

SELECTIONNER SUR LE COMPORTEMENT AU NID POUR AMELIORER LA PRODUCTION D'ŒUFS DES POULES EN SYSTEMES ALTERNATIFS A LA CAGE

Bécot Lorry^{1,2}, Bédère Nicolas¹, Coton Jenna², Burlot Thierry², Le Roy Pascale¹

¹PEGASE, INRAE, Institut Agro, 16 Le Clos 35590 SAINT-GILLES,

²NOVOGEN, 5 rue des Compagnons 22960 PLEDRAN

lorry.becot@inrae.fr

RÉSUMÉ

Dans l'UE, la majorité des poules pondeuses sont désormais élevées dans des systèmes alternatifs à la cage (sol, plein air et biologique). Dans ces systèmes, les poules doivent pondre dans des nids car les œufs pondus hors-nid sont généralement déclassés, entraînant une perte de revenus pour l'éleveur. L'objectif de cette étude est d'identifier de potentiels critères de sélection sur le comportement de ponte au nid, afin d'améliorer l'intensité de ponte dans le nid (IPN). Les poules ont été élevées dans des parcs au sol. Le comportement de ponte au nid a été enregistré en continu, entre 24 et 64 semaines d'âge, avec des nids électroniques individuels utilisant l'identification par radiofréquence. IPN a alors pu être calculée pour chaque poule, ainsi que le rythme de ponte (nombre de séries de ponte, heure de ponte moyenne et logarithme de la variance de l'heure de ponte), la durée de ponte moyenne (temps moyen passé au nid pour pondre), la distance moyenne séparant les nids de ponte et l'utilisation des nids pour la ponte. Les paramètres génétiques (héritabilités et corrélations génétiques) de tous ces caractères ont été estimés pour 927 Rhode Island Red (RIR) et 980 White Leghorn (WL), avec un modèle animal. L'héritabilité de IPN était de 0,16 et 0,23 pour les lignées RIR et WL respectivement. Pour les deux lignées, les caractères de rythme de ponte se sont révélés plus fortement héréditaires (entre 0,36 et 0,65) et génétiquement très corrélés à IPN (entre -0,77 et -0,49), à l'exception de l'heure de ponte moyenne pour RIR (-0,06). Des héritabilités de 0,55 et 0,68, de 0,31 et 0,38 et de 0,20 et 0,17 ont été estimées pour, respectivement, la durée de ponte moyenne, la distance moyenne séparant les nids de ponte et l'utilisation des nids. Aucune corrélation génétique défavorable n'a été estimée entre ces caractères et IPN. Sélectionner sur le rythme de ponte afin d'améliorer plus rapidement IPN, tout en optimisant l'occupation des nids, pourrait donc être une stratégie intéressante pour réduire la ponte hors-nid. Les relations avec les qualités de l'œuf doivent être étudiées avant d'intégrer ces nouveaux caractères dans le schéma de sélection.

ABSTRACT

Select on nesting behavior to improve egg production for hens in cage-free systems

In the EU, the majority of laying hens are now raised in cage-free systems (barn, free-range, and organic). In these systems, hens must lay in nests because eggs laid off-nest are usually downgraded, resulting in a loss of income for the farmer. This study aims to identify potential selection criteria on nesting behavior, to improve the laying rate in the nests (LRN). Hens were raised in floor pens. The nesting behavior was recorded continuously, between 24 and 64 weeks of age, with individual electronic nests using radio-frequency identification. LRN was then calculated for each hen, as well as the laying rhythm (clutch number, mean oviposition time, and logarithm of the variance of oviposition time), the mean laying duration (mean time spent in the nests for laying), the mean distance between nests of laying, and the nest acceptance for laying. Genetic parameters (heritability and genetic correlations) for traits were estimated for 927 Rhode Island Red (RIR) and 980 White Leghorn (WL), with an animal model. Heritability estimates of LRN were 0.16 and 0.23 for the RIR and WL lines, respectively. For both lines, laying rhythm traits were more highly heritable (between 0.36 and 0.65) and genetically highly correlated with LRN (between -0.77 and -0.49), except for the mean oviposition time in RIR (-0.06). Heritability estimates from 0.55 and 0.68, 0.31 and 0.38, and 0.20 and 0.17 were reported for, respectively, the mean laying duration, the mean distance between nests of laying, and the nest acceptance for laying. No unfavorable genetic correlation was estimated between these traits and LRN. Selecting for the laying rhythm to improve LRN, while optimizing the occupation rate of the nests, could therefore be an interesting strategy to reduce the off-nest laying. Relationships with the egg qualities must be studied before incorporating these new traits into the breeding programs.

