

Quel bilan après 10 ans de fonctionnement de la Cryobanque nationale ? Quelques éléments de réponses à partir de l'analyse des collections ovines allaitantes et bovines laitières

DANCHIN-BURGE C. (1)

(1) Institut de l'élevage, 149 Rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

RESUME

En 1999 un Groupement d'Intérêt Scientifique appelé Cryobanque nationale a été constitué par conventionnement entre douze acteurs de la sélection animale, dont le Ministère chargé de l'Agriculture, l'INRA, l'Institut de l'Élevage, Races de France et l'UNCEIA, afin de fédérer, rationaliser et sécuriser des collections de matériel biologique conservées dans l'azote liquide. Plus de 10 ans plus tard la collection nationale avoisine les 240 000 doses provenant de 11 espèces différentes. C'est en bovin laitier avec 6 races (Abondance, Brune, Montbéliarde, Normande, Prim Holstein et Tarentaise, pour plus de 550 donneurs) et en ovin allaitant avec 7 races (BMC, Charmoise, Mouton Charollais, Mouton Vendéen, Rouge de l'Ouest, Suffolk et Texel, pour plus de 260 donneurs) que les collections sont les plus riches. Cet article propose de réaliser, à partir des données généalogiques, une estimation de la variabilité génétique détenue dans ces deux collections et de la comparer avec celle des populations actives (mâles et femelles). Les indicateurs calculés comme le nombre d'ancêtres efficaces et l'apparentement sont tous dérivés de l'utilisation du logiciel PEDIG (INRA). Pour les bovins laitiers, les résultats montrent dans l'ensemble que malgré la taille limitée des collections au regard de la démographie des populations, dans la plupart des cas les indicateurs des collections sont proches de ceux des populations actives, voire supérieurs dans certaines races aux indicateurs calculés pour les mâles actifs. Chez les ovins allaitants la situation est plus disparate et reflète, par rapport aux bovins laitiers, la plus grande variabilité génétique de ces populations (en particulier pour la BMC) et le moindre impact de l'insémination dans la population globale. Au final, il ne semble nécessaire que de réaliser des efforts à la marge pour avoir, ex situ, un reflet assez exact de la variabilité génétique in situ des bovins laitiers. En revanche pour les races ovines allaitantes il serait nécessaire de collecter de façon spécifique des mâles hors base de sélection afin d'avoir une meilleure image de leur variabilité génétique, ce qui impliquerait la mise en place de programmes spécifiques.

The French national Cryobank : what results after 10 years of operation ? Some answers based on the analysis of the meat sheep and dairy cattle collections.

DANCHIN-BURGE C. (1)

(1) Institut de l'élevage, 149 Rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

SUMMARY

The French National Cryobank was set up in 1999 by convention between 12 organizations involved in animal selection, including the French Minister of Agriculture, INRA, the Livestock Institute, Races de France and UNCEIA. The main goal was to federate, rationalize and secure collections of biological material conserved in liquid nitrogen. Over 10 years later, the national collection reached around 240,000 doses coming from 11 different species. It is in dairy cattle, with 6 breeds (Abondance, Brown Swiss, Montbéliard, Normande, Holstein and Tarentaise breeds, with over 550 donors) and in meat sheep with 7 breeds (BMC, Charmoise, Mouton Charollais, Mouton Vendéen, Rouge de l'Ouest, Suffolk and Texel breeds, with over 260 donors) that the collections are the richest. This article presents an estimation of genetic variability based on pedigree information of these two main collections and compares it with that of active populations (male and female). The calculated indicators, such as number of effective number of ancestors and kinship are all derived from the use of the PEDIG software (INRA). In dairy cattle, the results show that in general, despite the limited size of the collections in comparison with population size, in most cases, that the indicators are close to those of the active populations, or even superior for some breeds for the indicators calculated for the active male populations. In meat sheep, the situation is more incongruent and reflects, in comparison with dairy cattle, the higher genetic variability of these populations (more specifically of the BMC breed), as well as the lesser impact of insemination in the global population. In conclusion, for dairy cattle, it seems that only limited efforts will be needed to have, ex situ, a fairly accurate idea of the in situ genetic variability. In meat sheep however, it would be necessary to collect males specifically that are not part of the nucleus herds in order to have a better idea of the genetic variability of the different breeds, which means the setting up of specific collection programs.

