

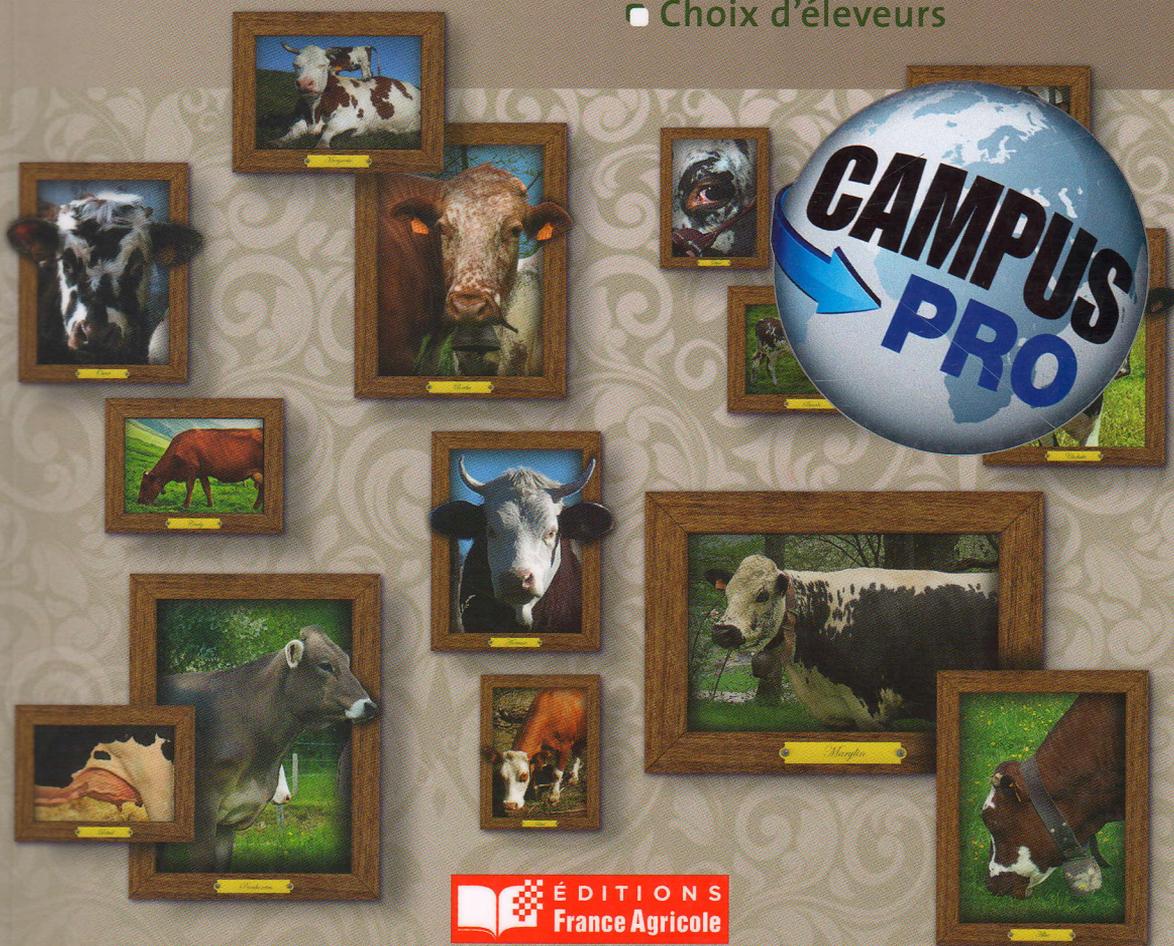


# Génétique des bovins laitiers

## 150 questions pour mieux comprendre

Jean-Marie Perreau

- ▣ Principes
- ▣ Stratégies collectives
- ▣ Choix d'éleveurs



# Sommaire

Remerciements .....	V
Avant-propos .....	VI
Inventaire des questions posées au fil des chapitres .....	XVII
Introduction: L'importance économique de l'amélioration génétique .....	1
<b>PARTIE I – LES BASES DE LA GÉNÉTIQUE .....</b>	<b>3</b>
<b>1 LA FÉCONDATION: LA GRANDE LOTERIE OU L'IMPORTANCE DU HASARD EN GÉNÉTIQUE .....</b>	<b>4</b>
<b>Importance du hasard avant et lors de la fécondation .....</b>	<b>4</b>
Méiose .....	5
Brassage interchromosomique .....	6
<b>Impacts de l'ascendance .....</b>	<b>10</b>
Impact de chaque grand-parent .....	10
La responsabilité des <i>crossing-over</i> , se produisant chez des parents, dans l'influence du patrimoine génétique de chaque grand-parent sur celui de ses petits enfants .....	14
Prévision de la valeur génétique des descendants .....	15
<b>Importance des pedigrees et du niveau génétique de chacun des ascendants le composant .....</b>	<b>16</b>
La transplantation embryonnaire (TE): une bonne opération? .....	18
Poids génétique du père et de la mère .....	18
Explication de la lecture d'informations partielles sur un pedigree et de leur exploitation .....	19
<b>2 LES DIFFÉRENTS TYPES DE CARACTÈRES SÉLECTIONNABLES ET LES PROGRÈS ESCOMPTABLES EN LIEN AVEC LES PARAMÈTRES GÉNÉTIQUES .....</b>	<b>26</b>
<b>Les différents groupes de caractères et leurs caractéristiques .....</b>	<b>27</b>
Notions de caractères quantitatifs et non quantitatifs .....	27
Notion de génotype, phénotype, valeur génotypique, valeur phénotypique .....	28
Origine de la variabilité des performances .....	30
Variabilités phénotypique et génétique .....	33
Caractéristiques et définition de l'héritabilité .....	35
Corrélations entre caractères et leurs conséquences .....	38

<b>Inventaire des principaux caractères intéressants à améliorer (liste non exhaustive)</b> .....	41
Caractères de production laitière .....	41
Morphologie (en rapport avec la production laitière) .....	42
Caractères fonctionnels .....	44
Autres caractères .....	48
Caractères de production de viande .....	49
<b>Quels sont l'objectif global retenu et les critères de sélection utilisés pour l'atteindre ?</b> .....	50
<b>Principaux critères de sélection retenus donc indexés (liste non exhaustive)</b> ...	51
Index élémentaires de production .....	51
Autres index élémentaires et combinés .....	52
ISU .....	54
Aptitudes bouchères .....	57
<b>3 LE GAIN GÉNÉTIQUE OBTENU ENTRE DEUX GÉNÉRATIONS</b> .....	58