INTRODUCTION

Dans l'UE, 52 % des poules pondeuses ont été élevées dans des systèmes alternatifs à la cage (sol, plein air et biologique) en 2020 (Commission Européenne, 2021). Dans ces systèmes les poules doivent pondre dans des nids pour que les œufs puissent être collectés automatiquement. Les œufs pondus hors-nids représentent en moyenne 1 à 3% de la production et dépassent parfois les 10% en fonction du lot et des conditions environnementales (source NOVOGEN). Les œufs pondus hors-nid doivent être ramassés à la main, travail fastidieux, et sont souvent salis par les fientes ou cassés, engendrant une perte de production pour l'éleveur. Réduire la ponte hors-nid et améliorer la ponte au nid sont donc des objectifs majeurs pour ces systèmes.

L'accès au nid pour pondre est source de compétition entre les poules, particulièrement lorsque le taux d'occupation des nids est important, forçant certains individus à pondre hors-nid (Villanueva *et al.*, 2017). Certaines poules ont aussi tendance à pondre toujours au même endroit et dans des nids déjà occupés, entraînant un risque d'étouffement des poules dans les nids collectifs et de ponte hors-nid (Riber, 2010). Choisir des types génétiques passant peu de temps dans les nids et capables d'utiliser des nids différents pourrait permettre de limiter les risques de mortalité, d'optimiser l'utilisation des nids et de réduire la ponte hors-nid. Cependant, le déterminisme génétique de ces caractères est mal connu (Icken *et al.*, 2013).

Actuellement, les poules commerciales proviennent majoritairement d'animaux sélectionnés sur des performances mesurées en cage individuelle, ne permettant pas d'identifier les individus qui pondent hors-nid. Par ailleurs, plusieurs travaux menés en cage individuelle ont montré l'intérêt des caractères de rythme de ponte, tels que le nombre de séries de ponte ou l'heure de ponte moyenne, pour améliorer par sélection la production d'œufs (Wolc *et al.*, 2019 ; Chen et Tixier-Boichard, 2003 ; Yoo *et al.*, 1988). Peu d'études sur le sujet ont été réalisées en systèmes alternatifs à la cage (Bécot *et al.*, 2021a et b ; Icken *et al.*, 2008).

Cette étude vise à estimer les paramètres génétiques de caractères de comportement de ponte au nid, qui pourraient être exploités en sélection pour réduire la ponte hors-nid et améliorer la ponte au nid des poules en systèmes alternatifs à la cage. Ces caractères sont désormais accessibles grâce au développement de nids électroniques capables de mesurer des performances individuelles, notamment la ponte au nid, lorsque les animaux sont élevés en groupe au sol (Bécot *et al.*, 2021b ; Thurner *et al.*, 2006 ; Burel *et al.*, 2002 ; Marx *et al.*, 2002).

