

Effets du rationnement alimentaire chez le coq de type chair

Interactions avec la durée
quotidienne d'éclairement

La sélection sur la vitesse de croissance et la conformation des espèces avicoles productrices de viande en a fait des animaux qui seraient incapables de bien se reproduire, voire même de survivre à l'âge adulte, s'ils ne faisaient l'objet de restrictions alimentaires suffisamment sévères. Le problème est alors de savoir quoi rationner, à quel taux, à partir de quel âge et pendant combien de temps, compte tenu des interactions possibles entre le mode de rationnement et d'autres facteurs, en particulier l'éclairement quotidien.

Résumé

La tendance des coqs reproducteurs de type chair à prendre trop de poids à l'âge adulte doit être corrigée par le rationnement de l'aliment pour qu'ils puissent exprimer leur potentiel de reproduction et le faire dans des conditions économiques.

Appliqué pendant la seule période adulte, ce rationnement ne permet que difficilement de corriger les effets d'un régime trop libéral pendant la croissance car il peut provoquer une diminution rapide et importante de la production des spermatozoïdes.

Le rationnement utilisé pendant la seule période de croissance peut induire un très important retard de maturité sexuelle. Il n'empêche pas la récupération rapide d'une forte production de spermatozoïdes après retour à une alimentation libérale. Mais celle-ci conduit les coqs à surconsommer et à récupérer un poids vif très élevé.

Il faut donc les rationner leur vie durant, ce qui est possible même dans le cas de la reproduction naturelle, grâce à l'alimentation séparée des mâles et des femelles. L'utilisation de jours croissants pendant la période 16-22 semaines d'âge permet de limiter le retard de maturité sexuelle et synchronise le démarrage de la production spermatique. Mais le maintien ultérieur des coqs en jours longs induit un déclin rapide et important de cette production.

Ce déclin ne se produit pas, ou a lieu plus lentement, si les coqs rationnés sont maintenus toute leur vie en jours courts. Leur production de spermatozoïdes est alors tardive, mais se maintient à un niveau élevé s'ils sont rationnés dès le très jeune âge ; elle est plus précoce, mais reste à un niveau moins important, si le rationnement n'a lieu qu'à partir de 6 semaines d'âge.

Ces résultats sont particulièrement intéressants en vue de l'insémination artificielle car ils peuvent permettre de limiter à 1 % la proportion des coqs d'un troupeau reproducteur et par conséquent de n'utiliser que ceux les plus aptes à transmettre à leur descendance vitesse de croissance et bonne conformation.

Les travaux sur l'alimentation des coqs reproducteurs sont peu nombreux, comparés à la très abondante littérature concernant les poules productrices d'œufs de consommation. Une opinion longtemps répandue voulait que ce qui était bon pour les poules le fût aussi pour les coqs. Ces derniers étaient donc nourris *ad libitum* avec un aliment titrant environ 2 800 kcal EM/kg et 17 % de MAT et plus. Il n'y a pourtant pas de commune mesure entre les exportations d'énergie et de protéines suivant qu'il s'agit de production d'œufs ou de sperme.

Les besoins alimentaires du coq reproducteur sont donc mal connus. Ils sont à vrai dire particulièrement difficiles à déterminer s'il y a reproduction naturelle, mode principal d'utilisation des coqs (97 % de l'effectif national). Dans ce cas, ils sont donc le plus souvent placés par centaines parmi des milliers de poules. Il n'est donc pas possible d'en connaître ni d'en contrôler la consommation alimentaire individuelle ou les performances de reproduction. La détermination des besoins alimentaires pourrait alors être raisonnée à l'échelon des groupes d'animaux, s'il était possible d'alimenter les coqs séparément des poules. Ce n'est pas toujours réalisable et on ne le fait que depuis peu dans la pratique (MacDaniel 1986).