INTRODUCTION

En 1999 un Groupement d'Intérêt Scientifique appelé Cryobanque nationale a été constitué par conventionnement entre douze acteurs de la sélection animale, dont le Ministère chargé de l'Agriculture, l'INRA, l'Institut de l'Élevage, Races de France et l'UNCEIA, afin de fédérer, rationaliser et sécuriser des collections de matériel biologique conservées dans l'azote liquide. Plus de 10 ans plus tard la collection nationale avoisine les 240 000 doses provenant de 11 espèces différentes (www.cryobanque.org). C'est en bovin laitier avec 6 races (Abondance, Brune, Montbéliarde,

Normande, Prim Holstein et Tarentaise, pour plus de 550 donneurs) et en ovin allaitant avec 7 races (BMC, Charmoise, Mouton Charollais, Mouton Vendéen, Rouge de l'Ouest, Suffolk et Texel, pour plus de 260 donneurs) que les collections sont les plus riches. Cet article propose de réaliser, à partir des données généalogiques, une estimation de la variabilité génétique détenue dans ces deux collections et de la comparer avec celle des populations actives (mâles et femelles) afin d'estimer si les méthodes d'échantillonnage appliquées sont efficaces pour conserver ex situ la diversité génétique de ces races.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Populations étudiées

Les races étudiées sont celles dont les collections sont les plus importantes en Cryobanque. Les généalogies proviennent du Système National d'Information Génétique (SNIG) bovins et ovins servant pour les évaluations nationales. La liste des mâles en Cryobanque (CBN) a été extraite du site www.cryobanque.org au 10/01/11.

L'objectif de l'étude est de comparer la diversité des animaux en collection avec celle des populations en activité dans les élevages. Pour les populations dites actives, la population étudiée pour les vaches et brebis est celle des femelles nées entre 2004 et 2007 avec 2 parents connus (F_{ref}). Pour les mâles dits actifs (Act), en bovins lait, il s'agit des taureaux nés en France et utilisés pour l'insémination entre les années 2005 et 2007. Ces critères qui peuvent apparaître restrictifs pour des races internationales comme la Prim' Holstein et la Brune ont été utilisés car ce sont ceux appliqués pour échantillonner les taureaux à destination de la Cryobanque nationale. Pour les ovins, il s'agit des mâles déclarés comme actifs en 2007.

Les animaux des collections sont classés en type I, II ou III en fonction de leur type génétique. Comme montré tableau 1, pour les races en sélection, les animaux sont classés en type

Tableau 1 Taille des différentes populations de référence (femelle active = F_{ref} , mâle actif = Act, mâle Cryobanque = CBN) et nombre d'équivalent génération moyen (EqG)

Espèce	Race	F_{ref}	Act	CBN	Dont Type II	Dont Type III	Eq G F_{ref}	Eq G Act	Eq G CBN
Bovine	Abondance	18 910	13	48	14	34	5,5	5,3	5,3
	Brune	19 266	9	25	4	21	5,8	5,6	5,3
	Montbéliarde	450 214	92	105	67	38	7,1	6,5	6,5
	Normande	329 272	41	165	109	56	8,3	7,3	7,5
	Prim' Holstein	2 099 307	303	152	114	38	7,9	7,2	9,1
	Tarentaise	6 594	15	53	17	36	5,5	4,7	4,8
Ovine	BMC	29 333	311	28	28	0	5,3	4,9	4,2
	Charmoise	6 556	110	32	0	32	6,8	3,8	3,9
	M. Charollais	33 066	714	41	10	31	9,5	9,1	7,4
	M. Vendéen	26 461	370	49	30	19	10,2	9,5	8,6
	Rouge de l'Ouest	19 125	270	27	2	25	9,1	8,7	6,2
	Suffolk	10 643	250	36	1	35	6,7	6,4	5,6
	Texel	28 066	315	63	0	63	8,8	8,9	6,6

Pour les animaux en collection, le nombre de pères et grands-pères des animaux a été calculé (Tableau 2).

1.2. Analyse de la variabilité génétique

Les indicateurs calculés comme le nombre d'ancêtres efficaces et l'apparentement sont tous dérivés de l'utilisation du logiciel PEDIG (Boichard 2002). La description des indicateurs calculés à l'aide de ce logiciel, que ce soit des critères issus de la probabilité d'origine des gènes ou de la probabilité d'identité a été réalisée en détails dans de nombreuses publications (dont Boichard et al., 1996). Pour chacune des populations de référence, on évalue d'abord la qualité des généalogies en calculant un nombre d'équivalent génération moyen (EqG, tableau 1). Pour comparer les résultats entre populations, il est important que les EqG soient proches. Sont calculés également le nombre de fondateurs (animaux sans ancêtres connus), le nombre de fondateurs efficaces (Fe) et le nombre efficace d'ancêtres (Af) (tableau 3), qui permettent d'évaluer la diversité de la population (plus Af est élevé, mieux c'est) et les goulets d'étranglement, évalués par le ratio Af/Fe. L'apparentement des populations de référence intra population a été calculé, ainsi que l'apparentement moyen entre CBN et Act d'une part et CBN et F_{ref} d'autre part (tableau 4).

