

G. BOLET et L. BODIN

INRA Station d'Amélioration Génétique des
Animaux BP 27 31326 Castanet-Tolosan Cedex

Les objectifs et les critères de sélection

Sélection de la fécondité dans les espèces domestiques

Résumé. Pour toutes les espèces et pratiquement quel que soit leur type de production, l'amélioration de la reproduction fait partie des objectifs de sélection. Fertilité et prolificité (composantes de la fécondité), mais aussi rythme de mise-bas et durée de carrière sont les principaux caractères qui se combinent, de manière spécifique à chaque espèce du fait d'interactions entre rythmes biologiques et facteurs de milieu, pour former la carrière reproductive de la femelle, évaluée par la productivité numérique. Une sélection basée sur une mesure de la taille de portée est la méthode la plus classique, dans les élevages expérimentaux ou à partir d'un programme de contrôle de performances en ferme, pour l'amélioration génétique de la fécondité. Mais la faible héritabilité de la taille de portée et la faible intensité de sélection praticable ont le plus souvent limité son efficacité, qui peut être améliorée par l'ouverture de la population fermée à une base de sélection la plus large possible, grâce au contrôle de performances en élevage, et à l'utilisation de modèles statistiques permettant de prendre en compte toute l'information disponible dans la population. Des méthodes de sélection alternatives sont en cours d'expérimentation : sélection sur un critère "global", prenant en compte à la fois la fertilité et la prolificité, sélection sur les composantes de la taille de portée, soit en combinant le taux d'ovulation et de survie embryonnaire en un index additif "optimum", soit en sélectionnant sur une des composantes de la taille de portée, sélection sur d'autres critères indirects liés plus ou moins directement à la fécondité de la femelle, recherches de gènes majeurs. En ce qui concerne les travaux expérimentaux en cours, on notera que l'utilisation du contrôle de performances en ferme pour détecter des génotypes extrêmes et constituer des noyaux de sélection est une démarche assez générale. Dans les différentes espèces considérées, à des degrés divers, des programmes de contrôle de performances, en ferme et/ou en station, permettent d'enregistrer des données de productivité numérique avec différentes applications, allant d'un simple appui technique aux éleveurs à un programme collectif d'amélioration génétique.

Parmi l'ensemble des caractères d'intérêt zootech-
nique, la reproduction joue un rôle privilégié. En
effet, hormis les productions de phanères et le cas du
cheval de sport, toutes les autres productions des
espèces domestiques qui nous intéressent nécessitent
une reproduction préalable de la femelle (initiation
d'une lactation, production de jeunes,...). Ainsi pour
toutes les espèces et pratiquement quel que soit leur
type de production (lait, viande), l'amélioration de la
reproduction sous un aspect ou sous un autre fait
partie des objectifs de sélection. D'autre part, du
point de vue génétique, la reproduction présente une
étape capitale pour la création et la transmission du
progrès génétique.

Il faut distinguer les caractères mâles (produc-
teurs de gamètes) et femelles (productrices de
gamètes et siège de la gestation). La simplicité rela-
tive des caractères mâles, le grand déséquilibre du sex-
ratio parmi les reproducteurs (induit par la très gran-
de capacité reproductive des mâles comparés aux
femelles) et la grande proportion de mâles qui ne ser-
vent que d'inducteurs de gestation (p. ex. : initiation
des lactations) font que peu de recherches sont

actuellement entreprises sur les caractères mâles ; il
n'en sera donc pas question ici.

1 / Objectifs recherchés

La reproduction rassemble un grand nombre de
caractères (tableau 1) qui se combinent de manière
spécifique pour former la carrière reproductive de la
femelle. Cette carrière est évaluée par la productivité
numérique qui peut être estimée par jour de produc-
tion ou par jour de présence (incluant alors la période
prépubère improductive). Parmi les objectifs simples
recherchés (tableau 1) on peut distinguer ceux qui
concernent la fertilité (capacité d'une femelle à être
fécondée), la prolificité (nombre de petits par portée),
et la durée de la carrière (précocité et longévité).