La nécessité d'une alimentation séparée existe encore dans le cas où les coqs sont placés en parquets individuels avec une dizaine de poules. Ce mode d'utilisation des coqs, retenu

pour la sélection, a l'inconvénient d'être coûteux et lourd à gérer et donne des taux de fécondation hétérogènes, en moyenne inférieurs à ceux obtenus en reproduction collective. C'est pourquoi il n'est pas retenu au niveau de la multiplication ou des croisements terminaux.

Aussi, la solution adoptée dans la plupart des expériences qui suivent est de maintenir les coqs en cages individuelles. Son avantage incontestable est de pouvoir contrôler rigoureusement les quantités d'aliment consommées et, en fonction de ces quantités ou du type d'aliment, de faciliter la détermination des variations éventuelles du nombre et de la qualité des spermatozoïdes récoltés. Les collectes de sperme doivent être faites de manière à ce que le nombre et la qualité des spermatozoïdes récoltés puissent refléter les caractéristiques de la production testiculaire. Ces collectes doivent être suffisamment fréquentes (une fois par jour, tableau 1), condition trop souvent mal respectée, surtout dans les expériences un peu anciennes.

L'estimation de la fécondance des spermatozoïdes récoltés est possible par insémination artificielle faite dans des conditions bien standardisées (doses de spermatozoïdes, fréquence et heure des inséminations, cf Brillard et de Revers 1989) à condition d'utiliser de nombreuses poules pour chaque échantillon de sperme. D'autres tests de qualité peuvent être effectués *in vitro* (mobilité massale ou individuelle, durée de survie des spermatozoïdes, tests enzymatiques ou métaboliques) mais ils ne sont pas suffisamment pertinents vis à vis des variations de la fécondance des spermatozoïdes.

Par ailleurs, le confinement des coqs dans les cages individuelles diminue leurs dépenses énergétiques d'environ 10 %. Le principal inconvénient de ce mode d'élevage est qu'il ne permet pas d'évaluer plusieurs aspects importants de l'aptitude à la reproduction tels que la répartition des cochages dans le temps et dans l'espace (les coqs sont plus ou moins poly-

games) et l'efficacité de ces cochages en termes de nombres de spermatozoïdes mis en place dans les voies génitales femelles. Il y a donc quelques risques à extrapoler à des coqs se reproduisant en liberté les résultats acquis en cages individuelles. La claustration par elle-même n'est peut-être pas sans effet sur le développement testiculaire et le maintien de ce développement à l'âge adulte.

Les résultats obtenus en cages individuelles ont cependant contribué dans une large mesure à la conception des plans de rationnement mis en place depuis une vingtaine d'années chez les coqs reproducteurs de type chair. Ces plans ont été faits pour tenter d'enrayer la dégradation du taux de fécondation des œufs, observée depuis le début des années 70, et attribuée à la sélection sur la vitesse de croissance et la conformation des coqs. Des corrélations négatives ont en effet été mises en évidence entre cette vitesse, le poids adulte ou l'état d'engraissement des coqs d'une part, et d'autre part leurs performances de reproduction. Ces dernières se sont révélées de plus en plus déficientes à mesure que les coqs avançaient en âge, et par conséquent prenaient du poids, puisqu'ils n'étaient pas rationnés ou pas suffisamment.

Différents moyens ont donc été utilisés pour tenter de limiter la consommation alimentaire : restriction de l'abreuvement, des jours de distribution de l'aliment, « skip-a-day » en particulier, ou du temps d'accès aux mangeoires. Mais les coqs apprennent vite à consommer leur ration dans un temps record. C'est donc finalement la diminution des quantités d'aliment distribuées quotidiennement, de sa teneur en énergie, en protéines ou en certains acides aminés conditionnant l'appétit (par exemple la lysine) qui est apparue la plus efficace pour endiguer la boulimie des coqs.

