

# Génétique et adaptation : le point des connaissances chez les volailles

La part de la composante génétique dans le comportement des volailles permet d'envisager une sélection. Jusqu'à maintenant la génétique avicole s'est attachée à sélectionner des animaux adaptés à un environnement particulier. Aujourd'hui, la diversification des conditions d'élevage des volailles conduit non plus à sélectionner des lignées adaptées à chaque environnement, mais à privilégier des animaux capables de s'adapter sans difficulté à divers milieux.

Dans le débat actuel sur le bien-être animal se pose la question de la modification des conditions d'environnement, mais aussi celle de l'amélioration des capacités d'adaptation des animaux à leur environnement (Faure *et al* 2003). Critiquée pour des raisons éthiques, cette dernière est pourtant pratiquée depuis la domestication. La domestication a en effet consisté à choisir des espèces présentant des caractéristiques comportementales appropriées, telles que la capacité à vivre en groupe social hiérarchisé de grande taille, l'aptitude à se reproduire en promiscuité, la précocité des jeunes, des réactions de peur modérées, l'adaptation à des régimes alimentaires variés (Hale 1969). Dans une seconde phase, on a assisté à une lente exagération des caractères favorables, en particulier en ce qui concerne

les comportements agressifs et les réactions de peur (Rose *et al* 1984). Enfin, depuis les années 1950, une troisième phase de sélection artificielle beaucoup plus intense a débuté. Cette dernière, réalisée dans les conditions de l'élevage intensif, a porté sur un petit nombre de caractères, ponte et poids essentiellement, avec une forte spécialisation des lignées. Les études de génétique avicole de l'adaptation ont alors recherché des animaux bien adaptés à un milieu particulier, par exemple la vie en cage chez les poules pondeuses (Mills *et al* 1985, Muir 1996). La grande majorité de ces études a été réalisée dans l'espèce poule, beaucoup moins chez la caille et très peu dans les autres espèces.

## Résumé

De nombreuses études ont porté sur la génétique des capacités d'adaptation des oiseaux, qui ont été modifiées par la domestication, puis la sélection artificielle. Ces études comprennent des comparaisons entre lignées, des estimations de paramètres génétiques et des expériences de sélection. Elles portent sur de nombreux caractères, parmi lesquels le comportement sexuel, alimentaire ou social, la sensibilité au stress. Ces comportements liés aux capacités d'adaptation de l'animal sont généralement héréditaires, donc modifiables par sélection. De nombreuses expériences de sélection ont confirmé cette possibilité théorique, mais leur objectif a évolué avec le contexte des productions avicoles. En effet, si l'on a d'abord recherché à améliorer l'adaptation à un milieu donné, par exemple en diminuant les comportements de stéréotypie chez la poule en cage, la diversification des productions avicoles a entraîné une évolution des critères recherchés vers des capacités plus générales telles que la motivation sociale, des réactions de peur diminuées ou l'absence de comportements nuisibles tels que le picage. Ces caractères ne signent pas l'adaptation de l'animal à un milieu particulier, mais une bonne adaptabilité à divers milieux.

Cependant, l'évolution du comportement et des capacités d'adaptation corrélativement à la sélection sur le poids ou la ponte a longtemps été négligée. Or, la forte augmentation du poids du poulet de chair a conduit à une baisse générale de l'activité, de la libido et de l'agressivité et à une augmentation de l'appétit et de la sensibilité aux infections (Kjaer et Mench 2003). A l'inverse, la sélection intense sur la ponte a abouti à des animaux plus nerveux, agressifs, présentant des problèmes de picage. Une seconde série de travaux a alors débuté, afin de contre-sélectionner les dégradations observées, particulièrement en ce qui concerne le picage (Craig et Muir 1993, Muir 1996).

Aujourd'hui, les productions avicoles se diversifiant, il est impossible de développer une lignée adaptée à chaque environnement.

On recherche donc plutôt des animaux aux capacités d'adaptation élevées leur permettant de s'adapter à diverses conditions sans que le coût ne soit trop élevé pour l'animal (Faure 1980, Dantzer 2001). D'autre part, la législation plus contraignante sur le bien-être (Commission Européenne 2000) et la demande des consommateurs orientent les recherches vers le bien-être en tant que tel et non plus comme une retombée de la sélection sur les performances. C'est dans cette dernière optique qu'ont été développés les travaux visant à améliorer des caractéristiques plus générales de l'animal, telles que la sociabilité ou la sensibilité au stress.

Le choix des critères étudiés en génétique de l'adaptation a également suivi cette évolution. Les premières études ont d'abord porté sur les caractères de production (ponte, croissance), car on a longtemps considéré que l'animal ne pouvait maintenir un bon niveau de performance zootechnique que s'il était placé dans des conditions environnementales qui ne sollicitaient pas exagérément ses capacités d'adaptation. Le même raisonnement s'est appliqué aux critères de santé tels que viabilité et résistance aux maladies, qui ont été très tôt pris en compte. Progressivement, la sélection a plus porté sur des paramètres physiologiques du stress, comme le taux de corticostérone dans le sang ou des critères comportementaux qui peuvent être dégradés alors même que les performances zootechniques sont maintenues. Pour les critères comportementaux, les caractères étudiés sont soit l'incidence de comportements anormaux tels que la stéréotypie ou la dérive de caractères normaux tels que le comportement alimentaire ou sexuel, soit des comportements traduisant la sensibilité au stress comme la durée d'immobilité tonique.