2. RESULTATS

2.1. RESULTATS DEMOGRAPHIQUES

Pour les collections en Cryobanque, on peut distinguer, chez les bovins, les races avec plus de 100 taureaux stockés (pour les trois races nationales) et les autres. Pour les ovins, le

II (animaux exceptionnels en raison de leurs index, origine ou génotype) et/ou en type III (animaux représentatifs de la race pour un intervalle de génération donné). Les mâles présents en Cryobanque ont été échantillonnés différemment suivant les espèces. Pour les bovins laitiers, le protocole appliqué a été celui décrit par Verrier et al. (2003). Les taureaux de type II ont été choisis majoritairement en raison de leurs index exceptionnels et/ou de leurs origines : seuls deux taureaux normands ont été conservés pour leur génotype (culard). A noter que jusqu'à aujourd'hui les taureaux de type II étaient des mâles non agréés, donc avec une descendance limitée à leur testage. Pour les ovins, la quasi totalité des stocks proviennent d'entreprises (ES) ou organismes (OS) de sélection qui ne souhaitent plus conserver de béliers porteurs d'allèles de sensibilité à la tremblante (Type II), et dans une moindre mesure de béliers initialement sélectionnés comme améliorateurs mais dépassés (Type III). Quand des stocks sont proposés par un déposant, un échantillonnage est réalisé afin de conserver le maximum de variabilité génétique possible, en sélectionnant les béliers les moins apparentés aux animaux présents en collection. Une description plus précise du type génétique des animaux en collection a été faite en 2006 (Danchin-Burge et al., 2006).

nombre de béliers est plus homogène et varie de 27 (Rouge de l'Ouest) à 63 (Texel). Les populations de mâles actifs chez les bovins varient entre 9 (Brune) et 303 (Prim' Holstein). Comme mentionné précédemment le nombre de mâles actifs est en réalité supérieur pour les races internationales, mais seuls les mâles nés en France ont été pris en considération. Pour les ovins les tailles de population des béliers sont élevées en comparaison avec la taille des populations femelles en raison de l'importance de la monte naturelle dans cette filière, avec des chiffres qui varient entre 110 (Charmoise) et 714 (Mouton Charollais).

La taille des populations femelles de référence varie pour les bovins entre 6 594 (Tarentaise) et 2 099 307 (Prim' Holstein). Pour les ovins les tailles des populations sont plus homogènes, avec des effectifs qui varient entre 6 556 (Charmoise) et 33 066 (Mouton Charollais).

La classification du matériel de la Cryobanque en type est de configurations variable suivant les races et les espèces, avec l'existence systématique d'animaux de type II chez les bovins, la prévalence la plus élevée dans cette espèce se retrouvant pour la Prim' Holstein (75% de la collection) et la plus faible chez la Brune (16%). Chez les ovins la variation forte entre races est principalement due à la possibilité qu'il a été offerte progressivement de classer les animaux en deux catégories, à la fois de type II et de type III. Par exemple un bélier Texel améliorateur des années 1990 qui s'est révélé a posteriori porteur d'un allèle de sensibilité à la tremblante est classé en type III et en sous-type II.

Tableau 2 Nombre de pères, grands-pères paternels (GPP), maternels (GPM) et cumulés des mâles en cryobanque

	Nb de pères	Nb de GPP	Nb de GPM	Nb de GP cumulés
Abondance	23	12	17	24
Brune	15	13	15	23
Montbéliarde	42	22	30	38
Normande	46	22	37	45
Prim'Holstein	74	40	58	78
Tarentaise	26	16	27	35
BMC	23	20	19	36
Charmoise	30	27	28	51
M. Charollais	36	36	39	72
M. Vendéen	44	41	40	74
Rouge de l'O	27	27	25	52
Suffolk	33	33	35	63
Texel	61	55	59	111

De façon attendue les ratios nombre de pères / CBN et nombre de grands-pères / (CBN *2) sont les plus élevés en ovins allaitant (92 % pour les pères et de 83 % pour les grands-pères en moyenne). L'échantillonnage a permis