1.1 / Fertilité

Pour les ovins, les caprins et les bovins allaitants,
les femelles sont mises à la reproduction en groupe
(avec 1 ou plusieurs mâles) et la fertilité traduit la

Tableau 1.
Paramètres de reproduction des différentes espèces et aspects spécifiques (en italique) à considérer dans l'amélioration génétique.

Age à la 1ère saillie	Fertilité	Prolificité	Rythme de mise bas	Longévité	Taux d'ovulation	Viabilité embryon
Ovin 7-18 mois selon saison de naissance	IA : 0,65 MN : 0,3-0,9 selon saison <i>fertilité sur n cycles</i>	1,10 à 2,00 RO>3,0 <i>limite sup. des T.P.</i>	1 MB/an 3 MB/2 ans <i>interaction rythme-saison</i>	≈ 8-9 ans	1,15 à 3,50 RO 4,50	90 à 40% selon T.O.
Bovin * 2 à 2,5 ans selon système	IA : 0,70 MN : ? <i>taux de non-retour</i>	1,05 <i>gémellité non désirée</i>	1 MB/an	≈ 10 ans <i>survie âge au premier vêlage</i>	1,10	
Porcin 8-9 mois (4 mois, races chinoises)	0,70 <i>retour en chaleur</i>	12 <i>taille de portée moyenne</i>	tous les 5 mois saillie J3-J5 après sevrage	parité 2-3	14	70% selon T.O.
Lapin 18 semaines	0,70 <i>réceptivité</i>	8-10 <i>taille de portée moyenne</i>	saillie J0-J10 après mise bas	parité ≈ 4 <i>fonte du cheptel</i>	10-12	70%

* La facilité de vêlage est un caractère important typiquement bovin

capacité d'être fécondée au cours de plusieurs cycles ; mais pour les ovins et les caprins, la reproduction est saisonnée (maximum d'activité sexuelle en période de jours décroissants) et les résultats varient beaucoup au cours de l'année. Dans certains systèmes, la fertilité à "contre saison" est recherchée, même si l'utilisation de traitement hormonal pour induire des chaleurs en période d'anoestrus permet de s'affranchir de cet effet saison. Dans les autres espèces, les saillies sont généralement contrôlées, et la fertilité à chaque tentative (mesurée par le taux de non-retour ou le temps de latence entre 2 portées) est un souci général des éleveurs. Pour les lapins, l'ovulation est provoquée par l'accouplement et c'est la réceptivité de la femelle à l'accouplement qui est requise. Tous ces caractères sont difficiles à mesurer parce qu'ils combinent des événements (saillie - mise bas) espacés dans le temps.

1.2 / Rythme de mise bas

Une bonne fertilité est le caractère primordial pour permettre un rythme de mises bas intensif, mais elle n'est pas suffisante. L'anoestrus post-partum lié à l'involution de l'utérus et l'anoestrus de lactation provoqué par l'allaitement des jeunes ou la lactation sont variables selon les espèces. Les rythmes recherchés et pratiqués tiennent compte de ces contraintes biologiques ; par exemple, pour les lapins, les saillies peuvent être régulièrement réalisées dès la mise bas, alors que pour les ovins, les anoestrus précités interagissent avec la saison (anoestrus saisonnier) puisqu'avec des rythmes intensifs les femelles sont tour à tour mises en lutte à des périodes d'activité sexuelle favorables et défavorables. Pour les porcins, ce caractère est pris en compte dans la sélection par le calcul de l'intervalle sevrage - saillie fécondante.

1.3 / Prolificité

Chez les ruminants traits et les bovins allaitants, les naissances multiples ne sont pas vraiment souhaitées par les éleveurs. Par contre c'est l'objectif principal dans toutes les autres espèces. Pour les lapins et les porcins, la taille de portée peut être considérée comme un caractère quasi continu dont les éleveurs désirent augmenter la moyenne. Pour les ovins la distribution des tailles de portée (hors races prolifiques) est beaucoup plus réduite : 1, 2 et rarement 3 ou plus, limite que les éleveurs ne souhaitent pas dépasser ; pour la majorité de nos races ovines (peu prolifiques), l'augmentation de la moyenne est recherchée puisqu'elle ne va pas modifier beaucoup la fréquence des portées triples. L'utilisation de traitement hormonal permet d'augmenter la prolificité moyenne, mais en dehors du fait que les différences génétiques entre performances naturelles et induites compliquent les programmes d'amélioration génétique, ces traitements augmentent aussi la variabilité des tailles de portées. Dans toutes ces espèces, la taille de portée optimum et la limite maximum désirées par les éleveurs augmentent avec l'évolution des techniques d'élevages.