<b>Les différents éléments conditionnant le gain génétique obtenu entre deux générations</b> .....	58
Sévérité de la sélection .....	58
Variabilité génétique .....	59
La confiance que l'on peut accorder au tri des animaux sélectionnés .....	62
<b>Qu'est-ce qui conditionne le progrès génétique obtenu dans un intervalle de temps donné ?</b> .....	64
<b>Les quatre voies du progrès génétique (PG)</b> .....	65
Voie 1 .....	65
Voie 2 .....	66
Voie 3 .....	66
Voie 4 .....	66
<b>Les écarts de valeurs des différents paramètres du progrès génétique selon les voies</b> .....	67
<b>Relations entre les paramètres</b> .....	68
Relation entre I et T .....	68
Relation entre I et R .....	69
Relation entre R et T (problème en sélection sur individus pour les voies 3 et 4) .....	69
<b>Les réponses indirectes à la sélection</b> .....	70

<b>4 L'IMPORTANCE DE LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE INTRARACE: CAUSES ET CONSÉQUENCES DE SA DIMINUTION; ENJEUX ET MOYENS DE SON MAINTIEN</b> .....	71
<b>État des lieux</b> .....	71
En Prim'Holstein .....	73
En Montbéliarde .....	73
En Normande .....	73
En Abondance .....	74
<b>Enjeux du maintien d'une certaine variabilité</b> .....	74
<b>Appréciation de la variabilité génétique pour un caractère donné</b> .....	75
Inventaire des données disponibles pour apprécier l'importance de la variabilité génétique .....	75
Présentation approfondie des données disponibles pour apprécier l'importance de la variabilité génétique .....	76
<b>Causes de la réduction de la variabilité génétique</b> .....	81
<b>Leviers d'action pour limiter la réduction de la variabilité génétique</b> .....	82
À l'échelle d'une exploitation .....	82
À l'échelle raciale .....	83
<b>Les anomalies géniques, une des conséquences de la baisse de variabilité génétique</b> .....	86
Caractéristiques .....	86
Mécanisme d'apparition .....	87
Gestion des anomalies après leur mise en évidence .....	90
Comment éviter l'apparition de nouveaux problèmes? .....	91
L'ONAB .....	94
 <b>PARTIE II – LES OUTILS DE L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE</b> .....	 97
<b>5 LES RACES BOVINES LAITIÈRES FRANÇAISES, UNE GRANDE DIVERSITÉ ADAPTÉE AUX PARTICULARITÉS PÉDOCLIMATIQUES ET ÉCONOMIQUES DE NOTRE TERRITOIRE</b> .....	98
<b>Présentation des divers types de races laitières exploitées en France</b> .....	98
Origine de la diversité raciale présente actuellement en France .....	98
Classement des races selon leur effectif .....	100
<b>Niveaux de production des différentes races exploitées en France</b> .....	101
<b>Caractéristiques des différentes races</b> .....	105
1 Prim'Holstein .....	105
2 Montbéliarde .....	107
3 Normande .....	109
4 Pie Rouge des plaines .....	111