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Populations et conditions d'élevage

Deux lignées pures, de races Rhode Island Red (RIR) et White Leghorn (WL) appartenant à la société NOVOGEN (Plédran, France) ont été mobilisées. Les phénotypes ont été mesurés entre 2018 et 2020 sur 927 poules RIR (2 lots), issues de 98 pères et 348 mères, ainsi que sur 980 poules WL (2 lots), issues de 99 pères et 352 mères. Le pédigrée connu et utilisé pour l'estimation des paramètres génétiques remontait sur 5 générations minimum par lignée. Pour chaque lignée et lot, les animaux étaient élevés dans un bâtiment au sol jusqu'à 17 semaines d'âge. Ils étaient ensuite transférés dans un autre bâtiment au sol et y restaient jusqu'à 64 semaines d'âge. Ce bâtiment était équipé de nids électroniques individuels disposés en ligne sur deux niveaux. La densité était d'environ 1 nid pour 5 poules. Les poules étaient élevées avec des coqs (environ 1 coq pour 10 poules).

1.2. Mesure du comportement de ponte au nid

Le comportement de ponte au nid a été mesuré en continu avec des nids électroniques individuels développés par NOVOGEN et utilisant l'identification par radiofréquence. Chaque nid était équipé d'une antenne et chaque poule d'un transpondeur attaché à la patte. Le transpondeur permettait de détecter la poule lorsqu'elle utilisait un nid. Pour chaque visite de nid, l'identifiant de la poule, la localisation du nid, l'heure d'entrée et de sortie du nid étaient enregistrés. Un capteur d'œuf placé à l'arrière du nid permettait de savoir si la poule avait pondu et enregistrait l'heure de la ponte.

Après une phase d'adaptation des poules à l'utilisation des nids, le comportement de ponte au nid a été mesuré en continu entre 24 et 64 semaines d'âge. Seules les pontes au nid des poules ayant vécu plus de la moitié de la période de mesure ont été conservées, soit 92% des RIR et 88% des WL. Pour le premier lot de RIR, les données après 58 semaines d'âge n'ont pas été conservées à cause d'une infection des poules qui a modifié leurs performances. Ainsi, 191 850 et 212 421 pontes au nid, pour les lignées RIR et WL respectivement, ont été enregistrées et exploitées pour le calcul des phénotypes.

1.3. Calcul des phénotypes

La production d'œufs dans le nid a été définie avec l'intensité de ponte dans le nid (IPN) :

$$IPN = \frac{\text{Nombre d'œufs pondus dans le nid}}{\text{Nombre de jours de vie sur la période}} \times 100$$

Les poules avec $IPN < 50\%$ n'ont pas été conservées pour l'analyse de ce caractère afin de ne pas prendre en compte celles qui utilisaient très peu les nids pour pondre (ponte hors-nid ou absence de ponte) à l'origine d'une double distribution de IPN. Ces poules ont en revanche été considérées dans un caractère binaire, l'utilisation des nids pour pondre (UN). La valeur 0 a été attribuée aux poules ayant une faible capacité à

pondre au nid, soit avec un IPN < 50%. La valeur 1 a quant à elle été attribuée aux poules avec IPN ≥ 50%.

Le rythme de ponte a été caractérisé par le nombre de séries de ponte (NSP), l'heure de ponte moyenne (HPM) et le logarithme de la variance de l'heure de ponte (LVHP). Ces trois caractères ont été calculés en suivant une procédure décrite en détail dans Bécot *et al.* (2021b).

Pour une ponte au nid donnée, la durée de ponte est la différence entre l'heure de sortie et l'heure d'entrée au nid. La durée de ponte moyenne (DPM) a été calculée comme la moyenne des durées de ponte par poule.

Pour différencier les poules ayant tendance à pondre dans des nids proches de celles allant pondre dans des nids éloignés les uns des autres, la distance entre les nids de ponte a été calculée. Pour une poule donnée, elle correspondait aux distances horizontales, en nombre de nids, qui séparaient les nids de ponte de deux jours consécutifs. Cette distance n'a pas été calculée lorsque les pontes étaient séparées par un ou plusieurs jours sans ponte au nid, pour éviter de mesurer des comportements différents. La distance moyenne entre les nids de ponte (DIST) a ensuite été calculée par poule. Les poules avec au moins 10 performances sur la période ont été conservées pour le calcul de DPM et DIST.