Nous présentons les principaux résultats acquis au cours de ces études, par type de comportement. Ces études reposent pour la plupart sur des comparaisons d'animaux issus d'origines génétiques différentes (lignées lourdes ou légères par exemple). Ces différences entre lignées suggèrent l'existence d'un déterminisme génétique du caractère considéré. Mais seules les études approfondies, en particulier intra-lignée, permettent de préciser l'importance de ce déterminisme, au travers des estimations de l'héritabilité. Cela implique la mesure sur de nombreux animaux et explique pourquoi ces estimations sont peu fréquentes (tableau 1). Enfin, la confirmation définitive de la possibilité de sélection d'un caractère est apportée par les expériences de sélection, qui fournissent en outre un matériel génétique précieux pour la recherche des gènes impliqués dans le déterminisme du caractère.

## 1 / Comportement alimentaire

Par rapport aux souches de type ponte, les poulets de chair consomment une plus grande quantité d'aliment très rapidement et montrent de fréquents comportements d'ennui et d'agressivité pour les mâles et de stéréotypie

pour les femelles (Kjaer et Mench 2003). Barbato *et al* (1980) ont montré qu'il existait des différences de comportement alimentaire entre lignées lourdes et légères, les animaux des lignées lourdes faisant plus de repas et ayant des durées de repas plus élevées. Picard *et al* (1995) ont montré des différences similaires entre des lignées sélectionnées pour une forte ou faible consommation résiduelle (écart entre la consommation réelle et celle nécessaire à la satisfaction des besoins d'entretien et de production). Enfin, les seuils de détection de l'amer et du sucré diffèrent également entre lignées lourdes et légères et cette différence serait d'origine génétique additive et donc transmissible aux descendants (Barbato *et al* 1982).

Si les comparaisons entre lignées de poulets de chair et de pondeuses suggèrent que la sélection a modifié le comportement alimentaire, peu d'études génétiques ont été réalisées intra-lignée sur ce thème. On ne dispose pas de paramètres génétiques pour ce caractère, et la solution appliquée actuellement consiste à imposer une restriction alimentaire de 60 à 80% pendant la période d'élevage dans les lignées parentales de poulets de chair (lignées pures utilisées comme parents des poulets commerciaux) pour éviter les problèmes d'obésité et de reproduction liés à une surconsommation. Cependant, la restriction alimentaire portant en elle-même atteinte au bien-être des animaux, d'autres solutions devraient être envisagées, comme la sélection de caractères corrélés au comportement alimentaire, tels que l'engraissement ou la courbe de croissance (Kjaer et Mench 2003).

## 2 / Comportement reproducteur

En aviculture, le comportement reproducteur est davantage traité comme une performance zootechnique que comme l'expression d'un comportement normal de l'animal. Le but de la sélection consiste surtout à augmenter le nombre de descendants par animal.

### 2.1 / Comportement sexuel

Des troubles du comportement de reproduction sont fréquemment évoqués chez le poulet de chair. Au vu des comparaisons entre lignées, le poulet de chair plus lourd semble présenter une libido plus faible, moins de comportements de cour, une moindre qualité de sperme, des difficultés d'accouplement et une fréquence plus élevée des comportements agressifs des mâles envers les femelles (Kjaer et Mench 2003). Cependant, ces résultats ne prouvent pas l'existence de corrélations génétiques entre croissance et comportement reproducteur. De fait, dans des lignées divergentes sélectionnées pendant 6 générations sur le nombre d'accouplements réalisé par un mâle mis en présence de 8 femelles pendant 10 minutes, Siegel (1965) a trouvé une corrélation génétique positive (0,31) de ce caractère avec le poids à 4 semaines, alors que les comparaisons entre lignées indiqueraient une corrélation négative.

**L'amélioration génétique de la croissance et de la ponte a conduit à dégrader certains paramètres de comportement. Les expériences de sélection sur ces paramètres montrent qu'il est possible de les améliorer.**