Tableau 3 Résultats issus de la probabilité d'origine des gènes pour les trois populations étudiées : femelles de référence (F_{ref}), mâles de la Cryobanque (CBN) et actifs (Act)

Race	Nbre de fondateurs			Nbre de fondateurs efficaces			Nbre d'ancêtres efficaces		
	F_{ref}	Act	CBN	F_{ref}	Act	CBN	F_{ref}	Act	CBN
Abondance	9 208	111	206	41	20	26	15	8	10
Brune	7 292	132	260	79	43	55	28	11	18
Montbéliarde	132 874	528	608	65	57	61	19	14	15
Normande	106 206	398	215	81	69	71	23	16	20
Prim'Holstein	662 093	868	539	82	67	102	21	14	15
Tarentaise	3 246	140	405	41	29	33	15	11	12
BMC	17 525	1 707	321	294	212	107	138	102	39
Charmoise	1 347	443	807	134	107	129	50	35	47
M. Charollais	3 415	1 472	692	209	237	203	71	99	62
M. Vendéen	3 107	1 075	531	115	117	108	55	54	38
Rouge de l'O	3 258	1 093	568	183	191	145	77	80	50
Suffolk	2 374	956	817	203	172	185	87	75	63
Texel	4 424	1 230	1 925	201	180	160	110	89	83

2.2.2. Résultats issus de la probabilité d'origine des gènes

D'après le tableau 3, le nombre d'ancêtre efficace est toujours le plus élevé pour F_{ref} , sauf pour les mâles actifs Rouge de l'Ouest (mais dont les généalogies sont bien moins connues que pour les femelles). L'écart est faible entre nombre d'ancêtres efficaces des femelles et des mâles en collection pour la Charmoise, le mouton Charollais et la Normande. Pour la Charmoise, l'écart important de connaissance des généalogies permet sans doute d'expliquer partiellement la situation. A l'inverse l'écart entre F_{ref} et CBN. Quand on compare les mâles actifs et ceux en collection, une dichotomie claire existe entre d'une part les bovins laitiers (plus la Charmoise) pour qui les mâles en collection représentent d'ores et déjà une diversité supérieure aux mâles actifs, et les ovins allaitants, pour qui la diversité est encore du côté de la population mâle in situ. En ovins, on note que le ratio Af/Fe est plus faible pour les CBN que les mâles actifs, signe de goulets d'étranglement plus drastiques. Les mâles en Cryobanque sont des mâles d'insémination (issus des schémas de sélection) tandis que les mâles actifs sont à la fois des béliers d'IA et de monte naturelle éventuellement hors noyau, d'où une plus grande diversité.

2.2.3. Apparentement intra et entre populations

Les résultats présentés tableau 4 montrent que chez les bovins l'apparentement intra population des F_{ref} est toujours inférieur à celui des CBN. En revanche chez les ovins la tendance est moins nette, probablement parce que les

d'obtenir des collections diverses du point de vue des origines. Pour les bovins laitiers, le nombre de père à taureaux est faible par nature, ce qui est illustré par les ratios de 46% pour les pères et de 27% pour les grands-pères, les scores les plus faibles étant atteints en race Normande.

2.2. ANALYSE DE LA VARIABILITE GENETIQUE

2.2.1. Connaissance des généalogies

La connaissance des généalogies de toutes les populations étudiées peut être qualifiée comme bonne puisqu'elle varie entre 3,8 (Act Charmois) et 10,2 (F_{ref} Mouton Vendéen). En bovins laitiers, pour une même race les connaissances des généalogies sont en général similaires d'une population de référence à l'autre, et même quasiment identiques entre populations mâles. Les résultats sont moins concordants pour les ovins, avec parfois pour les populations mâles des résultats très inférieurs (comme en Charmoise) à ceux de la population femelle. L'âge des animaux est probablement en cause, puisque les femelles font parties des dernières cohortes nées tandis que certains béliers, en particulier les animaux en collection, sont nés dans les années 90 voire avant comme en Texel (3 animaux nés dans les années 70).

généalogies sont moins bien connues chez les béliers en collection.