Les essais les plus anciens se sont soldés par plusieurs échecs vis à vis de la fertilité des coqs, faute d'avoir pris en compte dans son ensemble la carrière des reproducteurs depuis le plus jeune âge. Le rationnement alimentaire

Tableau 1. Production testiculaire de spermatozoïdes (estimée par comptage hématimétrique dans les broyats testiculaires) et nombre de spermatozoïdes récoltés chez 3 lots de 28 coqs soumis respectivement à 2, 3 ou 5 récoltes par semaine (Coqs Cornish - de Revers 1985).

Nombre de récoltes de sperme/semaine	2	3	5
Production testiculaire de spz $\times 10^9$ /semaine	21,7 \pm 1,4	24,5 \pm 1,4	23,1 \pm 1,4
Nombre de spz $\times 10^9$ récoltés/semaine	11,2 \pm 0,2	15,4 \pm 1,1	20,3 \pm 1,7
Taux de récupération (%) (récoltés/produits)	50	60	87
Corrélation entre nombre de spz récoltés et produits	0,0	0,2	0,6*

Remarquer que le nombre total de spermatozoïdes récoltés par semaine augmente avec le nombre de collectes de sperme, ainsi que la variabilité de ce nombre, le taux de récupération dans les éjaculats et la corrélation entre les nombres de spermatozoïdes produits ou récoltés. Le coefficient de corrélation entre le nombre de spermatozoïdes récoltés dans les éjaculats et celui produit par les testicules peut atteindre 0,9 s'il y a une récolte quotidienne des spermatozoïdes tous les jours de la semaine (de Revers, 1972b).

a en effet été tenté d'abord pendant la seule période adulte chez des coqs préalablement nourris *ad libitum*, puis pendant la seule période de croissance avec retour à une alimentation trop libérale à l'âge adulte, et cela sans tenir suffisamment compte des interactions possibles entre le niveau nutritionnel et la durée d'éclaircissement. Après une synthèse bibliographique, nous présenterons les résultats de nos propres essais pour élaborer un plan intégré de conduite des coqs reproducteurs.

1 / Rationnement alimentaire pendant la seule période adulte

La limitation, même peu sévère (72 % de l'*ad libitum*), de la quantité d'aliment ingérée par des coqs adultes préalablement nourris à volonté aboutit à une diminution rapide (quelques semaines) et importante (50 %) du nombre des spermatozoïdes récoltés (Coqs Rhode Island Red : Parker et Mac Spadden, 1943). Cette diminution, plus ou moins marquée suivant les individus, survient bien avant celle du poids corporel. Si les restrictions alimentaires sont maintenues, il peut y avoir arrêt complet de la spermatogenèse en 2 à 3 mois chez des coqs n'ayant perdu qu'un peu plus de 15 % de leur poids corporel initial.

L'effet des restrictions alimentaires s'exerce donc prioritairement sur la production de sperme alors que celle-ci ne représente qu'une très faible exportation d'énergie et de matière azotées. Elles agissent peut-être sur le taux de synthèse ou sur la décharge des hormones gonadotropes, comme cela a été proposé pour d'autres espèces. S'il en est ainsi chez le coq, l'effet dépresseur du rationnement alimentaire devrait pouvoir être compensé par stimulation lumineuse. Cette hypothèse est à la base de nos travaux les plus récents (cf expérience 3).

Au plan nutritionnel, l'effet défavorable du rationnement alimentaire global sur la production de spermatozoïdes provient beaucoup de la restriction des quantités d'énergie ingérée que de celle des protéines. Ainsi Parker et Arscott (1964) ont obtenu des résultats tout à fait comparables à ceux qui viennent d'être rapportés en distribuant pendant 3 mois à des coqs adultes White Leghorn (de type léger), nourris *ad libitum*, des aliments à teneur énergétique réduite (1 584 ou 2 068 kcal EM/kg d'aliment au lieu de 2 553 chez les témoins) : au bout d'un mois, les coqs les plus sévèrement rationnés (62 % de l'énergie ingérée par les témoins) avaient eux aussi, perdu 16 % de leur poids vif mais 50 % de leur production de sperme ; cette dernière a complètement cessé au bout de 3 mois, pour une perte de poids corporel de 30 % seulement.