1.4 / Durée de carrière

Les jeunes femelles ne sont généralement pas mises à la reproduction juste au moment de leur puberté, et la précocité sexuelle recherchée traduit un besoin d'avancer la maturité générale de la femelle pour améliorer la productivité en début de carrière et diminuer les effets négatifs d'une reproduction jeune sur les performances futures. Les problèmes de durée de carrière sont surtout importants pour les bovins : les éleveurs s'attachent à obtenir des durées de carrière longues. Chez les animaux exploités en cohortes (lapin, porcins) séparées ou non par des vides sanitaires, les femelles ont des carrières géné-

ralement courtes mais très intenses, et les problèmes de fonte du cheptel sont importants.

2 / Les critères de sélection

2.1 / Sélection sur la prolificité

Une sélection basée sur une mesure de la taille de portée, à la naissance ou au sevrage, est la méthode la plus classique, dans les élevages expérimentaux ou à partir d'un programme de contrôle de performances en ferme, pour l'amélioration génétique de la fécondité. Chez les ovins, cette sélection est de plus en plus souvent améliorée par la sélection des mâles testés sur descendance. La sélection sur la prolificité se heurte à plusieurs problèmes qui ont le plus souvent limité son efficacité. Les principaux sont la faible héritabilité de la taille de portée (compensée toutefois par une variabilité assez élevée) et la faible intensité de sélection praticable, notamment par la voie mère-fille (que l'on ne peut augmenter qu'en accroissant fortement l'intervalle de génération ou en faisant appel à certaines biotechnologies, encore en grande partie futuristes). Par ailleurs, la sélection sur n portées successives nécessiterait en toute rigueur de connaître la corrélation entre performances successives (difficile à estimer ; on la suppose égale à 1 ce qui risque de surestimer l'espérance du progrès génétique), et de tenir compte de la sélection des femelles en cours de carrière (problèmes statistiques des données censurées). D'autre part, on ne tient pas compte en général de l'effet direct du mâle sur la taille de portée.

Deux voies principales permettent d'améliorer l'efficacité de cette méthode de sélection :

- l'ouverture de la population fermée à une base de sélection la plus large possible, grâce au contrôle de performances en élevage, de façon à accroître très fortement l'intensité de sélection ;
- l'utilisation de modèles statistiques permettant de prendre en compte toute l'information disponible dans la population (le modèle animal est déjà utilisé dans le système national d'indexation en ovins).

Elle ne prend pas en compte la fertilité, si ce n'est par la sélection naturelle et l'élimination des femelles après n cycles stériles.

Cette voie de sélection directe ne fait plus l'objet d'expériences en troupeau fermé (sauf chez le lapin à Toulouse) ; elle est utilisée en lignée ouverte (lignée hyperproliférique porcine et sélection pour la gémellité en bovins). Nous évoquons à la suite les principales méthodes alternatives qui font actuellement l'objet de recherches.

2.2 / Sélection sur un critère "global"

Cette démarche consiste à sélectionner directement sur l'objectif économique, à savoir une productivité numérique ou pondérale (par exemple un poids de portée sevré par unité de temps). Ce critère prend donc en compte à la fois la fertilité et la prolificité. La marge de manoeuvre sur la précocité sexuelle est faible (en dehors des génotypes extrêmes). Par contre, en incluant la période improductive précédant la première production de la femelle, on sélectionne indirectement pour la longévité. Le principal problème que pose ce critère est que ses paramètres génétiques

ne sont en général pas connus et ses facteurs de variation sont très nombreux. Cette démarche revient à sélectionner sur un index "économique" dans lequel n'interviennent pas de pondérations pour les paramètres génétiques, si bien que les évolutions liées aux corrélations génétiques entre caractères (notamment entre nombres et poids) ne sont pas maîtrisées. Ceci explique que les résultats de la bibliographie (porc, souris, rat) sont assez contradictoires. Cette méthode fait l'objet d'expérimentations chez le lapin (sélection d'une souche Rex sur sa productivité pondérale et création d'une souche "hyperféconde"). La productivité numérique est également le critère essentiel fourni par le contrôle de performances en ferme chez le porc.