5	Brune . . . . .	112
6	Simmental française . . . . .	113
7	Abondance . . . . .	115
8	Tarentaise (ou Tarine) . . . . .	117
	<b>Quelques races à effectifs limités . . . . .</b>	<b>119</b>
9	Jersiaise . . . . .	119
10	Rouge Flamande . . . . .	121
11	Vosgienne . . . . .	122
<b>6</b>	<b>L'ORGANISATION COLLECTIVE DE L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES BOVINS LAITIERS EN FRANCE . . . . .</b>	<b>124</b>
	<b>L'amélioration génétique au XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup> siècle : une histoire qui explique la configuration actuelle de l'élevage bovin laitier . . . . .</b>	<b>124</b>
	Création des livres généalogiques et des standards de race . . . . .	124
	Standards de races . . . . .	126
	<b>Notion de race et caractéristiques de la sélection en race pure . . . . .</b>	<b>126</b>
	Intérêts . . . . .	127
	Limites . . . . .	127
	<b>Organisation de la sélection en race pure ; caractéristiques et rôles de France Génétique Élevage ainsi que des OS et ES . . . . .</b>	<b>128</b>
	Présentation générale . . . . .	128
	France Génétique Élevage (FGE) . . . . .	129
	Les OS et leurs relations avec leurs partenaires . . . . .	130
	Entreprises de Sélection . . . . .	132
	Autres intervenants parties prenantes du dispositif . . . . .	133
	<b>Perception de la sélection française à l'étranger . . . . .</b>	<b>134</b>
<b>7</b>	<b>L'ORGANISATION DES PROGRAMMES DE SÉLECTION RACIAUX : UN GAGE D'EFFICACITÉ . . . . .</b>	<b>136</b>
	<b>Principe de la réalisation de la sélection intrarace . . . . .</b>	<b>136</b>
	Présentation des différentes étapes . . . . .	136
	Choix d'un objectif de sélection . . . . .	139
	<b>Problèmes posés par la sélection sur plusieurs caractères . . . . .</b>	<b>140</b>
	Méthode des seuils . . . . .	141
	Sélection avec les index de synthèse . . . . .	141
	<b>Diverses sources d'informations disponibles sur les candidats à la sélection ou leurs apparentés, combinés dans les programmes de sélection . . . . .</b>	<b>146</b>
	Présentation des différentes possibilités . . . . .	146
	Sélection sur ascendance . . . . .	147
	Sélection sur individus . . . . .	149

Sélection sur descendance . . . . .	149
Génomique. . . . .	150
Sélection sur collatéraux . . . . .	150
<b>Combinaisons de méthodes mises en œuvre dans les programmes de sélection . . . . .</b>	<b>151</b>
La sélection « combinée » . . . . .	151
Programmes de sélection des taureaux d'IA. . . . .	151
<b>8 CARACTÉRISTIQUES DE LA GÉNOMIQUE ET GAINS PERMIS GRÂCE À SON UTILISATION . . . . .</b>	<b>155</b>
<b>Enjeux de la génomique . . . . .</b>	<b>155</b>
<b>Rappel sur les caractères quantitatifs et notions de QTL, SAM . . . . .</b>	<b>157</b>
<b>Intérêts de la génomique . . . . .</b>	<b>160</b>
Génotypage des femelles en élevage. . . . .	160
Génotypage des mâles . . . . .	160
<b>Constitution de la population de référence: un préalable indispensable à l'évaluation génomique individuelle des animaux . . . . .</b>	<b>161</b>
<b>Valorisations de la génomique au-delà de l'évaluation génétique des animaux développée précédemment . . . . .</b>	<b>163</b>
Identification génétique avec établissement d'une carte d'identité génétique . . . . .	163
Contrôle de filiation . . . . .	163
Connaissance et gestion de la diversité génétique. . . . .	164
Aide à la lutte contre les maladies génétiques . . . . .	164
Aide à l'introggression génique. . . . .	164
<b>Limites de la génomique ou de son utilisation dans la situation actuelle . . . . .</b>	<b>165</b>
<b>Bilan . . . . .</b>	<b>166</b>
<b>9 L'INDEXATION DES MÂLES ET DES FEMELLES, SAVOIR INTERPRÉTER ET UTILISER LES INDEX. . . . .</b>	<b>167</b>
<b>Intérêts de l'utilisation des index de valeur génétique plutôt que les performances pour sélectionner les animaux. . . . .</b>	<b>167</b>
<b>Indexation et index de VGA . . . . .</b>	<b>168</b>
<b>Comment l'indexation polygénique est-elle réalisée? . . . . .</b>	<b>168</b>
Les animaux concernés . . . . .	168
Principes de l'indexation polygénique des bovins laitiers . . . . .	169
<b>Évaluation génomique . . . . .</b>	<b>171</b>
Présentation . . . . .	171
Caractéristiques d'un index génomique. . . . .	172

