

GENETIQUE, COMPORTEMENT ET BIEN-ETRE : AVANCEES ET PERSPECTIVES POUR LA SELECTION AVICOLE

Mignon-Grasteau Sandrine¹, Calandreau Ludovic², Guettier Elodie¹, Warin Laura³

¹*BOA, INRA, Université de Tours, 37380 Nouzilly, France*

²*PRC, CNRS, IFCE, INRA, Université de Tours, 37380 Nouzilly, France*

³*ITAVI, UMR BOA, BPI, F-37380 Nouzilly, France*

sandrine.grasteau@inra.fr

RÉSUMÉ

Les recherches sur la génétique des comportements en aviculture ont longtemps poursuivi un double objectif. Il fallait tout d'abord adapter l'animal à son environnement, au moment où les conditions d'élevage devenaient standardisées et optimisées afin de maximiser la production. Les travaux dans ce cadre ont notamment porté sur la génétique des comportements sociaux et de peur, afin que les animaux soient capables de vivre en groupes de grande taille et pour éviter les comportements de picage, en particulier chez les poules pondeuses. Un second objectif était de contrebalancer les effets négatifs sur le bien-être de la concentration des efforts de sélection sur quelques critères de production. La croissance rapide et l'augmentation du rendement en filet des poulets de chair ont été tout particulièrement associées à des troubles tels que les boiteries ou des problèmes cardio-vasculaires. Cet objectif est toujours d'actualité avec la question de la douleur chez animaux atteints de myopathies (white striping, wooden breast).

Aujourd'hui, les systèmes d'élevage se diversifient à la fois pour faire face au changement du contexte de production mais également pour mieux intégrer les attentes de la société vis-à-vis de l'élevage. Plutôt que d'adapter l'animal à son environnement, il s'agit donc désormais d'améliorer le dialogue entre l'animal et son environnement et de rééquilibrer les rapports entre production et bien-être animal, dans un contexte de production fluctuant et moins optimisé qu'auparavant. La tolérance à la chaleur devient par exemple un critère important face au changement climatique, y compris dans les pays tempérés. En outre, l'évolution de la production vers des systèmes de plus en plus ouverts vers l'extérieur va conduire à étudier la capacité d'adaptation des oiseaux à des facteurs tels que la lumière naturelle ou leur potentiel à utiliser les parcours et les enrichissements de milieu. Emergent enfin aujourd'hui des travaux visant à prendre en compte, dans la compréhension du bien-être animal, l'ensemble de l'histoire de vie des animaux en déterminant différents types de personnalité chez les animaux.

ABSTRACT

Genetics, behaviour and welfare: advances and perspectives for selection

During a long time, researches on behavioural genetics in poultry have been focused on two objectives. A first goal was to adapt the animal to its production environment while rearing conditions became standardised and optimised. Within this frame, research studies were focused on genetics of social behaviour and fear, so that animals are able to live in large groups, especially in laying hens, to avoid feather pecking behaviour. A second goal was to counterbalance the negative effects on welfare of a selection focused on a few number of production traits. Rapid growth and increased breast meat yield in broilers have for example been associated with troubles as lameness or cardio-vascular troubles. This second goal is still topical with the question of pain in animals affected by myopathies as white striping and wooden breast.

Nowadays, production systems are diversifying to cope with changes in production context and to take into account social expectations regarding animal production. The question is thus not anymore to adapt the animal to its environment, but to improve the dialog between the animal and its environment and to restore the balance between production and welfare, in a more fluctuating and less optimal production environment than before. Tolerance to heat stress becomes for example an important criterion to be able to face global warming, even in temperate countries. Moreover, the evolution of production towards more open systems with access to open-air will increase the need of study on the potential of animals to use open-air and environmental enrichments. Finally, researchers also start to take into account the whole life of animals and their personality for a better assessment of their welfare.

INTRODUCTION

La relation homme-animal a fortement évolué en lien avec les grandes modifications de l'élevage au XX^{ème} siècle (ANSES 2018). L'élevage a en effet connu un fort développement après-guerre qui s'est traduit par une amélioration globale du statut sanitaire, l'intensification de la production et la mise en place de l'amélioration génétique des animaux principalement sur des critères de productivité. L'optimisation des conditions d'élevage à la fois à l'étage de la sélection et à l'étage de la production ont contribué à l'efficacité de la sélection, en permettant aux animaux d'exprimer leur potentiel génétique pour des caractères tels que la vitesse de croissance ou la production d'œufs. La sélection des meilleurs candidats à la reproduction a donc été particulièrement efficace et a conduit à des évolutions spectaculaires des performances des animaux (Preisinger et Flock 2000 ; Zuidhof et al. 2014). Cependant, du fait de corrélations parfois défavorables entre caractères de production et de bien-être, ces évolutions ont pu entraîner une dégradation du bien-être des animaux.