A l'opposé, une restriction protéique, même sévère (aliment à 6,9 % de MAT distribué *ad libitum*) n'a pas significativement diminué le volume des éjaculats après 33 semaines chez des coqs de même origine génétique (Arscott et Parker 1963) et a même plutôt amélioré le pou-

voir fécondant du sperme mesuré par insémination artificielle (taux de fécondation : 89 % au lieu de 75 chez les témoins recevant un aliment à 17 % de MAT). Les coqs ainsi restreints ont consommé un peu moins d'aliment sur l'ensemble de la période expérimentale, tout en gardant le même poids corporel.

Il suffit donc probablement de couvrir les besoins d'entretien protéique et énergétique pour maintenir à l'optimum la fertilité des coqs adultes. S'il en est bien ainsi, c'est en réduisant la croissance des coqs qu'il pourrait être possible d'en limiter la ration alimentaire à l'âge adulte sans inconvénient pour leur fertilité. Cette idée est à la base de nos premiers travaux (expérience 1).

Chez les coqs de type chair, une alimentation riche en protéines (17 % de MAT) n'améliore ni la quantité ni la qualité des spermatozoïdes récoltés dans les éjaculats, et a plutôt tendance à les diminuer par rapport aux valeurs observées chez des coqs nourris avec des aliments isoénergétiques à plus faible teneur protéique (11, 13 ou 15 % de MAT) (Saeid et de Reviers 1982).

La conclusion qui se dégage est donc en faveur de taux protéiques alimentaires modérés (13-15 % de MAT) ou restreints (7-11 %), en dépit des résultats contradictoires de Gleichauf (1970). Selon lui, en effet, la diminution des taux protéiques alimentaires conduirait rapidement à une dégradation de la production de sperme chez les coqs de type chair. L'origine de cette discordance n'est malheureusement pas clairement établie.

Quoi qu'il en soit, le rationnement alimentaire pendant la seule période adulte n'apporte pas les moyens de corriger les effets d'un régime trop libéral pendant la croissance, puisqu'il ne paraît pas possible de faire perdre suffisamment de poids à des coqs adultes sans faire diminuer en même temps leur production de spermatozoïdes.

2 / Rationnement alimentaire pendant la seule période de croissance

Alors que la consommation alimentaire des coqs adultes n'est que peu modifiée par le taux protéique de la ration (Parker et Arscott 1963), celle du jeune en croissance est diminuée lorsque l'aliment est pauvre en matières azotées, certains acides aminés indispensables, en particulier la lysine, étant limitants de l'appétit.

Il y a donc là à la fois une facilité pour l'élevage des coqs, puisque la diminution du taux protéique de la ration les conduit à s'autoréguler pendant les premières semaines qui suivent l'éclosion, et une difficulté expérimentale s'il s'agit de dissocier l'effet propre des restrictions protéiques de celui du rationnement alimentaire global.

Ce type de rationnement, quand il retarde suffisamment la croissance corporelle, peut dif-

Un rationnement énergétique sévère pendant la seule période adulte entraîne une diminution du poids des coqs mais aussi de leur production de sperme. Pour une perte de poids de 30 %, la production peut cesser complètement.

férer d'autant le développement testiculaire (Breneman 1940). Cela a d'abord été considéré comme de mauvais augure pour la fertilité des coqs adultes restreints pendant le jeune âge. Aussi n'est-ce que 25 ans plus tard qu'il a été établi par Wilson *et al* (1965) que, même après une limitation extrêmement sévère de leur croissance (poids vif maintenu entre 800 et 850 g de 9 à 23 semaines d'âge par réduction à 4,5 ou 5 % de la teneur de l'aliment en MAT), des coqs White Leghorn peuvent non seulement survivre mais encore récupérer en moins de 6 semaines une production de sperme apparemment normale s'ils sont ensuite nourris *ad libitum* avec un aliment à 17 % de MAT à partir de 23 semaines d'âge.