**Tableau 1.** Héritabilités de différents caractères comportementaux chez les oiseaux d'élevage.

E <sup>1</sup>	Héritabilités réalisées <sup>2</sup>	Héritabilités estimées	Référence
<b>Comportement reproducteur : nombre d'accouplements</b>			
P	0,20 - 0,18 (HL) ; 0,31 (LL)	0,15 - 0,52	Siegel 1965
P	0,07 (HL) ; 0,25 (LL)		Sefton et Siegel 1975
C	0,05 - 0,19 (HL) ; 0,19 - 0,25 (LL)		Cunningham et Siegel 1978
<b>Stéréotypie avant la ponte</b>			
Po		Marche : 0,78 - 0,80 <sup>3</sup> Position assise : 0,83 <sup>3</sup>	Mills <i>et al</i> 1985
Po		Durée d'agitation avant ponte : 0,06 Tentative d'échappement : 0,04 % de temps assis ou debout : 0,33	Heil <i>et al</i> 1990
<b>Couvaison</b>			
Po		0,06 - 0,16	Saeki 1957
D		Nb d'arrêts de ponte pour couvrir : 0,33 Durée des arrêts de ponte pour couvrir : 0,36 Nb de jours de ponte perdus à cause de la couvaison : 0,46	Nestor 1972
<b>Activité en bain de poussière</b>			
C	0,23 - 0,30 (HL) ; 0,15 - 0,16(LL)		Gerken et Petersen 1992
<b>Comportement en open field</b>			
F		Activité locomotrice : 0,02 - 0,22	Boyer <i>et al</i> 1973
P	Activité locomotrice : 0,36 (HL) ; 0,38 (LL)		Faure 1981
P	Latence avant mouvement : 0,04 Activité locomotrice : 0,36 Cris : 0,23	Latence avant mouvement : 0,16 Activité locomotrice : 0,16 Cris : 0,36 ; Déjections : 0,11	Faure et Folmer 1975
<b>Sensibilité au stress</b>			
D	[B] <sup>4</sup> après stress thermique : 0,13 (LL) ; 0,25 (HL)		Brown et Nestor 1973
P	[B] après stress social : 0,15 - 0,21 (LL) ; 0,23 - 0,33 (HL)		Gross <i>et al</i> 1984
Po		Immobilité tonique : 0,28 + 0,10 Latence à se nourrir : 0,10 + 0,08 ; 0,34 + 0,10 Test de Hansen : 0,08 + 0,10	Craig et Muir 1989
C	Immobilité tonique : 0,12 - 0,23 (HL) ; 0,19 (LL)		Mills et Faure 1991
P		Peur (objet nouveau) : 0,18	Bessei 1995
C	[B] après stress de contention : 0,15 - 0,19 (LL) ; 0,28 - 0,33 (HL)	[B] après stress de contention : 0,21(LL) ; 0,23 (HL)	Satterlee et Johnson 1988
<b>Préférences pour les couleurs</b>			
P		0,23 + 0,09 (bleu) ; 0,23 + 0,08 (vert), 0,15 + 0,08 (jaune) ; 0,03 + 0,07 (rouge)	Hurnik <i>et al</i> 1977
C		0,26 + 0,05	Kovach et Wilson 1988
<b>Aptitude à la dominance</b>			
P	Rang hiérarchique de picage : 0,06 - 0,23 % de rencontres dyadiques gagnées : 0,11 - 0,24		Guhl <i>et al</i> 1960
P	0,16 - 0,28		Craig <i>et al</i> 1965
<b>Motivation sociale : distance parcourue sur le tapis roulant</b>			
C	0,23 - 0,66 (HL) ; -0,22 - 0,21 (LL)		Mills et Faure 1991
<b>Picage</b>			
P		Picage observé : 0,09 + 0,09	Cuthbertson 1980
Po		Picage observé : 0,06 + 0,06 (6s) ; 0,14 + 0,07 (38s) ; 0,38 + 0,12 (69 s)	Kjaer et Sorensen 1997
Po		Etat du plumage : 0,37 + 0,10 Mortalité par cannibalisme : 0,08 + 0,08	Craig et Muir 1989
Po		Mortalité par cannibalisme : 0,65	Craig et Muir 1993
P		Picage observé : 0,20 Picage au picomètre : 0,18 Etre piqué : 0,25 Etat du plumage : 0,02	Bessei 1995
P		Picage observé : 0,20 Etre piqué : 0,25	Bessei 1999
Po		0,20	Kjaer <i>et al</i> 2001

<sup>1</sup> E : espèce ; P : Poulet de chair ; Po : Poule pondeuse ; C : Caille ; D : Dinde ; F : faisane<sup>2</sup> LL : lignée basse ; HL : lignée haute<sup>3</sup> répétabilité (=limite supérieure de l'héritabilité)<sup>4</sup> [B] : taux plasmatique de corticostérone

**Les conditions d'élevage des volailles ne leur permettent pas toujours d'exprimer les comportements naturels de l'espèce. Sélectionner les animaux les moins motivés pour ces comportements permet de réduire la fréquence des comportements anormaux de substitution, mais n'améliore pas forcément leur bien-être.**

L'expérience de Siegel (1965) chez le poulet, ainsi qu'une expérience similaire chez la caille (Sefton et Siegel 1975, Cunningham et Siegel 1978, Bernon et Siegel 1983) ont cependant permis de montrer qu'il était possible d'améliorer par sélection le nombre d'accouplements accomplis par un mâle pendant une durée donnée (cf. tableau 1 pour les estimations d'héritabilité). Ainsi, chez le poulet, après 7 générations de sélection, les nombres d'accouplements réalisés par un mâle en 8 séances de 10 minutes sont respectivement de 11,40 et 4,55 dans les lignées à forte et faible capacité de reproduction ( $P < 0,01$  ; Siegel 1965). L'utilisation de cette approche pour améliorer les capacités de reproduction est cependant limitée car, dans les lignées hautes, les fréquences des comportements agressifs et du nombre de menaces ont augmenté, probablement à cause d'une augmentation du statut de dominance des animaux (Siegel 1965, Sefton et Siegel 1975, Bernon et Siegel 1983). Une diminution de la concentration du sperme est également observée dans la lignée à fort nombre d'accouplements chez le poulet (Siegel 1965). Cela implique que, pour ce caractère, l'optimum à rechercher en sélection est un animal aux performances intermédiaires plutôt que l'un des deux extrêmes.

## 2.2 / Aptitude à la couvaison

L'aptitude à la couvaison, tout d'abord recherchée dans les systèmes d'élevage traditionnels, a été rendue inutile par la généralisation de l'incubation artificielle. Elle est même devenue indésirable, car elle est négativement corrélée à la ponte (Nestor 1972). Il est à noter que la sélection en cage des reproductrices ne permet pas l'expression du comportement de couvaison, et donc rend difficile la détection des femelles couveuses. Actuellement, ce caractère est donc indirectement contre-sélectionné, en augmentant la ponte. La couvaison est quasiment éliminée des lignées commerciales actuelles dans l'espèce poule, elle est en revanche encore fréquente chez la dinde, l'oie et le canard. Selon les lignées, la proportion de dindes couveuses peut varier de 10 % à 70 % (Guémené *et al* 2001). Peu d'estimations d'héritabilité sont disponibles (Saeki 1957, Nestor 1972, cf. tableau 1) et leur variabilité ne permet pas de conclure quant à la possibilité de sélection sur ce caractère. Une seule expérience de sélection a été réalisée directement sur l'aptitude à la couvaison, chez le faisan, afin de faciliter le repeuplement du milieu naturel à partir de populations élevées en captivité (Melin et Damange 2001). Des gènes liés au sexe, sur le chromosome Z, seraient impliqués dans le déterminisme de ce caractère (Mueller 1952, Saeki 1957).

