétiques. Nous souhaitons remercier Monsieur Bouilhol, directeur du Stud-Book, Messieurs Legrain et Ragois, directeurs des Haras d'Hennebont et de Lamballe, pour le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer, ainsi que Mesdames Christine Blouin et Anne Ricard, qui ont mis à notre disposition une copie du fichier SIRE.



## BIBLIOGRAPHIE

- Audiot A., 1995. Races d'hier pour l'élevage de demain. 230 pp., INRA, 147 rue de l'Université, 75007 Paris.
- Bertomeu C., 1997. Etude démographique et génétique du Cheval Breton; gestion de la variabilité génétique. Mémoire de fin d'étude. Institut Supérieur Agricole de Beauvais.
- Boichard D., Maignel L., Verrier E., 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.* 29, 5-23.
- Djellali A., Vu Tien Khang J., Rochambeau H. de, Verrier E., 1994. Bilan génétique des programmes de conservation des races ovines Solognote et Mérinos Précoce. *Genet. Sel. Evol.*, 26 (suppl. 1), 255-265.
- Moureaux S., Verrier E., Ricard A., Mériaux J.C., 1996. Genetic variability within French race an riding horse breed from genealogical data and blood marker polymorphisms. *Genet. sel. Evol.*, 28, 83-102.
- Rochambeau H. de, Fournet Hanocq F., Vu Tien Khang J., 1998. Measuring and managing genetic variability in small populations. *Livest. Prod. Sci.*, soumis pour publication.
- Vu Tien Khang J., 1983. Méthodes d'analyse des données démographiques et généalogiques dans les populations d'animaux domestiques. *Génét. Sél. Evol.*, 15, 330-338.
- Vu Tien Khang J., Rochambeau H. de, Verrier E., Renand G., Bertomeu C., Le Mercier J. 1998. 6th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Armidale, 12-16 janvier 1998. Accepté pour publication.