La capacité des animaux à souffrir a été le principal argument mis en avant pour justifier les devoirs des hommes envers les animaux. La réflexion philosophique sur le bien-être animal s'est donc principalement centrée, dans ses débuts, sur la limitation des souffrances. Les recherches ont donc été orientées dans un premier temps sur la compréhension des causes de souffrance et le fait de contrebalancer la dégradation du bien-être consécutive à la sélection.

Plus récemment, les travaux scientifiques ont mis en évidence chez les animaux des capacités cognitives complexes et la possibilité de ressentir des émotions (Marino, 2017). Ces compétences des animaux en termes de sensibilité et de conscience confirment le bien-fondé de ce souci moral et en accroissent la portée en l'étendant du volet négatif (minimisation des douleurs/ souffrances) à un volet positif (maximisation des plaisirs).

L'objectif de cette synthèse est donc de dresser un panorama des connaissances sur les relations entre génétique et comportement des volailles et de les resituer dans le contexte actuel de production, afin de dégager des perspectives d'amélioration du bien-être animal dans les conditions d'élevage actuelles et futures.

1. LIENS ENTRE GENETIQUE ET BIEN-ETRE ANIMAL

L'objectif des recherches sur les liens entre la sélection génétique et le bien-être animal a longtemps été focalisé sur les déterminants génétiques de comportements importants pour l'adaptation de l'animal à des conditions de vie optimisées, standardisées et intensives. De ce fait, les

comportements sociaux (e.g., agressivité entre congénères, relation avec l'homme) ou de peur (e.g. réaction face à des perturbations environnementales) ont été étudiés en priorité, car ils étaient essentiels pour que les animaux s'adaptent à la vie en grands groupes.

Du fait de l'apparition de perturbations de comportement et de bien-être dans les souches fortement sélectionnées sur les critères de production, le second objectif des recherches en génétique a consisté à chercher des moyens de compenser ces conséquences de la sélection.

1.1. Un animal bien adapté à son environnement d'élevage

a) Les comportements sociaux et de peur des oiseaux domestiques

La domestication chez les oiseaux, en particulier chez les poules et poulets, au contraire des effets souvent observés chez les mammifères ne semble pas avoir été associée à une augmentation de la sociabilité (Nicol 2015). En effet, si les poulets ou poules commerciaux présentent bien des différences de comportements sociaux avec la poule de Jungle (Schultz et al. 2001), ces différences vont dans le sens d'une plus grande agressivité chez les poules domestiques que chez leur ancêtre sauvage (Vaïsanen et al. 2005), ce qui proviendrait du fait que ces oiseaux ont été initialement domestiqués pour organiser des combats de coqs. De façon conjointe, la sélection sur des traits de production et l'intensification des conditions d'élevage semblent également avoir favorisé l'apparition de comportements agressifs, ou l'émergence d'interactions sociales néfastes au bien être des individus (Mignon-Grasteau and Faure 2002). Ainsi, la sélection des poules pondeuses sur les nombre d'œufs et la précocité de ponte a été associée à une augmentation du comportement de picage (Vaïsanen et al. 2005 ; Su et al. 2006). Bien qu'étant un comportement exploratoire redirigé et non un comportement agressif, le picage peut produire, dans sa forme la plus sévère, des effets très délétères en élevage. Su et al. (2006) ont par exemple ainsi montré qu'après 5 générations de sélection divergente sur le picage chez la poule pondeuse, la lignée fortement piqueuse présentait une qualité d'emplumement dégradée (scores de 11.6/20.0 vs. 16.9/20.0 à 29 semaines) et une ponte plus faible (65% vs. 73% à 40 semaines) par rapport à la souche faiblement piqueuse. Outre la douleur liée à l'arrachage des plumes, la présence de zones déplumées tend à augmenter les risques de cannibalisme et la mortalité. Les conséquences de la sélection sur des traits de production sur les comportements sociaux des oiseaux domestiques ont suscité de nombreuses recherches afin de comprendre les bases biologiques, génétiques