## 3 / Comportements liés aux contraintes de l'environnement

Imposer des conditions environnementales souvent pauvres aux animaux a entraîné certaines dérives comportementales, principalement dues au fait que les comportements naturels des animaux ne pouvaient s'y exprimer.

Par exemple, avant la ponte, la poule au sol choisit un site de nidification, prépare son nid, s'éloigne de ses congénères, s'agite, gratte la litière et envoie la litière par-dessus son dos. En cage, elle ne peut effectuer cette série de comportements, et exprime à la place soit des comportements "à vide" soit des comportements stéréotypés (comportements répétitifs sans signification biologique), en tournant en rond. De même, le "bain de poussière", comportement consistant à gratter le sol, passer le bec dans les ailes, envoyer la poussière sur le corps et onduler de la tête, et qui aide au maintien d'un bon état du plumage, est fréquent au sol. En cage, faute de substrat, il ne peut s'exprimer complètement. Dans les deux cas, le but des recherches était de diminuer la motivation des animaux afin que les animaux privés de cette activité ne soient pas frustrés.

### 3.1 / Stéréotypie liée à la ponte

Les comportements stéréotypiques constituent l'essentiel des problèmes comportementaux au moment de la ponte. L'observation de différences entre lignées a été le premier élément en faveur de l'existence d'une variabilité génétique de ces caractères (Wood-Gush 1972). Mills *et al* (1985) ont cherché à modifier un comportement stéréotypique exprimé par la poule en cage, à partir de deux lignées ayant tendance à exprimer plus ou moins le comportement stéréotypique de marche avant la ponte. La lignée ayant une faible tendance à la stéréotypie (A) a été sélectionnée pour augmenter le temps passé assis (comportement normal), la lignée à forte tendance à la stéréotypie (B) pour augmenter le nombre de pas dans les 10 minutes précédant la ponte (comportement stéréotypique). En deux générations, le nombre de pas a augmenté de 83 % dans la lignée B et le temps passé assis de 29 % dans la lignée A, résultat en accord avec les fortes répétabilité obtenues par les auteurs. Heil *et al* (1990) ont également estimé que, contrairement à d'autres comportements stéréotypiques observés avant la ponte, ce temps total passé soit assis soit à marcher était héritable (cf. tableau 1). Il est donc possible de modifier par sélection la sensibilité des animaux à exprimer le comportement stéréotypique. Mais cette approche, qui ne garantit pas l'absence de frustration chez l'animal, est aujourd'hui peu pratiquée.

### 3.2 / Activité en bain de poussière

L'élevage des volailles en cage supprime la possibilité de prendre des bains de poussière. Gerken et Petersen (1992) ont donc cherché à réduire la motivation pour l'activité "bain de poussière". Cette sélection, effectuée chez la caille, s'est avérée très efficace puisqu'après 17 générations de sélection divergente sur le nombre de coups de bec donnés dans la poussière en 20 minutes, les animaux de la lignée haute donnaient en moyenne 48,5 coups de bec et ceux de la lignée basse 3,4 seulement. De plus, chez ces derniers, 30 % des animaux ne prennent plus de bain de poussière pendant le test. Cependant, ce résultat semble être, au moins en partie, dû à une augmentation des réactions de peur dans la lignée basse.

Dans ces deux cas, sélectionner pour une plus faible fréquence d'expression des comportements stéréotypiques ou une faible motivation pour le caractère qui ne peut s'exprimer ne stoppe pas la cause de la frustration, et le bien-être n'est pas nécessairement amélioré. Enfin, la suppression prochaine des cages standard pour les poules pondeuses remet en question l'intérêt de sélectionner l'animal pour un milieu donné.

## 4 / Comportement social

### 4.1 / Dominance

Les premières expériences de sélection sur le comportement social ont porté sur l'aptitude à la dominance, évaluée par le rang hiérarchique estimé pour le nombre de coups de bec et le pourcentage de victoires lors de rencontres deux à deux (Guhl *et al* 1960, Craig *et al* 1965). On recherchait alors des animaux à forte aptitude à la dominance, qui ne se laisseraient pas blesser par leurs congénères. Dans les deux expériences, le caractère a été aisément modifié, mais la lignée à forte aptitude à la dominance s'est avérée plus agressive, probablement à cause d'une sensibilité accrue aux androgènes (Faure *et al* 2003, cf. tableau 1). L'optimum à rechercher est donc là encore un intermédiaire entre une trop faible dominance, nuisible à l'établissement d'un groupe social stable, et une trop forte dominance, liée à l'expression de comportements agressifs.

### 4.2 / Motivation sociale

A l'opposé, chez la caille, Mills et Faure (1991) ont cherché à modifier la motivation sociale, l'animal à forte motivation sociale étant supposé mieux accepter la vie en groupe. Ils ont utilisé le test du tapis roulant pour évaluer la motivation sociale des animaux. Ce test consiste à placer un cailloteau au milieu d'un tapis roulant, à l'extrémité duquel est placé un groupe de congénères. Lorsque l'animal se déplace vers ses congénères, le tapis roulant est déclenché en sens inverse, et la distance parcourue par l'animal en 5 minutes est mesurée. Après 26 générations de sélection, les animaux de la lignée "sociale" (S+) parcourent une distance vers leurs congénères 24,6 fois plus élevée que les animaux de la lignée "non sociale" (S-). D'autres tests (contact visuel, distance interindividuelle en environnement nouveau) ont montré qu'il existait de réelles différences de motivation sociale entre les deux lignées et pas seulement une différence d'aptitude à la course (Mills *et al* 1994). Cependant, les animaux de la lignée S+ se montrent plus sensibles aux stress sociaux et, avec l'âge, leurs interactions sociales deviennent plus fréquemment agressives que chez les S-. En revanche, un événement de type anxiogène, comme l'introduction d'un objet nouveau dans la cage, induit des réactions similaires dans les deux lignées. Une hypothèse avancée pour expliquer la divergence entre les deux lignées serait une plus grande sensibilité des S+ à l'empreinte, l'empreinte étant la mise en place

d'un lien social irréversible, conditionnant en particulier les préférences sexuelles ultérieures, au cours d'une période très limitée, dite période sensible, située au début de la vie de l'animal (Faure *et al* 2003).