Les statistiques descriptives de ces 7 caractères sont données dans le tableau 1.

1.4. Estimation des paramètres génétiques

Les 7 caractères ont été normalisés par lignée avec le package R « bestNormalize » (Peterson et Cavanaugh, 2019), puis centrés et réduits afin de faciliter la convergence des modèles. Les paramètres génétiques (héritabilités et corrélations génétiques) ont été estimés avec la méthode du maximum de vraisemblance restreint appliquée au modèle animal suivant :

$$y = 1\mu + Xb + Za + e$$

Où **y** est le vecteur des observations pour les 7 caractères analysés : IPN, NSP, HPM, LVHP, DPM, DIST et UN. **1** est un vecteur de uns et μ la moyenne du caractère. **X** et **b** sont respectivement la matrice d'incidence et le vecteur associés à l'effet fixe du lot. **Z** et **a** sont respectivement la matrice d'incidence et le vecteur associés à l'effet aléatoire génétique additif. $a \sim N(0, \sigma_a^2 \times A)$, où σ_a^2 est la variance de l'effet génétique additif et **A** la matrice de parenté. **e** est le vecteur de l'effet aléatoire résiduel. $e \sim N(0, \sigma_e^2 \times I)$, où σ_e^2 est la variance résiduelle et **I** la matrice identité.

Les 7 caractères ont été analysés conjointement en utilisant la suite de programmes BLUPF90 (Misztal *et al.*, 2002). Les paramètres génétiques ont été estimés avec REMLF90. Les erreurs-standards des estimations ont ensuite été calculées avec AIREMLF90, en partant des points d'arrivée de REMLF90 et en fixant l'analyse à une seule itération.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Des héritabilités substantielles

La plupart des caractères de comportement de ponte au nid se sont révélés moyennement à fortement héritables pour les deux lignées. Une héritabilité faible (0,16) et moyenne (0,23) a été estimée pour IPN et les lignées RIR (tableau 2) et WL (tableau 3) respectivement. Des héritabilités autour de 0,20 ont été estimées pour UN dans les deux lignées. Les caractères de rythme de ponte étaient plus fortement héritables, avec des valeurs comprises entre 0,36 et 0,65 pour RIR, et entre 0,47 et 0,55 pour WL. Ces résultats sont cohérents avec les travaux menés en cage individuelle. Par exemple, Yoo *et al.* (1988) ont estimé de fortes héritabilités pour HPM, comprises entre 0,43 et 0,57 pour des WL. Wolc *et al.* (2019) ont estimé que NSP était fortement héritable sur des RIR et WL (0,41-0,42). Pour ce même caractère, Icken *et al.* (2008) ont néanmoins estimé une héritabilité de 0,15 sur des animaux élevés au sol, mais à partir d'un effectif faible composé de 272 poules RIR. DPM s'est révélée fortement héritable, avec des valeurs de 0,55 et 0,68 en fonction de la lignée (tableaux 2 et 3). Des résultats différents ont été rapportés par Icken *et al.* (2013), avec la durée de ponte répétée, où les héritabilités estimées étaient très variables en fonction de l'âge des poules, allant de 0,10 à 7 mois à 0,56 à 11 mois.

Pour les deux lignées étudiées, DIST était moyennement héritable (0,31 et 0,38). Un effet génétique pour le choix des nids de ponte fait par les poules est également rapporté par van den Oever *et al.* (2021), qui ont étudié 5 lignées de poulets de chair élevées séparément dans des parcs au sol. Des différences en fonction de la lignée ont été observées, 2 lignées pondaient majoritairement dans les nids du coin du parc alors que les 3 autres utilisaient de manière homogène l'ensemble des nids.