des comportements sociaux. Des expériences de sélection sur un comportement de picage atténué ou sur la motivation à rejoindre les congénères des individus ont été tentées avec succès, mais elles reposent sur des mesures très chronophages (Launay et al. 1991, Kjaer et al. 2001). Des analyses génétiques du comportement ont complété ces expériences de sélection pour démontrer l'existence d'un déterminisme génétique des comportements sociaux. Chez la poule, vingt-six régions du génome ont ainsi été associées au comportement de picage. Chez la caille, Recoquillay et al. (2013) ont également détecté des QTL reliés à la motivation sociale et ont montré que celle-ci était reliée à l'âge d'entrée en ponte. Des études récentes ont enfin permis d'identifier des gènes candidats de ces comportements, comme le gène TTRAP pour la socialité chez la poule (Johnsson et al. 2018) ou le gène PMEL17 pour le picage (Keeling et al. 2004). TTRAP est une phosphodiesterase impliquée dans la réparation de l'ADN et dont l'effet sur le comportement pourrait passer par sa capacité à protéger les neurones de la dégradation. PMEL17 joue un rôle central dans la synthèse des mélanocytes et affecte donc la couleur du plumage des animaux, elle-même liée à l'agressivité des animaux (Karlsson et al., 2011).

Un autre effet majeur de la domestication a été une forte diminution des comportements de peur, notamment vis-à-vis de l'homme (Jensen 2014). Ainsi, des études ont montré que la poule pondeuse exprimait moins de comportements de peur ou de comportements anti-prédateurs que la poule de Jungle (Schütz et al. 2001 ; Campler et al. 2009). Les comportements de peur n'ont cependant pas totalement disparu chez les oiseaux domestiques et il est largement admis que lorsque ceux-ci sont trop fréquents ou trop intenses, ils peuvent exercer un impact négatif sur le bien-être et les capacités productives des animaux en élevage. Chez la poule, un niveau de peur élevé évalué par l'intensité des réactions comportementales (agitation, cri, fuite, immobilité, ...) des animaux dans différentes situations de stress (environnement nouveau, isolement social ...) est ainsi négativement corrélé avec la ponte, la qualité de l'œuf ou la croissance (Jones 1996 ; Jones et al. 1997 ; Schütz et al. 2004). Les travaux menés sur des oiseaux domestiques ont révélé que certains comportements de peur ont une héritabilité moyenne, voire forte. Cela a été confirmé par le succès de plusieurs expériences de sélection sur différents comportements de peur comme la durée d'immobilité tonique chez la caille japonaise (Mills et Faure 1991) ou la réaction à la nouveauté chez la poule (Uitdehaag et al. 2008 ; Rozempolska-Rucinska et al. 2017). Près de 20 QTLs sont référencés dans QTL database sur différents comportements de peur chez la poule.

Il est important de souligner que la plupart des travaux présentés ci-dessus ont nécessité des mesures de comportement qui sont bien souvent chronophages et qui demandent des conditions de test standardisées, ce qui est bien souvent difficilement réalisable en condition d'élevage sur de très grands groupes d'individus. De plus, obtenir une vision complète du comportement de l'animal nécessite de réaliser différents tests, chacun lié à un comportement particulier.

Enfin, un grand nombre de ces études a reposé sur l'étude du comportement d'un individu, celui qui pique par exemple, alors que les volailles en élevage vivent en grand groupe et que les interactions sociales sont au cœur d'un dialogue entre des individus émetteurs et d'autres récepteurs. Le cannibalisme chez la poule pondeuse dépend ainsi à la fois du génotype de l'émetteur (celui qui pique) et de celui qui se fait piquer (Ellen et al. 2008). Afin de s'attaquer à ce type de problème inhérent aux interactions sociales, Muir a initié un nouveau type de stratégie de sélection basée sur la performance d'un groupe d'individus plutôt que sur celle d'un seul individu (Muir 1996). Les pères étaient sélectionnés sur la base de la mortalité et du nombre d'œufs pondus par leurs filles élevées en cages collectives de demi-sœurs. Ces travaux ont montré qu'une telle sélection permettait d'obtenir une amélioration de la ponte comparable à celle obtenue en sélectionnant les animaux en cage individuelle, tout en limitant la peur, l'agressivité et le comportement de picage (Bolhuis et al. 2009). Ainsi, une stratégie de sélection basée sur la performance d'un groupe ou tenant compte des effets sociaux offre une piste de recherche future particulièrement prometteuse (Ellen et al. 2014). Des modèles génétiques ont été développés pour permettre l'évaluation génétique des animaux en intégrant ces effets sociaux (Bijma 2014).

b) Adaptation au plein-air

Il a été démontré chez la poule pondeuse que l'utilisation du parcours différait en fonction de la souche (Kjaer et al. 1998). Ces différences sont en particulier liées à la vitesse de croissance, les poulets de chair à croissance rapide (GMQ > 40g/j) se déplaçant moins (5% vs 11% du temps) et passant davantage de temps au repos (55% vs 20-35% du temps) que les souches à croissance lente (GMQ < 25g/j), élevées en plein-air (Bokkers et Koene 2003 ; Castellini et al. 2016). Lorsque le niveau d'activité locomotrice augmente, l'utilisation du parcours est meilleure chez les volailles (Kjaer 2017). Castellini et al. (2016) ont également montré que les poulets à croissance lente passent en moyenne 60% de leur temps sur parcours contre 20% pour les poulets à croissance rapide. De plus, lorsqu'ils sont à l'extérieur, ces derniers restent plus proche des trappes que les poulets à croissance lente et exploitent donc

une proportion plus réduite du parcours (Nielsen et al. 2003 ; Castellini et al. 2016).