### 4.3 / Picage

Le cannibalisme ou le picage, comportement consistant à donner des coups de bec, voire à arracher les plumes des congénères, ont également fait l'objet de nombreuses études, car ils peuvent entraîner de très lourdes pertes en élevage. Cependant, si les comparaisons de lignées montrant des différences de fréquence du phénomène sont nombreuses (cf. revues de Jones et Hocking 1999, Chapuis *et al* 2000), peu d'études génétiques ont été réalisées, en raison de la lourdeur de la mesure (Cuthbertson 1980, Kjaer et Sorensen 1997, cf. tableau 1). Kjaer et Sorensen (1997) ont pratiqué une expérience de sélection basée sur le nombre de coups de bec donnés aux congénères, au cours de périodes d'observation de 2h30. Après 3 générations de sélection divergente, la lignée haute présente 7,2 fois plus de séquences de picage que la lignée basse et 75 % des poules présentent un comportement de picage, contre 49 % dans la lignée basse. La lourdeur des mesures limite néanmoins cette approche au plan expérimental. L'observation des conséquences du picage comme l'état d'emplumement, qui présente une héritabilité modérée (0,22 ; Kjaer *et al* 1997) semble plus facile à réaliser sur un grand nombre d'animaux.

Des critères indirects, moins précis mais plus faciles à mesurer sur un grand nombre d'animaux ont aussi été testés dans des expériences de sélection. Ainsi, Craig et Muir (1993, 1996a) ont cherché à améliorer l'adaptation des poules pondeuses à la vie en cages multiples. Pour cela, ils ont placé des sœurs en cages de 9 animaux et les ont sélectionnées sur les performances moyennes de ponte et sur la mortalité, essentiellement due au cannibalisme. La lignée témoin était sélectionnée sur les performances de ponte et la mortalité mesurées en cage individuelle (Muir 1996). Outre l'amélioration sensible des caractères de ponte et de survie (Craig *et al* 1982), la lignée sélectionnée est généralement moins agressive que la lignée témoin, la mortalité par cannibalisme réduite des 2/3 et le score d'emplumement - note de 0 à 9 proportionnelle à la surface couverte par les plumes sur une zone donnée du corps - 1,6 fois plus élevé (Craig et Muir 1996a, 1996b). Une lignée sélectionnée directement sur le nombre de jours-poule sans blessure due au picage, selon la même procédure, a permis une amélioration de 12,7 jours en 2 générations (Craig et Muir 1993).

Enfin, Bessei (1995, 1999) a utilisé un dispositif alternatif, le picomètre, qui consiste à enregistrer automatiquement le nombre de coups de bec donnés par l'animal à un plumage placé devant sa cage individuelle. La force du coup de bec permet de distinguer le picage doux du picage vigoureux. Une expé-

rience de sélection divergente sur ce caractère a abouti à une divergence de ce critère de 74 % pour le picage vigoureux et 90 % pour le picage doux. En revanche, les différences de picage observé au sol et en groupe sont seulement de 28 % pour le picage vigoureux et de 3 % pour le picage doux. Les corrélations phénotypiques estimées entre les observations de picage au sol et les coups de bec enregistrés en cage avec le picomètre sont faibles, sauf pour la corrélation phénotypique entre picage vigoureux au sol et picage vigoureux au picomètre dans la lignée à fort picage au picomètre (+0,82). De même, Chapuis *et al* (2003) ont réalisé une expérience de sélection divergente grâce au picomètre sur des poulets label adultes, placés en cages individuelles. Après 3 générations de sélection, les deux lignées se distinguent bien au picomètre. Ces différences ne se retrouvent cependant pas chez l'animal en croissance élevé en groupe et au sol. L'importance des interactions entre génotype et environnement – puisqu'on mesure ici un comportement social sur un animal isolé – limite donc l'efficacité de ce type de sélection pour réduire le picage.

**On peut chercher à diminuer la sensibilité au stress. Des critères comportementaux et physiologiques existent, mais leur interprétation est délicate car la réaction de l'animal peut être liée à la nature du stress appliqué.**

## 5 / Peur et sensibilité au stress

L'homme a toujours recherché des animaux qui soient peu sensibles au stress, car ils sont alors plus performants et plus faciles à élever. La forte sélection sur le poids chez le poulet de chair a fortement accentué cette tendance. Ainsi, aujourd'hui, les problèmes comportementaux liés à la sensibilité au stress (crises de panique ou d'hystérie) sont plus fréquents dans les lignées légères de type ponte. Cependant, les animaux ont toujours tendance à réagir fortement aux stimuli négatifs, d'où l'intérêt de pouvoir sélectionner les animaux dont la tendance à la peur est moins prononcée. De nombreux tests comportementaux ont été utilisés pour décrire l'état de peur de l'animal, les plus courants étant la réaction en environnement nouveau ou "open field" (enceinte circulaire et close) et la durée d'immobilité tonique. Cette réaction de peur, anti-prédateur et non apprise, est induite en plaçant un oiseau sur le dos et en le maintenant dans cette position pendant quelques secondes. Elle est traduite en langage courant par "être paralysé par la peur" ou par "faire le mort". Face à une situation donnée, la réaction comportementale de l'animal peut être très complexe, et nécessiter l'emploi de différents tests pour être correctement caractérisée. Cela est peu compatible avec les contraintes de la sélection, pour laquelle les mesures doivent être faites sur un grand nombre d'animaux. Pour pallier cet inconvénient, des critères physiologiques de stress ont donc été utilisés.