<b>Types et expression des index</b> .....	172
Types d'index .....	172
Expression des index .....	173
<b>Intérêts des index pour les éleveurs</b> .....	174
<b>Précision des index</b> .....	176
CD .....	176
Intervalle de confiance .....	177
Précision des index génomiques .....	182
<b>Récapitulatif des différents types d'index dont peut disposer un individu pour un même caractère et valeurs des CD les caractérisant</b> .....	182
Index disponibles au début de la vie de l'animal .....	182
Index disponibles plus tard dans la vie de l'animal .....	183
<b>Évolutions des valeurs de l'index d'un caractère donné et de son CD au cours de la carrière de l'animal</b> .....	184
Évolutions des index au fil du temps .....	185
Évolutions du CD .....	187
<b>10 LE CONTRÔLE DE PERFORMANCES, LE POINTAGE ET LES DOCUMENTS À DISPOSITION DE L'ÉLEVEUR</b> .....	188
Rôles des organismes de Contrôle Laitier (France Conseil Élevage) .....	188
Intérêts pour l'éleveur de l'adhésion à un organisme de Contrôle Laitier (OCEL) ..	189
<b>Pointage</b> .....	190
Principe .....	190
Divers postes observés .....	190
<b>Documents d'élevage</b> .....	200
Bilan génétique .....	200
Fiche vache .....	202
<b>11 LA SAUVEGARDE DES RACES À PETITS EFFECTIFS</b> .....	203
<b>Présentation</b> .....	203
<b>Causes de cette régression</b> .....	203
<b>Intérêts de la sauvegarde</b> .....	204
<b>Caractéristiques des programmes de sauvegarde et objectifs</b> .....	205
Races à très petits effectifs .....	205
Races à effectifs plus importants .....	205

<b>PARTIE III – LE CHOIX DES ÉLEVEURS</b> .....	207
<b>12 LES ACCOUPLEMENTS RAISONNÉS, UNE ÉTAPE CRUCIALE DANS L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE D'UN ÉLEVAGE</b> .....	208
<b>Enjeux et ligne de conduite</b> .....	208
Principe. ....	208
Objectifs. ....	209
<b>Comment réaliser les accouplements raisonnés (AR)</b> .....	210
Première étape .....	210
Deuxième étape .....	211
<b>Exemple très simplifié de déroulement (ne prenant en compte que trois index)</b> .....	213
<b>Choisir des jeunes taureaux génomiques ou bien des génomiques confirmées</b> .....	215
<b>13 LES INTÉRÊTS POUR L'ÉLEVEUR DE LA SEMENCE SEXÉE, DU GÉNOTYPAGE DES FEMELLES ET DE LA TRANSPLANTATION EMBRYONNAIRE; CARACTÉRISTIQUES DES SEMENCES ÉTRANGÈRES</b> .....	217
<b>Intérêts et limites des semences sexées</b> .....	217
Avantages. ....	218
Contreparties négatives .....	219
<b>Génotypage des femelles en élevage</b> .....	220
Génotypage de jeunes veaux femelles. ....	220
Améliorer l'intensité de sélection. ....	222
<b>Avantages et inconvénients de la transplantation embryonnaire (TE)</b> .....	222
<b>Semences étrangères: index convertis grâce à Interbull et index calculés grâce à EuroGenomics</b> .....	223
<b>14 LES LIMITES DE LA MONTE NATURELLE</b> .....	225
<b>Justifications de ce choix</b> .....	225
<b>Limites de ce choix</b> .....	226
Limites génétiques .....	226
Limites d'ordre non génétique. ....	227
<b>15 LES CROISEMENTS, UNE ALTERNATIVE À LA SÉLECTION EN RACE PURE POUR FAIRE ÉVOLUER SON CHEPTEL</b> .....	230
<b>Intérêts des croisements</b> .....	230
Introduction de nouveaux gènes dans une population. ....	230
Exploitation de la complémentarité. ....	231