Certains travaux montrent de plus qu'au sein d'une même souche de poulets, il existe une très grande variabilité individuelle dans la capacité des animaux à utiliser les parcours et identifient des poulets sédentaires qui sortent peu et des poulets explorateurs qui utilisent plus fréquemment et de façon plus complète les parcours (Germain et al. 2011). L'existence d'une base génétique à la propension à utiliser les parcours a été confirmée par des études génétiques du comportement exploratoire (Chapuis et al. 2011 ; Germain et al. 2011). Chez le poulet de chair, l'héritabilité estimée est de 0,14 pour la propension à sortir et de 0,13 pour la durée des sorties (Chapuis et al. 2011). Chez la poule, l'héritabilité estimée est comprise entre 0,30 et 0,49 pour la fréquence des sorties vers un accès extérieur couvert et est comprise entre 0,21 et 0,32 pour la durée. Il semble donc possible de travailler via la sélection génétique sur une meilleure exploitation des parcours par les animaux (Icken et al. 2008). Les corrélations génétiques entre l'exploitation de cet accès extérieur et les performances des poules sont cependant défavorables (Icken et al. 2008). Il est donc important de trouver un juste équilibre entre performances de croissance, d'efficacité alimentaire ou de ponte et adaptation à l'environnement d'élevage.

1.2. Contrebalancer les effets négatifs sur le bien-être animal de la sélection sur des critères de performances

a) Troubles locomoteurs

Depuis les années 1950, la sélection a été très intense et a permis des progrès spectaculaires en portant l'essentiel de l'effort de sélection sur quelques critères de production (vitesse de croissance, développement du filet, engraissement et efficacité alimentaire des volailles de chair, ponte et efficacité alimentaire des poules pondeuses). L'EFSA (European Food Safety Authority) en 2010 indiquait que la sélection avait engendré de nombreuses modifications aux niveaux métaboliques et comportementaux de ces animaux, notamment les troubles locomoteurs ou les ascites.

Les problèmes locomoteurs des poulets de chair sont selon les cas liés à la croissance rapide et/ou au fort développement du filet et ont atteint des prévalences de 15 à 30% selon les cas (Duggan et al. 2016). Ainsi, la croissance rapide a été de pair avec l'apparition de la dyschondroplasie tibiale ou de déformations de type valgus-varus. Ces troubles ayant une héritabilité moyenne à élevée, ils ont pu être introduits dans les schémas de sélection afin d'en diminuer la fréquence (Arnould et al. 2011 ; Duggan et al. 2016).

Les poulets lourds et à fort développement de filet ont également une qualité de marche altérée, notamment du fait du déplacement vers l'avant de leur centre de

gravité (Nielsen et al. 2003 ; Duggan et al. 2016). Chez le canard et le poulet de 7 semaines par exemple, ces auteurs ont constaté que les animaux lourds marchaient 1.3 à 1.4 fois moins vite et faisaient des pas 4 à 9 fois plus courts que les animaux légers. L'évaluation de la qualité de la marche est cependant plus complexe car les outils permettant une évaluation reproductible sont encore très coûteux. L'héritabilité de la qualité de la marche est donc relativement faible et les corrélations avec le poids ou le rendement en filet très variables d'une lignée à l'autre, ce qui complique son utilisation comme critère de sélection (Duggan et al. 2017). Enfin, la plus grande inactivité des poulets à croissance rapide les conduit à un contact plus important avec la litière, ce qui entraîne plus fréquemment des dermatites de contact.

b) Troubles métaboliques et cardio-vasculaires

La sélection sur les performances de croissance s'est également accompagnée de l'apparition de troubles métaboliques qui affectent le bien-être animal tels que les ascites, qui proviennent d'un déséquilibre entre les organes sources d'oxygène (cœurs, poumons) et les organes consommateurs (muscles pectoraux, Collins et al. 2014). Ce caractère héritable a pu être contre-sélectionné et de récents travaux suggèrent qu'il pourrait dépendre de gènes candidats impliqués dans la myogenèse (Lubritz et al. 1995 ; Tarrant et al. 2017). Plus récemment, la sélection de souches lourdes et à fort pourcentage de filet s'est accompagnée de l'apparition de myopathies dégénératives telles que le « white striping » et le « wooden breast » dont on peut supposer qu'elles génèrent de la douleur chez les animaux atteints (Berri 2015). Alnahhas et al. (2016) ont montré que le white striping était fortement héritable et très corrélé au pourcentage de filet.