2.3 / Sélection sur des critères indirects

a / Composantes de la taille de portée

Améliorer l'efficacité de la sélection sur la prolificité peut passer par une sélection sur une ou plusieurs de ses composantes. Les deux principales sont le nombre d'ovocytes pondus (taux d'ovulation) et le taux de survie "embryonnaire" (de l'ovulation à la naissance). Cette démarche a été facilitée par l'utilisation de l'endoscopie permettant de compter les corps jaunes (ovins, porcins), et même les embryons en cours de gestation (lapins). Elle peut être améliorée par l'association de l'échographie (ovins, bovins) et la mise au point de diagnostics de gestation de plus en plus précoces (signaux embryonnaires, protéines placentaires, échographie) permettant d'affiner cette décomposition en distinguant une non fécondation totale d'une mortalité embryonnaire totale. L'hypothèse que l'on fait couramment d'une fécondation des ovocytes "tout ou rien" mériterait toutefois d'être vérifiée dans les souches à forte ovulation.

La sélection sur les composantes de la taille de portée peut être réalisée dans deux optiques complémentaires :

- Combiner le taux d'ovulation et de survie embryonnaire en un index additif "optimum", calculé en prenant en compte les pondérations "économiques" et les paramètres génétiques et phénotypiques des deux variables. Cet index est en théorie plus efficace que la sélection sur la taille de portée qui est un index multiplicatif "naturel" (taille de portée = taux d'ovulation x taux de survie embryonnaire). Le problème essentiel est la nature de la liaison entre ovulation et viabilité (curvilinéaire) et la bonne connaissance des paramètres génétiques. Une méthode alternative est utilisée dans une expérience de sélection pour la taille de portée en race ovine Romanov, où les valeurs génétiques calculées avec un modèle animal pour le taux d'ovulation et de survie embryonnaire séparément sont combinées dans un index multiplicatif.

- Sélectionner sur une des composantes de la taille de portée. Sur un plan expérimental, cette démarche permet d'observer la réponse directe à la sélection et de mesurer les paramètres génétiques du caractère sélectionné ; elle permet aussi, grâce aux réponses corrélées, d'étudier la nature des liaisons génétiques entre composantes et leur évolution sous l'effet de la sélection. Dans cette optique, une sélection divergente est particulièrement intéressante, mais pas souvent réalisable. Il faut également signaler que la distribution de ces variables s'éloigne de la normalité

(sauf le taux d'ovulation dans les espèces fortement polytoques). Sur un plan plus appliqué, l'objectif est de bénéficier d'une réponse à la sélection sur une composante héritable (la sélection sur le taux d'ovulation a souvent fait la preuve de son efficacité directe), en espérant bénéficier d'une réponse corrélée sur la taille de portée par le jeu des liaisons génétiques favorables.

Cette démarche est actuellement expérimentée chez le porc (deux lignées sélectionnées, l'une sur le taux d'ovulation, l'autre sur le taux de survie embryonnaire) et chez le lapin (2 lignées divergentes sélectionnées sur la survie post-implantation). Elle fait l'objet de nombreux travaux dans le monde (porc, ovins, lapin, souris), l'accent étant de plus en plus mis sur la viabilité embryonnaire et la recherche de son déterminisme : liaison avec le taux d'ovulation, composante maternelle ("capacité utérine"). Sur ce dernier point, la technique d'ovariectomie unilatérale, associée si nécessaire à une hémihystérectomie, est un artifice expérimental permettant de créer une surpopulation dans une corne utérine qui est utilisé dans plusieurs espèces, sans que nous ayons encore assez de recul pour juger de son efficacité.