Tableau 4 Parenté (Φ) intra et inter-populations

Race	ΦF_{ref}	ΦAct	ΦCBN	$\Phi CBN * Act$	$\Phi CBN * F_{ref}$
Abondance	3,5%	5,7%	4,7%	6,3%	4,0%
Brune	4,7%	9,3%	7,5%	9,0%	6,4%
Montbéliarde	5,0%	6,4%	5,9%	5,8%	5,0%
Normande	5,1%	6,4%	5,6%	5,9%	5,3%
Prim'Holstein	4,1%	6,6%	6,4%	5,8%	4,7%
Tarentaise	4,9%	5,9%	5,3%	6,4%	5,1%
BMC	1,6%	1,8%	1,3%	1,4%	1,3%
Charmoise	0,7%	0,9%	1,1%	0,9%	0,5%
M. Charollais	1,1%	1,7%	1,1%	1,3%	1,0%
M. Vendéen	2,1%	2,4%	2,7%	2,4%	2,2%
Rouge de l'O	1,7%	2,0%	1,3%	1,9%	1,7%
Suffolk	1,1%	1,5%	1,1%	1,4%	1,2%
Texel	2,1%	2,9%	2,2%	2,4%	1,9%

A l'exception de deux collections (Charmoise et Mouton Vendéen), l'apparentement moyen entre mâles de la collection de la Cryobanque est toujours inférieur à l'apparentement entre mâles actifs. Pour les bovins, on note pour les trois collections les plus importantes (Montbéliarde, Normande, Prim' Holstein) que l'apparentement entre Act et CBN est assez inférieur à celui des mâles actifs. A l'inverse, pour les petites collections, Act et CBN semblent très proches puisque leur apparentement est proche de celui des mâles actifs. Ces différences peuvent sans doute s'expliquer par le

fait que les grandes races sont celles qui ont le plus de taureaux de type II, et en particulier des descendants de père à taureaux qui n'ont pas eu de fils agréés, tandis que pour les races régionales la majorité de leur matériel est de type III.

3. DISCUSSION

La création de la Cryobanque a permis de sécuriser le stockage de doses de matériel biologique issues de races menacées et de races sélectionnées. Les collections les plus importantes par le nombre de doses se trouvent chez les races sélectionnées en ovins allaitants et bovins lait. L'analyse de leurs données généalogiques montre que la diversité génétique des collections est le reflet à la fois de la situation de la variabilité génétique des populations et de comment les collections ont été échantillonnées.

Les procédures d'échantillonnage ont été radicalement différentes dans les deux espèces. Pour les bovins laitiers, chaque année les Entreprises de Sélection (ES) reçoivent une liste des taureaux intéressant la Cryobanque, et envoient leurs doses suivant une démarche volontaire : les collections les plus importantes se trouvent logiquement pour les races avec le plus de taureaux, mais elles ne respectent pas pleinement les ratios qui existent pour les mâles actifs. En effet les envois des doses en collection dépendent de la motivation des ES pour la démarche. En Abondance, Brune et Tarentaise, dont l'approvisionnement ne dépend que d'une ES (BGS qui est également OS pour la Brune, l'UCEAR pour les 2 autres), la totalité des taureaux qui ont été échantillonnés sont en collection. Par ailleurs, en raison du pouvoir de diffusion de l'IA en bovins laitiers, la quasi totalité des mâles utilisés pour la reproduction sont des mâles d'IA. Il est donc facile d'avoir un reflet exact de la diversité génétique de ces races, du moins des mâles, par un seul échantillonnage des taureaux d'IA. Aussi, l'intensité de sélection est telle que très rapidement les taureaux stockés au démarrage de la Cryobanque (soit 2001 pour les premiers) peuvent représenter des origines un peu différente des taureaux actuels, d'autant plus s'ils ont été échantillonnés car de type II. bien que l'ensemble des mâles échantillonnés n'aient pas été transférés en collection, dans la plupart des races la variabilité génétique des mâles Cryobanque est déjà supérieure à celle des mâles actifs. Des efforts ne seront nécessaires qu'à la marge pour compléter les collections. Enfin d'autres analyses (Danchin-Burge et al., 2011) ont montré que le plus efficace pour conserver la diversité serait en fait de récupérer des doses de taureaux nés dans les années 80 voire avant, s'il en existe encore.