2. REPOSITIONNEMENT DES QUESTIONS DANS LE CONTEXTE ACTUEL

L'élevage est aujourd'hui au cœur d'une controverse qui met en question sa légitimité, le statut de l'animal dans notre société, et plus globalement notre rapport à la nature. L'utilisation d'approches participatives, par exemple au travers d'enquêtes comme dans le projet CASDAR ACCEPT ont permis d'identifier la perception par différents acteurs de la société de l'activité d'élevage (Delanoue et al. 2018). Les résultats montrent que, si l'environnement est longtemps apparu comme la préoccupation centrale de nos concitoyens, les questions de bien-être animal, et plus globalement d'éthique animale, sont aujourd'hui au cœur des débats.

Les systèmes d'élevage se diversifient pour mieux s'adapter à ces demandes. Il ne s'agit donc plus comme précédemment d'adapter l'animal à un

environnement donné, mais d'améliorer le dialogue entre l'animal et son environnement et de rééquilibrer les rapports entre capacité productive et bien-être animal afin de permettre une production en quantité et en qualité suffisantes, dans le respect du bien-être animal, dans des conditions de production plus fluctuantes, moins standardisées et moins optimisées qu'auparavant. La grande diversité des génotypes existants et la sélection pour ces objectifs dans ces nouveaux systèmes d'élevage sont des leviers à mettre en œuvre pour réduire le conflit entre bien-être et productivité (Dawkins et Layton 2012).

2.1. Adaptation au changement global

Le changement global va affecter la production des volailles principalement au travers du réchauffement climatique et de la compétition entre homme et animal pour l'accès aux ressources. Il sera nécessaire pour maintenir le bien-être d'avoir des animaux qui soient capables de s'adapter à des conditions alimentaires plus difficiles et plus hétérogènes. S'il a été montré que pour les génotypes à croissance modérée ou lente, la sélection pouvait être un outil efficace dans ce but, les marges de manœuvre restent à évaluer pour les animaux à croissance plus rapide.

Les animaux devront être également plus tolérants à la chaleur pour faire face à une température moyenne plus élevée, mais également à des pics de chaleur plus fréquents. Or, les génotypes à croissance rapide sont particulièrement sensibles à la chaleur, puisqu'ils produisent beaucoup de chaleur mais ont plus de mal à l'évacuer, en particulier quand la densité d'élevage est élevée (Arnould et al. 2011). Certains gènes réduisant l'emplumement comme les gènes *cou nu* ou *frisé* permettent de maintenir les performances de croissance et de reproduction des animaux exposés à la chaleur (Lin et al. 2006 ; Sharifi et al. 2010).

Sélectionner directement la tolérance à la chaleur est en revanche plus complexe car la mesure de la température rectale de l'animal s'avère peu répétable et peu pratique à utiliser pour la sélection. En revanche, Loyau et al. (2016) ont montré que la capacité des animaux à dissiper la chaleur, estimée par thermographie au niveau des pattes pouvait être suffisamment répétable et héritable pour être utilisée en sélection. La sélection génomique pourra également favoriser l'adaptation à la chaleur des animaux, des analyses récentes ayant identifié des zones du génome liées à l'oxygénation du sang pendant le stress thermique chez la poule pondeuse (van Goor et al. 2016). Enfin, le développement de biomarqueurs est une autre piste à explorer. Dans une étude du métabolome, Wang et al. (2018) ont ainsi montré une différence dans l'équilibre acido-basique du sang pendant un stress thermique entre une souche adaptée à la chaleur et une souche commerciale.

2.2. Vers des systèmes plus ouverts vers l'extérieur et la recherche de comportements positifs

Dans le cadre du projet ACCEPT, il a été mis en évidence que l'attente principale de beaucoup de citoyens-consommateurs non issus du milieu agricole concerne l'accès au plein air (Dockès et al. 2017).

Cela implique d'orienter les recherches vers des systèmes de production plus ouverts, qui permettent aux animaux d'exprimer des comportements positifs (par exemple, l'exploration de l'environnement, le toilettage...). Plusieurs stratégies sont possibles et certains de nos voisins européens se sont déjà orientés vers la voie de l'amélioration du bien-être animal en avançant politiquement (tables rondes, lobbying), économiquement et sur les pratiques de commercialisation (création de labels bien-être officiels et privés notamment).