Cette récupération, et celle du poids testiculaire (Jones *et al* 1967) sont donc plus rapides (quelques semaines) que celle du poids corporel (plusieurs mois). Cela peut être dû à des cinétiques de développement différentes, mais sans doute faut-il voir encore ici des effets spécifiques de la réplétion alimentaire après rationnement sur le taux de synthèse ou de décharge des hormones gonadotropes. Ce point serait d'autant plus intéressant à élucider au plan des « mécanismes » physiologiques que les coqs restreints, puis nourris à volonté avaient, à 40 semaines d'âge, un poids testiculaire moyen très supérieur (11,8 - 16,5 g) à celui des témoins de même âge (5,8 g) nourris toute leur vie *ad libitum*, contrairement à ce qui était observé à l'âge de 30 semaines (Jones *et al* 1967). Il y a donc eu récupération durable du poids testiculaire chez les premiers et régression testiculaire chez les seconds.

Les coqs de type chair ont apparemment les mêmes possibilités de récupération dans des conditions de rationnement comparables (Wilson *et al* 1971) : nourris avec un aliment à 5 % de MAT de 7 à 22 semaines d'âge, puis avec un autre aliment à 17 %, ces coqs ont été capables de produire autant de sperme dans leurs éjaculats que les témoins dès la 26^e semaine d'âge, donc un mois seulement après arrêt du rationnement. La récupération a été encore plus rapide (15 j) après un rationnement moins sévère (8,9 % MAT pendant la même période d'âge).

Ce rationnement avait été étudié pour retarder la maturité sexuelle de coqs de remplacement destinés à être utilisés comme reproducteurs à partir de la 45^e semaine d'âge. Wilson *et al* (1971) ne semblent pas avoir eu l'idée d'en faire une méthode d'élevage de routine pour coqs utilisés à partir de l'âge habituel du début de reproduction (22 - 26 semaines).

Il restait d'ailleurs un doute sur l'âge à partir duquel des coqs ainsi rationnés pouvaient être effectivement utilisés intensivement pour la reproduction car leur sperme n'avait été collecté qu'une fois par mois, ce qui ne permet pas une estimation correcte de la production spermatique. En effet des coqs ne produisant que peu de spermatozoïdes peuvent néanmoins en donner une quantité importante dans leurs éjaculats s'ils sont peu souvent récoltés, grâce à la fonction de mise en réserve des canaux déférents (de Reviere 1972).

3 / Rationnement alimentaire maintenu depuis le jeune âge jusqu'à fin de la période d'utilisation des reproducteurs

Le retour à une alimentation libérale à partir du 5^e mois d'âge a provoqué, dans l'expérience de Wilson *et al* (1971), une prise de poids très importante pouvant dépasser 2,5 kg pendant les 8 mois suivants. D'après nos propres observations, cette prise de poids est bien plus rapide chez des coqs dont la restriction de consommation est non plus spontanée (faible taux protéique de la ration), mais imposée par l'expérimentateur : l'arrêt du rationnement est alors suivi d'une incroyable boulimie des coqs, qui peuvent consommer à 6 mois d'âge plus du double de la quantité d'aliment ingérée par des témoins non rationnés.

L'alourdissement des coqs s'accompagne par ailleurs souvent de déformations des aplombs et de problèmes articulaires majeurs, surtout s'il y a élevage en cages. Avant même que ces anomalies n'apparaissent, il peut y avoir diminution d'activité sexuelle en reproduction naturelle, et des difficultés de récolte de sperme liées à l'état d'engraissement des coqs les plus lourds.