2.2. Des corrélations génétiques favorables

Les corrélations génétiques entre IPN et les autres caractères de comportement de ponte au nid étaient favorables pour les deux lignées. IPN et les caractères de rythme de ponte NSP et LVHP étaient fortement génétiquement corrélés pour RIR (-0,59 et -0,57 ; tableau 2) et WL (-0,74 et -0,77 ; tableau 3). Ces valeurs négatives signifient que, génétiquement, les poules qui font peu de séries de ponte (donc peu de pauses) et qui ont une heure de ponte stable, pondent mieux dans les nids. La corrélation génétique entre IPN et HPM était faible pour RIR (-0,06) mais forte pour WL (-0,49). Dans la littérature, des études menées en cage individuelle ont aussi montré qu'un faible nombre de séries de ponte était génétiquement associé à un nombre total d'œufs commercialisables élevé ($rg = -0,55$ et $-0,28$ pour respectivement des lignées RIR et WL ; Wolc *et al.*, 2019) et à une intensité de ponte élevée ($rg = -0,54$ pour des poules pondeuses naines à œufs bruns ; Chen et Tixier-Boichard, 2003). De même, Icken *et al.* (2008) ont mesuré NSP chez des

RIR élevées au sol avec des nids électroniques et ont rapporté une corrélation génétique de -0,53 entre NSP et le nombre d'œufs pondus au nid. En plus de IPN, NSP et LVHP seraient donc de potentiels critères de sélection intéressants pour améliorer la ponte au nid des RIR et WL. Dans cette étude, la corrélation génétique entre ces deux caractères était forte pour les deux lignées ($\geq +0,89$), suggérant que ce sont des caractères au déterminisme génétique similaire. LVHP serait plus intéressant que NSP car, contrairement à NSP, il peut aussi être calculé pour les poules qui pondent moins souvent dans les nids ($IPN \leq 50\%$), donc être mesuré sur davantage d'individus. L'intérêt de HPM pour améliorer la ponte au nid est plus mitigé, la corrélation génétique estimée avec IPN étant faible pour RIR.

Les corrélations génétiques entre IPN et les caractères DPM, DIST et UN étaient favorables pour les deux lignées. Pour RIR, ces trois caractères étaient faiblement corrélés génétiquement à IPN, avec des valeurs comprises entre -0,03 et +0,18 (tableau 2). Pour WL, la corrélation génétique avec IPN était faible pour DIST (+0,09), moyenne pour UN (+0,33) et forte pour DPM (-0,43 ; tableau 3). Les poules WL ayant une forte IPN auraient un potentiel génétique à passer moins de temps dans les nids et à mieux les utiliser que celles avec une faible IPN. Enfin, la corrélation génétique entre DPM et DIST était positive et forte pour RIR (+0,43) alors qu'elle était faible pour WL (+0,12). Par conséquent, les poules RIR qui passent du temps dans les nids pour pondre auraient un potentiel génétique à pondre dans des nids éloignés les uns des autres. Cette corrélation génétique défavorable devra

être prise en compte si ces deux caractères sont intégrés dans les schémas de sélection des RIR. A notre connaissance, DPM, DIST et UN n'ont pas encore été étudiés dans d'autres populations de poules pondeuses.