b / Autres critères indirects

Face à un caractère difficile à sélectionner, il est intéressant de rechercher des critères indirects qui apportent des avantages spécifiques. Ainsi, il serait particulièrement intéressant de pouvoir sélectionner directement les mâles et de pratiquer une sélection le plus tôt possible dans la vie de l'individu. On recherche en général ces critères, si possible héréditaires, à partir d'une liaison physiologique plus ou moins intuitive avec la fécondité de la femelle. Ainsi, des critères de croissance testiculaire présentent l'énorme avantage de permettre une sélection précoce chez le mâle. Des liaisons génétiques avec les performances des femelles ont été mises en évidence (porc,

ovins, souris), quoique les résultats soient très variables. Le profil de sécrétion de FSH chez la femelle avant la puberté semble également lié génétiquement, du moins chez les ovins, à la taille de portée.

Il faut cependant noter que, malgré leurs avantages, aucune sélection sur ces critères indirects n'a réellement été mise en oeuvre. L'adoption d'une telle démarche constitue peut-être un pas difficile à franchir, du fait de la distance qui sépare le critère de l'objectif, et ce d'autant plus que peu de travaux en physiologie ont cherché à approfondir l'étude de ces relations. D'autre part, d'autres pistes plus prometteuses, comme la mise en évidence de gènes majeurs, ont peut-être contribué à détourner les recherches de cette voie. Une première sélection des jeunes sur ces critères indirects serait cependant envisageable.

Il faut également mentionner l'intérêt croissant qui est porté à l'étude des conséquences sur la fécondité d'une sélection intense pour des caractères de "production" (croissance, valeur bouchère, production laitière). Des travaux sont en cours pour étudier ce problème (en race bovine Charolaise par exemple). La prise en compte de la fécondité dans les objectifs de sélection, au delà d'un tri préalable (production de semence des mâles d'IA essentiellement) se heurte toutefois à de gros problèmes (poids économique, nature des liaisons génétiques,..).

2.4 / Gènes majeurs

Face à un caractère difficile à sélectionner, la recherche et l'utilisation de gènes majeurs présente un grand intérêt. C'est peut-être pour la fertilité, le plus difficile à sélectionner, que l'on attend le plus de gènes majeurs, encore hypothétiques. C'est au contraire pour le taux d'ovulation, caractère le plus facile à sélectionner, que l'on en trouve actuellement (brebis, notamment le gène Booroola, souris)! Les recherches systématiques d'associations entre gènes à effet majeur ou polymorphismes biochimiques et fécondité sont souvent décevantes, en l'absence d'informations a priori sur les liaisons les plus vraisemblables. Certaines pistes méritent toutefois d'être approfondies dans la mesure où les connaissances sur les liaisons entre gènes se renforcent (CMH par exemple, notamment chez le porc). Des pistes prometteuses concernant l'effet de gènes majeurs sur la viabilité embryonnaire (gène Ped chez la souris et peut-être le porc, gènes létaux associés au CMH...) se dessinent. L'efficacité de la sélection pour la fécondité passe certainement par une prise en compte de ces aspects.

3 / Les travaux en cours sur la sélection pour la fécondité

3.1 / Travaux expérimentaux

Nous n'évoquons pas ici les nombreux travaux expérimentaux dont l'objectif est la création, l'étude ou la comparaison de génotypes caractérisés par une fécondité exceptionnelle, ni les études plus ponctuelles sur les conditions d'expression de la fécondité (avec une dimension physiologie et/ou élevage plus marquée). Le tableau 2 recense les principales expériences de sélection sur la fécondité menée dans nos élevages expérimentaux (Il faut rappeler que des expériences

Tableau 2. Travaux expérimentaux sur la sélection pour la fécondité.