Exploitation de l'hétérosis .....	231
Explication de ce phénomène .....	232
<b>Différents types de croisements</b> .....	233
Croisements à but génétique .....	234
Croisements alternatifs et rotatifs .....	240
Un croisement à but commercial : le croisement industriel ou croisement avec un mâle de race à viande .....	244
<b>PARTIE IV – PRÉSENT ET AVENIR</b> .....	247
<b>16 LES ORIENTATIONS DES DIFFÉRENTES RACES ET DES ES; LES EFFORTS RÉALISÉS POUR MAINTENIR DE LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE</b> .....	248
Packs de taureaux .....	248
Gestion de la variabilité génétique, une préoccupation importante pour toutes les races .....	249
Les nouvelles stratégies des ES à l'heure de la génomique et le partenariat entre elles et les éleveurs : la création de stations de donneuses .....	252
Prévision Idele : en Prim'Holstein, ralentissement du progrès génétique annuel sur la quantité de lait .....	253
Préservation des aptitudes bouchères dans les races « mixtes » .....	254
Exploitation du gène sans cornes .....	255
Caséines .....	258
Caractéristiques .....	258
Effet des haplotypes .....	259
Orientation de la sélection .....	259
Nouvelles perspectives .....	260
<b>Intérêt pour les animaux pie rouge en race Holstein</b> .....	260
Rappels sur l'histoire des Holsteins rouges .....	260
Déterminisme génétique de la couleur chez les Holsteins .....	261
Récapitulatif des mécanismes intervenant dans le déterminisme de la couleur de la robe chez les Holsteins .....	271
<b>17 LES PERSPECTIVES LIÉES AUX PROGRÈS DE LA GÉNOMIQUE</b> .....	272
États des lieux .....	272
Confirmation des intérêts de la génomique pour l'obtention du progrès génétique .....	272
Contre-sélection sur des QTL défavorables à la fertilité .....	276
Évaluation des animaux sur de nouveaux critères concernant des aspects non explorés auparavant avec les anciens protocoles de contrôle .....	277

18 LES BIOTECHNOLOGIES .....	278
Génotypage d'embryons .....	278
Clonage .....	278
Transgénèse .....	279
19 L'ÉPIGÉNÉTIQUE .....	280
<b>PARTIE V – COMPLÉMENTS D'INFORMATION ET BILAN</b> .....	285
20 RÉFÉRENCES COMPLÉMENTAIRES POUR EN SAVOIR PLUS .....	286
21 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	293
22 CONCLUSION .....	299
23 ANNEXES .....	300
24 LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES .....	309
Liste des figures, tableaux et photos .....	313

**Pourquoi peut-on être déçu par les produits issus d'un accouplement prometteur ? Pourquoi certains caractères sont-ils plus faciles à sélectionner que d'autres ? Faut-il craindre la consanguinité et ses conséquences ? Pourquoi et comment les CD et les index évoluent-ils au cours de la carrière d'un animal ? Pourquoi peut-on faire confiance à la génomique ? Quels croisements pour les bovins laitiers ?**

Autant de questions concrètes parmi l'ensemble de celles auxquelles les éleveurs et les étudiants sont régulièrement confrontés. Cet ouvrage a été rédigé dans un esprit de vulgarisation et de clarté car l'auteur sait combien cette discipline est souvent traitée sous des angles biologiques et mathématiques ardues pour les élèves et les agriculteurs.

Pour ces derniers, il existe fréquemment un décalage entre les principes fondamentaux de la génétique et leur vision d'éleveurs amenés à réaliser des opérations de sélection engageant la rentabilité de leur exploitation. Pourtant, tout est lié, et que ce soit la pertinence des choix, les bons résultats obtenus, mais aussi les déceptions, tout s'explique et une meilleure connaissance des principes permet d'être plus efficace en élevage.

Ainsi, cet ouvrage vous propose de mieux comprendre les bases et les applications de cette science, que vous soyez éleveur, acteur de l'amélioration génétique ou enseignant. Par ailleurs, il constituera pour les élèves et étudiants de l'enseignement agricole et vétérinaire un outil d'apprentissage attractif pour maîtriser leur programme de génétique. En effet, les bases, principes et stratégies, concernant ici les bovins laitiers, sont en grande partie transposables à d'autres catégories d'animaux.

---

*Jean-Marie Perreau est professeur de zootechnie et génétique au Lycée agricole de Nevers.*