Dans plusieurs pays d'Europe du Nord, des cahiers des charges intègrent déjà certaines des attentes sociétales pour l'élevage de poulet de chair avec par exemple des densités plus faibles ou l'apport de matériaux d'enrichissement et de lumière naturelle.

L'éclairage grâce à la lumière du jour peut paraître une solution idéale pour régler les problèmes d'éclairage des bâtiments. Cependant, dans la plupart des systèmes, un complément par éclairage artificiel est essentiel pour maintenir la production (Prescott et al. 2003). Un des points clés concerne également la génétique puisque l'accent est mis sur le choix de souches à croissance plus lente pour pallier les problèmes cités précédemment, et également pour que celles-ci soient capables d'évoluer correctement dans un milieu plus riche et stimulant que celui proposé jusqu'à présent. Certains cahiers des charges imposent également l'accès à un espace extérieur via des jardins d'hiver ou des parcours plus ou moins vastes (par exemple avec le label bien-être « Beter Leven » aux Pays-Bas). Ces démarches rencontrent un franc succès puisqu'en Allemagne, Initiative Tierwohl, qui permet aux éleveurs de mettre en œuvre des mesures pour le bien-être, comptabilise à ce jour 69% des poulets produits tandis que le label Kip van morgen qui repose fortement sur des critères de bien-être (plus d'espace pour les animaux, accès à la lumière naturelle, enrichissements de milieu) a presque totalement remplacé le poulet standard dans les rayons frais des supermarchés aux Pays-Bas.

Il en va de même avec la filière pondeuse pour laquelle les modes d'élevage ont considérablement évolué ces dernières années. La part des cages a baissé significativement à l'échelle de l'UE entre 2003 et 2017 (80 % et 57% des poules en cage, respectivement). La transition des systèmes d'élevages est amenée aujourd'hui à s'accélérer en France, dans un contexte où la plupart des acteurs de l'aval ont pris l'engagement de ne plus s'approvisionner en œufs issus de cage d'ici 2020 à

2025. D'après les données 2016 de la DGAL, ce sont donc 750 bâtiments de poules pondeuses en cages qui devront être transformés ou remplacés dans les prochaines années. Par conséquent, les animaux devront être capables d'évoluer dans des systèmes ouverts plus complexes. Les développements technologiques vont faciliter la mesure de la capacité des animaux à s'adapter à ces nouveaux environnements et donc leur sélection. Kjaer (2017) ont ainsi utilisé des transpondeurs (sur les poules) et des antennes au sol de la cellule d'élevage pour sélectionner des animaux sur leur activité locomotrice. De même, en plaçant des capteurs sur les trappes de sortie des bâtiments et autour du parcours de poulets label, Chapuis et al. (2011) ont montré qu'il était possible de sélectionner les animaux sur la fréquence de sortie sur le parcours ou la durée des sorties. La capacité des animaux à résister aux pathogènes sera également un point critique dans ces systèmes ouverts, car les animaux y seront plus exposés qu'en système clos, alors même que la demande de la société pour une diminution notable des intrants médicamenteux devient de plus en plus forte.

En plus de ces évolutions structurelles, la pratique de l'époinçage est remise en cause en Europe et ne sera, à terme, plus pratiquée. Pour limiter les soucis de picage sévère liés au non-époinçage, les enrichissements de milieu semblent constituer un levier efficace. Cependant, ces enrichissements ne sont utiles que si les animaux les utilisent et explorent correctement leur environnement. La génétique doit contribuer à l'adaptation des animaux à ces évolutions en favorisant l'expression d'un panel plus développé de comportements positifs dans ces environnements

plus stimulants, sans que cela ne se fasse au détriment des performances zootechniques.