	Bovin	Lapin	Ovin	Porcin
Prolificté				
Gémellité		Nés totaux et sevrés		Lignée ouverte
lignée ouverte		A1088 et A1089		hyperprolifique
race Maine anjou		A1077 et A1066		Large White
(La Gréleraie)		(Auzeville)		(GTTT) (Rouillé)
Critère global		Lignée hyperféconde à partir de la GTI (Langlade)		
		Productivité pondérale souche Rex (Le Magneraud)		
Composante de la prolificté		Viabilité fœtale (Auzeville)	Index ovulation/survie emb. Romanov (Langlade)	Lignées taux d'ovulation taux de survie Large White (Galle)
Critère indirect				
Effet de la sélection pour les caract. bouchers race Charolaise (Galle)				

importantes, comme la sélection sur la taille de portée chez le porc, sont maintenant terminées et que des projets seront bientôt mis en oeuvre, comme la sélection spécifique pour le croisement chez le lapin). On notera notamment que

- on trouve des travaux sur la sélection pour la fécondité dans toutes les espèces, notamment en ce qui concerne la prolificité et ses composantes ; les préoccupations sont assez proches, notamment dans les 3 espèces polytoques.

- l'utilisation du contrôle de performances en ferme pour détecter des génotypes extrêmes et constituer des noyaux de sélection est une démarche assez générale.

3.2 / Programmes de contrôle de performances

Dans les différentes espèces considérées, à des degrés divers, des programmes de contrôle de performances, en ferme et/ou en station, permettent d'enregistrer des données de fécondité avec différentes applications, allant d'un simple appui technique aux éleveurs à un programme collectif d'amélioration génétique.

a / Lapins

Le programme de Gestion Technique Individuelle (GTI), conduit par l'INRA et l'ITAVI, enregistre individuellement les composantes de la productivité numérique des lapines. Il est obligatoire pour les sélectionneurs et multiplicateurs associés à l'INRA (voir l'article de Roustan, page 45) et mis à la disposition des producteurs. Il concerne environ 100 unités de production, 50 000 femelles/an. Ses applications en sélection sont nombreuses :

- sélection des femelles chez les éleveurs associés à la sélection des souches INRA sur un indice de prolificité combinant les performances de la femelle et de ses apparentées proches. Cet indice est susceptible d'évoluer grâce au BLUP.

- mesure de l'efficacité de notre schéma de sélection jusqu'au niveau de la production

- expérimentation sur la fécondité en ferme (p.ex. lignée hyperféconde, projet de sélection spécifique pour le croisement...)

- comparaison des différents schémas de sélection

- suivi de la qualité des lapins diffusés.

b / Porcins

Le programme national de Gestion Technique des Troupeaux de Truies (GTTT), conduit par l'INRA et l'ITP, enregistre les composantes de la productivité numérique des femelles. Il permet de calculer un indice de prolificité individuel (basé sur les performances moyennes des truies et qui doit prochainement faire appel au modèle animal) dans les élevages de sélection et multiplication (60 000 truies/an) ; ceci permet aux éleveurs de réaliser une sélection dans leur élevage, et à l'INRA de réaliser la sélection des verrats de la lignée hyperproliférique. Dans les autres élevages, est calculée la productivité moyenne et ses composantes (900 000 portées par an). Ce programme permet également l'expérimentation en ferme et l'analyse d'une masse de données très importante.

c / Bovins

- Races allaitantes :

Le contrôle de performances en ferme concerne environ 10% des femelles, soit environ 230 000. Il

permet essentiellement de suivre la fertilité des femelles, l'objectif étant un veau/vache/an. Les déclarations de naissance permettent éventuellement de s'intéresser à la prolificité (essentiellement en race Maine-Anjou). De fait, la sélection sur la fertilité se fait essentiellement à travers le testage des taureaux sur la fécondité de leurs filles en station (20/mâle) permettant de calculer un index de fertilité.

- Races laitières :

S'il n'existe pas à proprement parler de programme de sélection sur la fertilité, les outils existent, à travers le recueil de toutes les données d'IA, permettant aux éleveurs de suivre la fertilité de leurs femelles. Cette information est actuellement traitée au niveau régional ; il serait possible de la centraliser et de calculer des index de fertilité mâle et femelle. D'autre part, les mâles d'IA font l'objet, après une première élimination sur la qualité de leur semence (10 à 20%), d'un suivi de leur aptitude à féconder pendant la phase de testage laitier, ce qui permet d'éliminer les plus mauvais.