CONCLUSION

Cette étude a permis de mieux connaître le déterminisme génétique du comportement de ponte au nid chez la poule pondeuse, à présent mesurable à grande échelle grâce aux nids électroniques. Dans l'objectif de réduire la ponte hors-nid et d'améliorer la ponte au nid par sélection, IPN est un premier critère de choix qui reflète directement la production d'œufs au nid. Il présente cependant des héritabilités faibles à modérées. NSP et LVHP se sont révélés plus héritables et génétiquement très corrélés à IPN. Ils pourraient être utilisés comme critères complémentaires à IPN, en apportant davantage d'information et permettre ainsi d'améliorer plus rapidement la ponte au nid. DPM et DIST étant sous l'influence de facteurs génétiques, les utiliser comme critères de sélection pourrait permettre d'optimiser l'utilisation des nids et de réduire la ponte hors-nid. Enfin, UN pourrait être utilisé en sélection afin d'éliminer les individus n'utilisant pas les nids pour pondre, car préférant pondre hors-nid ou n'ayant pas la capacité de pondre. Les relations entre les caractères de comportement de ponte au nid et les qualités de l'œuf doivent maintenant être étudiées avant d'intégrer ces nouveaux caractères dans le schéma de sélection.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bécot L., Bédère N., Le Roy P., 2021a. INRAE Prod. Anim., 34 (1), 1-14.
 Bécot L., Bédère N., Burlot T., Coton J., Le Roy P., 2021b. PLOS ONE, (16), e0251037.
 Burel C., Cizuk P., Wiklund B.-S., Kiessling A., 2002. App. Anim. Behav. Sci., (77), 167-171.
 Chen C., Tixier-Boichard M., 2003. Poult. Sci., (82), 709-720.
 Commission Européenne, 2021. EU market situation for eggs. Consulté le 05/11/2021.
 Icken W., Caverio D., Schmutz M., Thurner S., Wendl G., Preisinger R., 2008. World's Poult. Sci. J., (64), 231-234.
 Icken W., Thurner S., Heinrich A., Kaiser A., Caverio D., Wendl G., Fries R., Schmutz M., Preisinger R., 2013. Poult. Sci., (92), 2276-2282.
 Marx G., Klein S., Weigend S., 2002. Arch. Geflügelk., (66), 141-144.
 Misztal I., Tsuruta S., Strabel T., Auvray B., Druet T., Lee D.H., 2002. In: 7th WCGALP, Montpellier, pp1-2.
 Peterson R.A., Cavanaugh J.E., 2019. J. of App. Stat., 1-16.
 Riber A.B., 2010. App. Anim. Behav. Sci., (123), 24-31.
 Thurner S., Wendl G., Preisinger R., 2006. In: 12th European Poultry Conference, Verona, pp. 1-6.
 van den Oever A.C.M., Kemp B., Rodenburg T.B., van de Ven L.J.F., Bolhuis J.E., 2021. Anim., (15), 100030.
 Villanueva S., Ali A.B.A., Campbell D.L.M., Siegfors J.M., 2017. Poult. Sci., (96), 3011-3020.
 Wolc A., Jankowski T., Arango J., Settari P., Fulton J.E., O'Sullivan N.P., Dekkers J.C.M., 2019. Poult. Sci., (98), 39-45.
 Yoo B.H., Sheldon B.L., Podger R.N., 1988. Br. Poul. Sci., (29), 627-637.

Tableau 1. Statistiques descriptives des caractères de comportement au nid

Caractère ^a	Rhode Island Red					White Leghorn				
	n ^b	Moy ^c	ET ^d	Min ^e	Max ^f	n ^b	Moy ^c	ET ^d	Min ^e	Max ^f
IPN (%)	788	91,80	8,32	51,45	99,65	879	86,53	9,37	50,71	98,58
NSP	788	3,98	3,88	1,00	32,00	879	8,26	5,92	1,00	40,00
HPM (hh:mm)	831	02:28	01:07	00:04	06:17	920	03:39	01:01	00:28	06:38
LVHP (heures ²)	831	0,41	0,76	-2,59	2,40	920	0,79	0,61	-1,24	2,65
DPM (minutes)	832	41	17	11	106	921	64	23	16	142
DIST (nids)	827	7,80	3,03	0,47	20,26	918	9,21	3,06	2,54	21,46
	n ^b	0	1			n ^b	0	1		
UN ^l (%)	927	14,99	85,01			980	10,31	89,69		

^aIPN, intensité de ponte dans le nid ; NSP, Nombre de series de ponte ; HPM, heure de ponte moyenne ; LVHP, Logarithme de la variance de l'heure de ponte ; DPM, durée de ponte moyenne ; DIST, distance moyenne entre les nids de ponte ; UN, utilisation des nids pour pondre (0 pour les poules avec IPN < 50%, 1 pour les autres) ; ^bn, nombre de poules ; ^cMoy, moyenne ; ^dET, écart-type ; ^eMin, minimum ; ^fMax, maximum.