### 5.1 / Activité en open field

Dans l'optique d'obtenir un animal moins sensible au stress, Faure et Folmer (1975) puis Faure (1981) ont sélectionné des poulets sur leur activité en open field. L'animal est placé pendant 3 minutes dans le disposi-

tif. Après 3 générations de sélection, les animaux de la lignée active se déplacent 13,7 fois plus que les animaux de la lignée inactive et ont une latence avant le mouvement plus faible de 44 %. En revanche, les déjections et les cris sont plus fréquents dans la lignée active. Si cette sélection s'avère efficace, l'interprétation du caractère d'activité en open field est délicate, car il résulte à la fois d'une réaction de peur face à l'environnement nouveau, de l'activité locomotrice et du stress social de la séparation d'avec les congénères. C'est donc un caractère très général, qu'il convient de manipuler avec prudence.

### 5.2 / Durée d'immobilité tonique

Contrairement à l'activité en open field, la durée d'immobilité tonique est spécifiquement une réaction de peur. Mills et Faure (1991) ont donc retenu ce caractère comme indicateur de la sensibilité au stress dans une expérience de sélection divergente chez la caille. Après 29 générations de sélection, la lignée haute reste en immobilité tonique en moyenne 252 s (le maximum étant 300 s), la lignée basse seulement 12 s (le minimum étant 0 s). De plus, 63,4 % des animaux de la lignée haute sont toujours en immobilité tonique à la fin du test, alors que 41,3 % des animaux de la lignée basse n'entrent pas en immobilité tonique, même après 5 tentatives d'induction de la réaction. Les animaux "émotifs" sont également plus sensibles à d'autres événements anxiogènes (introduction d'un objet nouveau dans la cage), mais ne présentent pas de différence avec la lignée "non émotive" pour des stress de type sociaux (Mills *et al* 1993). Un programme de détection des gènes impliqués dans le déterminisme génétique de la durée d'immobilité tonique semble indiquer l'existence d'un gène majeur (Roussot *et al* 2001). La réaction à un objet nouveau ou la latence à consommer un aliment nouveau ont également été utilisés comme critères de peur de l'animal, et sont également héréditaires (Craig et Muir 1989).

### 5.3 / Critères physiologiques

Deux catégories d'indicateurs physiologiques sont utilisées pour décrire la réaction de stress : l'augmentation de la concentration des corticostéroïdes et la modification du système immunitaire. Le taux de corticostérone après un stress spécifique a permis de réaliser avec succès des expériences de sélection divergentes dans différentes espèces (cf. tableau 1 pour les estimations de l'héritabilité). Ainsi, chez la dinde, Brown et Nestor (1973) ont utilisé un stress thermique, plaçant les animaux âgés de 4 semaines pendant 4 heures à 4°C. Chez la caille, Satterlee et Johnson (1988) ont effectué un test de contention de 4 à 10 minutes. Enfin, chez le poulet, Gross *et al* (1984) ont appliqué un stress social, les animaux étant changés de groupe social 6 fois entre les âges de 8 et 10 semaines. Les lignées à faible sensibilité au stress ont de meilleures per-

performances de poids, d'efficacité alimentaire ou de ponte (Brown et Nestor 1973, Gross et Siegel 1985). Gross et Siegel (1985) ont également montré dans ces lignées une évolution favorable du rapport hétérophiles/Lymphocytes dans le sang et une différence de sensibilité aux infections. Les lignées résistantes au stress social sont plus sensibles aux infections bactériennes et plus résistantes aux infections virales, aux parasites et aux mycoplasmes. Cependant, la réaction observée est relativement spécifique du stress testé, et les poulets de ces deux lignées réagissent de façon similaire à divers stress non sociaux (Gross et Siegel 1985). Enfin, même si les corticoïdes sont fortement impliqués dans la réaction de stress, ils interviennent également dans d'autres voies métaboliques, ce qui peut conduire à des résultats inattendus. Ainsi, la lignée à longue durée d'immobilité tonique de Mills et Faure (1991) présente un taux de corticostérone plus faible que la lignée à faible durée d'immobilité tonique après une épreuve de contention, sans doute parce que les caillies de la lignée émotive sont inactives alors que les autres se débattent.

## Conclusion

Les nombreux travaux cités ci-dessus démontrent une forte implication de la génétique dans le déterminisme des capacités d'adaptation des espèces avicoles. Cependant, l'introduction en sélection des critères utilisés au cours des expériences reste difficile pour deux raisons. Tout d'abord, en aviculture, les conditions d'élevage et de sélection sont souvent très éloignées. Pour qu'un caractère puisse être utilisé en sélection, il faut donc qu'il s'exprime de façon cohérente dans ces deux environnements très différents. D'autre part, il est très délicat d'identifier des critères de sélection qui soient à la fois de portée générale et susceptibles d'être mesurés sur de grands effectifs. En effet, les situations susceptibles de mettre en jeu les capacités d'adaptation des animaux sont multiples et il n'est pas possible de sélectionner des lignées pour chaque type de situation. De plus, face à une situation donnée, la réaction comportementale des animaux est souvent complexe, et la décrire précisément implique la mesure de différents indicateurs, et rend délicate la mesure d'un nombre d'animaux suffisant pour la sélection.