Afin de s'assurer que le bien-être des animaux dans leur milieu est satisfaisant, il faut disposer d'outils simples et pertinents pour l'évaluer. C'est ainsi que l'ITAVI et les filières avicoles ont co-construit la grille d'évaluation du bien-être EBENE, en consultant les ONG et les scientifiques. Cette adéquation entre l'animal et son environnement pourra ultérieurement être évaluée plus finement grâce aux nouvelles technologies (analyse d'images, analyse de sons...). Enfin, un champ récent d'investigation montre l'intérêt de prendre en compte la personnalité des animaux pour la sélection. En effet, Rozemploska-Runcinska et al. (2018) ont montré chez la poule pondeuse que la corrélation génétique entre les caractères de production d'œufs et le comportement dans un test d'objet nouveau étaient très différentes selon que les animaux sont classés comme peureux ou curieux à un test d'objet nouveau (-0.37 à -0.30 chez les animaux peureux vs. 0.07 à 0.16 chez les animaux curieux). Ce tempérament implique une évaluation multi-dimensionnelle de l'animal à la fois qualitative et quantitative (Koolhass et Van Reenen 2016). Il implique également qu'on peut atteindre un état de bien-être par différents chemins et que des animaux ayant des réactions différentes à des situations données peuvent être équivalents en termes de bien-être. Pour être à même d'évaluer réellement l'état de bien-être des animaux, il sera donc indispensable de réaliser des évaluations multi-critères du bien-être dans différentes situations et de la capacité de l'animal à revenir à un état stable après une perturbation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alnahhas N., Berri C., Chabault M., Chartrin P., Boulay M., Bourin M.C., Le Bihan-Duval E., 2016. BMC Genet., (17), 61.
- ANSES, 2018. Saisine n°2016-SA-0288.
- Arnoult C., Michel V., Le Bihan-Duval E., 2011. INRA Prod. Anim., (24), 165-170
- Berri C., 2015. INRA Prod. Anim. (28), 115-118.
- Bijma P., 2014. Heredity, (112), 61-69.
- Bokkers E.A.M., Koene P., 2003. Behav. Proc., (67), 121-130.
- Bolhuis J.E., Ellen E.D., Van Reenen C.G., De Groot J., Napel J.T., Koopmanschap R.E., De Vries Reilingh G., Uitdehaag K.A., Kemp B., Rodenburg T.B., 2009. Physiol. Behav., (97), 470-475.
- Campler M., Jöngren M., Jensen P., 2009. Behav. Proc., (81), 39-43.
- Castellini C., Mugnai C., Moscati L., Mattioli S., Amato M.G., Mancinelli A.C., Dal Bosco A., 2016. It. J. Anim. Sci., (15), 37-46.
- Chapuis H., Baudron J., Germain K., Pouget R., Blanc L., Juin H., Guémené D., 2011. 9^{èmes} J. Rech. Avic., Tours, 29 et 30 mars 2011.
- Collins K.E., Kiepper B.H., Ritz C.W., McLendon B.L., Wilson J.L., 2014. Poult. Sci., (93), 2953-2962.