Tableau 2. Paramètres génétiques et corrélations phénotypiques des caractères de comportement au nid pour la lignée Rhode Island Red

	IPN	NSP	HPM	LVHP	DPM	DIST	UN
IPN	0,16 ± 0,03	-0,59 ± 0,08	-0,06 ± 0,10	-0,57 ± 0,08	-0,03 ± 0,11	0,18 ± 0,11	0,14 ± 0,14
NSP	-0,37	0,36 ± 0,03	0,76 ± 0,05	0,89 ± 0,03	0,20 ± 0,08	0,24 ± 0,10	0,16 ± 0,13
HPM	-0,10	0,52	0,65 ± 0,04	0,76 ± 0,04	-0,01 ± 0,08	0,27 ± 0,10	0,20 ± 0,12
LVHP	-0,35	0,69	0,64	0,40 ± 0,04	0,00 ± 0,09	0,17 ± 0,11	0,11 ± 0,13
DPM	0,04	0,13	0,05	0,07	0,55 ± 0,07	0,43 ± 0,10	0,01 ± 0,13
DIST	0,04	0,06	0,00	0,04	0,16	0,31 ± 0,05	0,26 ± 0,13
UN	NA ^a	NA ^a	-0,01	-0,08	-0,01	-0,03	0,20 ± 0,04

Diagonale : héritabilités ± erreur standard ; au-dessus : corrélations génétiques ± erreur standard ; en-dessous : corrélations phénotypiques. Les abréviations sont décrites dans la légende du tableau 1. ^aLes corrélations phénotypiques entre UN et les caractères IPN et NSP n'ont pas pu être calculées car toutes les poules avec une donnée pour IPN et NSP avaient la valeur 1 pour UN.

Tableau 3. Paramètres génétiques et corrélations phénotypiques des caractères de comportement au nid pour la lignée White Leghorn

	IPN	NSP	HPM	LVHP	DPM	DIST	UN
IPN	0,23 ± 0,07	-0,74 ± 0,13	-0,49 ± 0,16	-0,77 ± 0,13	-0,43 ± 0,17	0,09 ± 0,21	0,33 ± 0,30
NSP	-0,45	0,55 ± 0,08	0,67 ± 0,09	0,97 ± 0,02	0,42 ± 0,12	0,18 ± 0,16	-0,17 ± 0,22
HPM	-0,30	0,50	0,55 ± 0,08	0,63 ± 0,09	0,07 ± 0,13	-0,03 ± 0,16	0,02 ± 0,21
LVHP	-0,50	0,83	0,48	0,47 ± 0,08	0,37 ± 0,12	0,24 ± 0,16	-0,15 ± 0,22
DPM	-0,07	0,10	-0,03	0,13	0,68 ± 0,09	0,12 ± 0,15	-0,23 ± 0,20
DIST	0,03	0,07	-0,04	0,06	0,08	0,38 ± 0,08	0,36 ± 0,23
UN	NA ^a	NA ^a	-0,07	-0,13	0,00	0,15	0,17 ± 0,06

Diagonale : héritabilités ± erreur standard ; au-dessus : corrélations génétiques ± erreur standard ; en-dessous : corrélations phénotypiques. Les abréviations sont décrites dans la légende du tableau 1. ^aLes corrélations phénotypiques entre UN et les caractères IPN et NSP n'ont pas pu être calculées car toutes les poules avec une donnée pour IPN et NSP avaient la valeur 1 pour UN.