## Références

- Barbato G.F., Cherry J.A., Siegel P.B., Van Krey H.P., 1980. Quantitative analysis of the feeding behavior of four populations of chickens. *Physiology and Behaviour*, 25, 885-891.
- Barbato G.F., Siegel P.B., Cherry J.A., 1982. Genetic analyses of gustation in the fowl. *Physiology and Behaviour*, 29, 29-33.
- Bernon D.E., Siegel P.B., 1983. Mating frequency in male Japanese quail: crosses among selected and unselected lines. *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, 25, 450-456.
- Bessei W., 1995. Genetics of feather pecking. 2nd European Poultry Breeders Roundtable, Foulum, 6-8 septembre, 73, 9-21.
- Bessei W., 1999. Measuring pecking of a bunch of feathers in individually housed hens: first results of genetic studies and feeding related reactions. *Lohmann Information*, 22, 27-31.
- Boyer J.P., Melin J.M., Bourdens P., 1973. Activity tests on young pheasants. *Annales de Génétique et de Sélection Animales*, 5, 417-418.
- Brown K.I., Nestor K.E., 1973. Some physiological responses of turkeys selected for high and low adrenal response to cold stress. *Poultry Science*, 52, 1948-1954.
- Chapuis H., Beaumont C., Faure J.M., 2000. Le picage chez les oiseaux domestiques : revue bibliographique. *Sciences et Techniques Avicoles*, 31, 5-15.
- Chapuis H., Boulay M., Retailleau J.P., Arnould C., Mignon-Grasteau S., Berri C., Coudurier B., Faure J.M., 2003. Sélection d'une souche de poulets label contre le picage : bilan après trois générations de sélection au picomètre. 5èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours.
- Commission Européenne, 2000. The welfare of chickens kept for meat production (broilers), p 149. European Commission, Health & Consumer protection directorate – general Directorate B - Scientific Health Opinion Unit B3 - Management of scientific committees II.
- Craig J.V., Muir W.M., 1989. Fearful and associated responses of caged white Leghorn hens, genetic parameters estimates. *Poultry Science*, 68, 1040-1046.
- Craig J.V., Muir W.M., 1993. Selection for reduction of beak-inflicted injuries among caged hens. *Poultry Science*, 72, 411-420.
- Craig J.V., Muir W.M., 1996a. Group selection for adaptation to multiple-hen cages: behavioral responses. *Poultry Science*, 75, 1145-1155.
- Craig J.V., Muir W.M., 1996b. Group selection for adaptation to multiple-hen cages: Beak-related mortality, feathering and body weight responses. *Poultry Science*, 75, 294-302.
- Craig J.V., Dayton A.D., Garwood V.A., Lowe P.C., 1982. Selection for egg mass in different social environments. 4. Selection response in phase I. *Poultry Science*, 61, 1786-1798.
- Craig J.V., Ortman L.L., Guhl A.M., 1965. Genetic selection for social dominance ability in chickens. *Animal Behaviour*, 13, 114-131.
- Cunningham D.L., Siegel P.B., 1978. Response to bidirectional and reverse selection for mating behavior in Japanese quail *Coturnix coturnix japonica*. *Behavioural Genetics*, 8, 387-397.
- Cuthbertson G.J., 1980. Genetic variation in feather-pecking behaviour. *British Poultry Science*, 21, 447-450.
- Dantzer R., 2001. Comment les recherches sur la biologie du bien-être animal sont-elles construites ? In : F. Burgat (ed), *Les animaux d'élevage ont-ils droit au bien-être?*, INRA, Paris, 85-104.
- Faure J.M., 1980. To adapt the environment to the bird or the bird to the environment. In : Moss R. (ed), *The laying hen and its environment*. ECSC, EEC, EAEC, Bruxelles, 19-42.
- Faure J.M., 1981. Bidirectional selection or open-field activity in young chicks. *Behavioural Genetics*, 11, 135-144.
- Faure J.M., Folmer J.C., 1975. Etude génétique de l'activité précoce en open-field du jeune poussin. *Annales de Génétique et de Sélection Animales*, 7, 123-132.
- Faure J.M., Bessei W., Jones R.B., 2003. Breeding strategies and objectives. 13. Direct selection for improvement of animal well-being. In : W.M. Muir and S.E. Aggrey (eds), *Poultry breeding and biotechnology*, CAB International, Wallingford [sous presse].
- Gerken M., Petersen J., 1992. Direct and correlated responses to bidirectional selection for dustbathing activity in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Behavioural Genetics*, 22, 601-612.
- Gross W.B., Siegel P.B., 1985. Selective breeding of chickens for corticosterone response to social stress. *Poultry Science*, 64, 2230-2233.
- Gross W.B., Dunnington E.A., Siegel P.B., 1984. Environmental effects on the well-being of chickens from lines selected for responses to social strife. *Archiv für Geflügelkunde*, 48, 3-7.