- Dawkins M.S., Layton R., 2012. *Anim. Welf.*, (21), 147-155.
- Delanoue E., Dockès A.C., Chouteau A., Roguet C., Philibert A., 2018. *INRA Prod. Anim.*, (31), 51-68.
- Dockès A.C., Delanoue E., Chouteau A., Philibert A., Magdelaine P., Roguet C., 2017. 12^{èmes} J. Rech. Avic. Palm. Foie Gras, Tours, 5-6 avril 2017.
- Duggan B.M., Hocking P.M., Clements D.N., 2016. *Biol. Open*, (5), 1077-1085.
- Duggan B.M., Rae A.M., Clements D.N., Hocking P.M., 2017. *Genet. Sel. Evol.*, (49), 42.
- EFSA Panel on animal health and welfare, 2010. *EFSA J.*, (8), 1666.
- Ellen E.D., Visscher J., van Arendonk J.A., Bijma P., 2008. *Poult. Sci.*, (87), 233-239.
- Ellen E.D., Rodenburg T.B., Albers G.A., Bolhuis J.E., Camerlink I., Duijvesteijn N., Knol E.F., Muir W.M., Peeters K., Reimert I., Sell-Kubiak E., van Arendonk J.A., Visscher J., Bijma P., 2014. *Front Genet.*, (5), 377.
- Germain K., Parou P., Chapuis H., Pouget R., Juin H., Guémené D., Leterrier C., 2011. 9^{èmes} J. Rech. Avic., Tours, 29 et 30 mars 2011.
- Icken W., Caverio D., Schmutz M., Thurner S., Wendl G., Preisinger R., 2008. *Br. Poult. Sci.*, (49), 533-541.
- Jensen P., 2014. *Ann. Rev. Anim. Biosci.*, (2), 85-104.
- Johnsson M., Henriksen R., Fogelholm J., Höglund A., Jensen P., Wright D., 2018. *Genetics*, (209), 209-221.
- Jones R.B., 1996. *World Poult. Sci. J.*, (52), 131-174.
- Jones R.B., Satterlee D.G., Marks H.L., 1997. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, (52), 87-97.
- Karlsson A.C., Mormède P., Kerje S., Jensen P., 2011. *Behav. Genet.*, (41), 312-322.
- Keeling L., Andersson L., Schütz K.E., Kerje S., Fredriksson R., Carlborg O., Cornwallis C.K., Pizzari T., Jensen P., 2004. *Nature*, (431), 645-646.
- Kjaer J.B., Isaksen P.K., 1998. 32nd Cong. Int. Soc. Appl. Ethol., Clermont-Ferrand, 21 au 25 juillet 1998.
- Kjaer J.B., Sørensen P., Su G., 2001. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, (71), 229-239.
- Kjaer J.B., 2017. *Plos One* (12), e0182103.
- Koolhaas J.M., Van Reenen C.G., 2016. *J. Anim. Sci.*, (94), 2284-2296.
- Launay F., Mills A.D., Faure J.M., 1993. *Behav. Proc.*, (24), 95-110.
- Lay D.C., Fulton R.M., Hester P.Y., Karcher D.M., Kjaer J.B., Mench J.A., Mullens B.A., Newberry R.C., Nicol C.J., O'Sullivan N.P., 2011. *Poult. Sci.*, (90), 278-294.
- Lin H., Jiao H.C., Buyse J., Decuypere E., 2006. *W. Poult. Sci. J.*, (62), 71-86.
- Loyau T., Zerjal T., Rodenburg T.B., Fablet J., Tixier-Boichard M., Pinard-van der Laan M.H., Mignon-Grasteau S., 2016. *Animal*, (10), 1594-1601.
- Lubritz D.L., Smith J.L., MacPherson B.N., 1995. *Poult. Sci.*, (74), 1237-1241.
- Marino L., 2017. *Anim. Cognition*, (20), 127-147.
- Mignon-Grasteau S., Faure J.M., 2002. *INRA Prod. Anim.*, (15), 357-364.
- Mills A.D., Faure J.M., 1991. *J. Comp. Psychol.*, (105), 25-38.
- Muir W.M., 1996. *Poult. Sci.* (75), 447-458.
- Nicol C.J., 2015. *The behavioural biology of chicken* (C.J. Nicol edit.) CABI, Wallingford.
- Nielsen B.L., Thomsen M.G., Sorensen P., Young J.F., 2003. *Br. Poult. Sci.*, (44), 161-169.
- Preisinger R., Flock D., 2000. *BSAP Occasional Publication*, (27), 20-28.
- Prescott N.B., Wathes C.M., Jarvis J.R., 2003. *Anim. Welf.*, (12), 269-288.
- Recoquillay J., Leterrier C., Calandreau L., Bertin A., Pitel F., Gourichon D., Vignal A., Beaumont C., Le Bihan-Duval E., Arnould C., 2013. *PLoS One*, (8), e82157.
- Rozempolska-Rucinska I., Kibala L., Prochniak T., Zieba G., Lukaszewicz M., 2017. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, (193), 73-76.
- Rozempolska-Rucinska I., Zieba G., Kibala L., Prochniak T., Lukaszewicz M., 2018. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, (30), 1674-1678.
- Schütz K.E., Forkman B., Jensen P., 2001. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, (74), 1-14.
- Schütz K.E., Kerje S., Jacobsson L., Forkman B., Carlborg O., Andersson L., Jensen P., 2004. *Behav. Genet.*, (34), 121-130.
- Scott M.L., 1997. *Poult. Sci.*, (58), 108-115.
- Sharifi A.R., Horst P., Simianer H., 2010. *Poult. Sci.*, (89), 1360-1371.

- Su G., Kjaer J.B., Sorensen P., 2006. Poult. Sci., (85), 191-197.
- Tallentire C.W., Leinonen I., Kyriazakis I., 2018. Sci. Rep., (8), 1168.
- Tarrant K.J., Dey S., Kinney R., Anthony N.B., Rhoads D.D., 2017. Poult. Sci., (96), 1544-1552.
- Uitdehaag K.A., Rodenburg T.B., Komen H., Kemp B., van Arendonk J.A.M., 2008. Poult. Sci., (87), 2486–2492.
- Van Goor A., Ashwell C.M., Persia M.E., Rothschild M.F., Schmidt C.J., Lamont S.J., 2016. BMC Genomics, (17), 287.
- Väisänen J., Lindqvist C., Jensen P., 2005. Br. Poult. Sci., (46), 156-158.
- Wang Y., Saelo P., Chanthavixay K., Gallardo R., Bunn D., Lamont S.J., Dekkers J., Kelly T., Zhou H., 2018. Poult. Sci., (97), 770-780.
- Zuidhof M.J., Schneider B.L., Carney V.L., Korver D.R., Robinson F.E., 2014. Poult. Sci., (93), 2970-2982.