d / Ovins

La chaîne nationale du contrôle de performances "Ovin viande" (INRA CTIG - ITOVIC) est conçue pour répondre au double objectif d'appui technique et de sélection. Les résultats des mises bas (associées au mode de fécondation : naturel ou induit) sont toujours contrôlés et permettent d'établir des bilans individuels et globaux (élevage) et d'estimer des index femelles (396 000 femelles, 2400 élevages). Lorsque le contrôle de paternité est réalisé, les pères des femelles sont à leur tour indexés. Le modèle animal utilisé traite les tailles de portées transformées (scores normaux) de façon multicaractère pour fournir des index de prolificité naturelle, induite et une estimation synthétique. La fertilité peut être prise en compte dans la chaîne, mais son indexation n'est pas encore opérationnelle.

Chez les ovins laitiers, pour les élevages en contrôle officiel, la taille de portée et le mode de fécondation sont enregistrés facultativement et analysés dans les bilans annuels des élevages (230 000 femelles ; 769 élevages), mais ces informations ne donnent pas lieu à indexation.

Références bibliographiques

Anonyme, 1990. Major genes for reproduction in sheep. 2nd international workshop, Toulouse, 16-18 juillet 1990, INRA.

Bidanel J.P., 1989. Taux d'ovulation et survie prénatale chez la truie : aspects génétiques. INRA Prod. Anim., 2, 159-170.

Blasco A., Bidanel J.P., Bolet G., Haley C., 1992. Genetics of prenatal survival : lessons from pigs and rabbits. 43ème réunion annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie, Madrid, 14-17 septembre 1992.

Bodin L., Bibé B., Blanc M.R., Ricordeau G., 1988. Genetic relationship between prepuberal plasma FSH levels and reproductive performance in Lacaune ewe lambs. Genet. Sel. Evol., 1988, 20, 489-498.

- Bolet G., Brun J.M., Hulot F., Poujardieu B., de Rochambeau H., Rouvier R., 1990. Stratégies pour améliorer la taille de portée chez le lapin : résultats et perspectives. 41ème réunion annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie, Toulouse, 9-12 juillet 1990.
- Gion J.M., Clutter A.C., Nielsen M.K., 1990. Alternative methods of selection for litter size in mice : response to thirteen generations of selection. *J. Anim. Sci.*, 68, 3543-3556.
- Leroy P., Legault C., Gruand J., Ollivier L., 1987. Héritabilité réalisée pour la taille de portée dans la sélection de truies dites "hyperprolifiques". *Genet. Sel. Evol.*, 19, 351-364.
- Manfredi E., Foulley F., San Cristobal M., 1992. Estimation of genetic parameters for twinning in the Maine Anjou cattle. 43ème réunion annuelle de la Fédération Européenne de Zootechnie, Madrid, 14-17 septembre 1992.
- Ménissier F., Frisch J.E., 1992. Genetic improvement of beef cows. in *Beef cattle production*, Jarrige R. et Beranger C. ed., Elsevier, Amsterdam (sous presse).
- Neal S.M., Johnson R.K., Kittok R.J., 1989. Index selection for components of litter size in swine : response to five generations of selection. *J. Anim. Sci.*, 67, 1933-1945.
- Renard C., Vaiman M., 1989. Possible relationships between SLA and porcine reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.*, 29, 569-576.
- Ricordeau G., 1982. Selection for reduced seasonality and post-partum anoestrus. 2nd World Congress on Genetics applied to Livestock Production, Madrid, V, 338-347
- Ricordeau G., Bodin L., Tchamitchian L., 1979. Amélioration de la prolificité des brebis par sélection : revue bibliographique. 5ème journée de la recherche ovine et caprine, Paris, 5-6 décembre 1979, ITOVIC-SPEOC
- Ricordeau G., Poivey J.P., Lajous D., Eychenne F., 1986. Genetic aspects of ovulation rate and embryo mortality in Romanov ewes. 3rd World Congress on Genetics applied to Livestock Production, Lincoln, 16-22 juillet 1986, USA.
- Tartar M., Bolet G., 1984. Application de la théorie des index de sélection à des caractères répétés. Exemple de la sélection sur la prolificité chez le porc. *Genet. Sel. Evol.*, 16, 319-334.