- Guémené D., Kansaky N., Zadworny D., 2001. L'expression du comportement d'incubation chez la dinde et sa maîtrise en élevage. *INRA Productions Animales*, 14, 147-160.
- Guhl A.M., Craig J.V., Mueller C.D., 1960. Selective breeding for aggressiveness in chickens. *Poultry Science*, 39, 970-980.
- Hale E.B., 1969. Domestication and the evolution of behaviour. In: Hafez E.S.E. (ed.) *The behaviour of domestic animals*, Baillière, Tindall et Cassell, Londres, 22-42.
- Heil G., Simianer H., Dempfle L., 1990. Genetic and phenotypic variation in prelaying behaviour of Leghorn hens kept in single cages. *Poultry Science*, 69, 1231-1235.
- Hurnik J.F., Jerome F.N., McMillan I., 1977. Hereditary effects of natural colour preferences in domestic chickens. *Biology of Behaviour*, 2, 203-212.
- Jones R.B., Hocking P.M., 1999. Genetic selection for poultry behaviour: big bad wolf or friend in need? *Animal Welfare*, 8, 343-359.
- Kjaer J.B., Mench, J.A., 2003. Problems and issues associated with poultry breeding. 5. Behavior problems associated with selection for increased production. In : W.M. Muir and S.E. Aggrey (eds), *Poultry breeding and biotechnology*, CAB International, Wallingford [sous presse].
- Kjaer J.B., Sørensen P., 1997. Feather pecking behaviour in white leghorns: a genetic study. *British Poultry Science*, 38, 333-341.
- Kjaer J.B., Sørensen P., Su G., 2001. Divergent selection on feather pecking behaviour in laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 71, 229-239.
- Kovach J., 1990. Non-specific imprintability of quail to colors, response to artificial selection. *Behavioural Genetics*, 20, 91-96.
- Kovach J.K., Wilson G., 1988. Genetics of color preferences in quail chicks: major genes and variable buffering by background genotype. *Behavioural Genetics*, 18, 645-661.
- Melin J.M., Damange J.P., 2001. Capacité et caractères prédictifs de couvaïson chez le faisán (*Phasianus colchicus*) élevé en captivité. *Game and Wildlife Science*, 18, 363-374.
- Mills A., Faure J.M., 1991. Divergent selection for duration of tonic immobility and social reinstatement behaviour in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) chicks. *Journal of Comparative Psychology*, 105, 25-38.
- Mills A., Wood-Gush D.G.M., Hughes B.O., 1985. Genetic analysis of strain differences in pre-laying behaviour in battery cages. *British Poultry Science*, 26, 187-197.
- Mills A.D., Launay F., Jones R.B., Faure J.M., Williams J., Turro I., 1993. Behavioural and physiological consequences of divergent selection for tonic immobility and social reinstatement behaviour in Japanese quail. 4th European Symposium on Poultry Welfare, Edinburgh, 18-21 septembre, 268-269.
- Mills A., Launay F., Turro I., Jones R.B., Williams J.B., Faure J.M., 1994. Sélection divergente sur la peur et la sociabilité chez la caille japonaise *Coturnix japonica*. Réponses et conséquences. In : M. Picard, P.H. Porter, J.P. Signoret (eds), *Comportement et bien-être animal*, INRA, Paris, 127-139.
- Mueller C.D., 1952. A comparison of commercial inbred-hybrids chickens and first generation crossbreds from non-inbred stock. *Poultry Science*, 31, 166-170.
- Muir W.M., 1996. Group selection for adaptation to multiple-hen cages: selection program and direct responses. *Poultry Science*, 75, 447-458.
- Picard M., Gabarrou J.F., Geraert P.A., François N., 1995. Efficacité alimentaire et appétit : changement de rythme. 1ères journées de la Recherche Avicole, Angers, 28-30 mars, 317-319.
- Rose K.M., Wodzicka-Tomaszewska M., Cummin R.B., 1984. Agonistic behaviour, response to novel object and some aspects of maintenance behaviour in feral-strain and domestic chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, 13, 283-294.
- Roussot O., Pitel F., Vignal A., Faure J.M., Mills A., Guémené D., Leterrier C., Mignon-Grasteau S., Le Roy P., Beaumont C., 2001. QTL mapping for emotionality in quails. *British Poultry Science*, 42, 28-29.
- Saeki Y., 1957. Inheritance of broodiness in Japanese Nagoya fowl with special reference to sex-linkage and notice in breeding practice. *Poultry Science*, 36, 378-383.
- Satterlee D.G., Johnson W.A., 1988. Selection of Japanese quail for contrasting blood corticosterone response to immobilization. *Poultry Science*, 67, 25-32.
- Sefton A.E., Siegel P.B., 1975. Selection for mating ability in Japanese quail. *Poultry Science*, 54, 788-795.
- Siegel P.B., 1965. Genetics of behavior, selection for mating ability in chickens. *Genetics*, 52, 1269-1277.
- Wood-Gush D.G.M., 1972. Strain differences in response to sub-optimal stimuli in the fowl. *Animal Behaviour*, 20, 72-76.

## Abstract

### *Genetics and adaptation: situation in poultry.*

Numerous studies have been conducted on bird's adaptability, which has been modified by domestication and artificial selection. Those studies include between lines comparisons, genetic parameters estimations and selection experiments. These studies deal with many different behaviours, as sexual or social behaviour, feeding or stress susceptibility. These behaviours are linked to the adaptability of animals and are generally heritable, and thus susceptible to be modified by selection. Many selection experiments have confirmed this theoretical possibility, but their aim has changed with the context of poultry production. The first goal of

these experiments was to adapt the animal to a given environment, e.g. by decreasing the frequency of stereotypic behaviour in laying hens in cages. However, with the diversification of poultry production, the best animal is not anymore adapted to a given environment, but rather the animal which is adaptable to a wide range of environments. The most recent studies thus deal with more general traits, such as social motivation, low fear reactions or the absence of abnormal behaviours as feather pecking.

MIGNON-GRASTEAU S., FAURE J.M., 2002. Génétique et adaptation : le point des connaissances chez les volailles. *INRA Prod. Anim.*, 15, 357-364.