Pour les ovins allaitants, il existe a priori plus d'obstacles que pour les bovins laitiers pour créer une collection représentative de la variabilité génétique des races. Les stocks en collection ont été fournis par les centres suivant des opérations de déstockage des cuves. La technique opportuniste d'échantillonnage ne permet donc pas de cibler précisément les animaux nécessaires pour bien représenter la variabilité génétique de la population. Par ailleurs, le taux de pénétration de l'IA en ovins allaitant est bien plus faible qu'en bovins lait, et l'on sait que certains noyaux d'éleveurs ont des origines déconnectées de celles des mâles d'IA. Il est donc logique que la diversité génétique des mâles actifs soit supérieure à celle des mâles en Cryobanque. Une race fait figure d'exception, la Charmoise. Dans cette race à effectifs réduits, l'impact de la sélection par l'IA est très élevé, ce qui se traduit par une diversité plus faible que pour les autres races ovines allaitantes. La présence de béliers en collection patrimoniale est particulièrement indiquée : leur diversité génétique est déjà supérieure à celle des mâles actifs (cf. tableau 3). A l'opposé des efforts devront être consentis pour certaines races, particulièrement en BMC, afin d'accéder aux noyaux déconnectés de l'insémination. Néanmoins cela ne pourra se faire qu'à la condition de financements spécifiques,

et de l'adhésion des éleveurs de ces béliers à la démarche de la Cryobanque nationale. Au final, l'analyse démographique simple du nombre de pères et grands-pères des mâles en CBN montre que pour ces béliers, la redondance des pères voire des grands-pères, est quasi nulle. Cela donnerait à penser que pour le nombre de béliers présents en collection, la diversité est maximale. La seule façon de la développer pour avoir une image représentative des races serait d'augmenter le nombre de mâles.

La comparaison avec les collections des deux autres cryobanques étrangères principales (Etats-Unis, <http://www.ars.usda.gov/> et Pays-Bas, <http://www.cgn.wur.nl/UK/>) montre que les collections bovines françaises sont de tailles limitées. Par exemple pour la Prim Holstein plus de 4 400 taureaux sont stockés aux USA et environ 3 750 aux Pays-Bas. En revanche nos collections ovines ont, en moyenne, un nombre de béliers par race plus élevé que dans ces pays. Or nous avons justement vu que pour les bovins laitiers, la diversité des races est plutôt bien représentée par nos collections, principalement parce que dans cette filière ce sont les taureaux d'IA qui représentent la variabilité génétique. Il semble donc que la stratégie d'échantillonnage de la France est adaptée car, en bovin, elle limite les stocks tout en étant représentative. A l'inverse, en ovins, il est important d'avoir un nombre de donneurs relativement important par rapport à la taille des populations puisque les béliers d'insémination représentent une faible part de la diversité des races et parce qu'en général la variabilité génétique de ces races est élevée.

CONCLUSION

La création de la Cryobanque nationale en 1999 a permis l'établissement de collections relativement importantes, particulièrement pour les filières bovins lait et ovins allaitant. Une analyse de la diversité génétique basée sur les généalogies montre que ces collections sont représentatives de la diversité présente in situ, particulièrement en bovins laitiers. Cette étude montre que pour les races où la diversité est limitée et l'IA très présente, un échantillonnage approprié permet d'en avoir une bonne représentativité. En revanche pour les populations où la variabilité est plus élevée, la question de l'accès aux ressources et du financement de collections spécifiques est un préalable à toute réflexion sur l'échantillonnage à réaliser. Cette question est valable dans d'autres filières, comme en bovins allaitants. Enfin il serait intéressant d'envisager des études équivalentes avec des outils de mesure de la variabilité génétique à partir de données moléculaires. La mise en place du projet CASDAR VARUME devrait permettre d'avoir des premiers éléments pour la Montbéliarde, la Normande et la Prim' Holstein, d'ici 2014.

Les auteurs remercient le Ministère chargé de l'Agriculture pour son aide financière, tous les déposants de matériel en collection, les membres du conseil de groupement et de la commission scientifique du GIS ainsi que les participants aux groupes de travail de la Cryobanque Nationale pour leurs apports sur les sujets abordés dans cet article.

Boichard D., 2002. 7th WCGALP, 28-13.

Boichard D., Maignel L., Verrier E., 1996. INRA Prod. Anim. 9, 323-335.

Danchin-Burge C., Verrier E., Moureaux S., Tixier-Boichard M.,

Bibé B., 2006. 8th WCGALP, 33-03.

Danchin-Burge C., Hiemstra S.J., Blackburn H. 2011. J. Dairy Sci. 94 :4100-4108

Verrier E., Danchin-Burge C., Moureaux S., Ollivier L., Tixier-Boichard M., Maignel M.J., Bidanel J.P., Clement F., 2003. Dans : "Workshop on cryopreservation of AnGR in Europe", Editeur D. Planchenaault, Paris, France, 79-89.