Ces faits sont autant d'arguments en faveur du maintien d'un rationnement alimentaire pendant la période adulte. Les déboires antérieurs de Parker et MacSpadden (1943) et de Arscott et Parker (1963) en ont sans doute retardé l'application puisque, d'après leurs résultats, le rationnement énergétique entraîne une diminution de la production de sperme, et le seul rationnement protéique n'empêche pas la prise de poids. Pendant la croissance, il y a de plus retard de maturité sexuelle des coqs s'ils sont trop sévèrement rationnés.

Les différentes expériences réalisées depuis 1973 à la Station INRA de Recherches Avicoles ont contribué à franchir ces différents obstacles. Dans ce qui suit, il s'agit uniquement de coqs lourds de type chair élevés collectivement au sol jusqu'à 16 semaines d'âge, puis placés en cages individuelles avec contrôle de la durée d'éclaircissement.

4 / Résultats expérimentaux

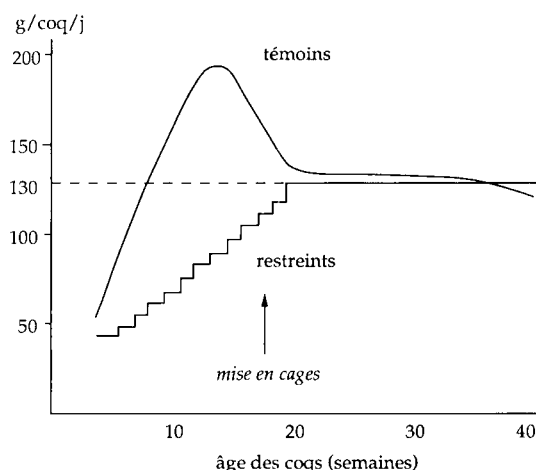
4.1 / Suppression de la surconsommation alimentaire à l'arrêt du rationnement

Le premier plan de rationnement (de Reviere *et al* 1973) doit beaucoup aux résultats de Leclercq *et al* (1970), obtenus sur des poules reproductrices de type chair. L'objectif de ce rationnement était de limiter le plus possible la taille adulte des coqs, et par conséquent leurs besoins d'entretien, par des restrictions très précoces (dès 2 semaines d'âge au lieu de 7 ou 9 dans le cas des auteurs précédents) et très

Le rationnement des coqs doit être poursuivi au-delà de la période de croissance, le retour à une alimentation libérale entraînant une surconsommation et une reprise de poids très importantes.

sévères (50 % de la consommation des témoins *ad libitum*). Elles ont été maintenues jusqu'à l'âge habituel du démarrage de la phase rapide du développement testiculaire (16 semaines, de Reviers 1973), puis levées très progressivement de manière à éviter un trop grand retard de maturité sexuelle (figure 1). La surconsommation post-rationnement a été supprimée en distribuant les mêmes quantités d'aliment que celles consommées par les témoins contemporains nourris *ad libitum*.

Figure 1. Consommation alimentaire spontanée de coqs nourris à volonté et plan de rationnement proposé par de Reviers et al (1973).



Les coqs de cette expérience ont été maintenus toute leur vie sous une durée quotidienne d'éclairage de 12 heures. La figure 2 montre par ailleurs que ces derniers ont récupéré à 40 semaines d'âge le même poids vif que les témoins. Il ne suffit donc pas de supprimer la surconsommation post-rationnement de coqs restreints pendant la croissance pour en diminuer le poids adulte. Par rapport à l'alimentation à volonté, le rationnement a limité le développement testiculaire dans une proportion comparable à celle observée pour le poids corporel jusqu'à l'âge de 24 semaines. Il y a eu ensuite diminution du poids testiculaire chez les témoins (-30 % en 16 semaines) mais pas chez les restreints, tout au moins jusqu'à l'âge de 40 semaines.

Cette réponse peut être la conséquence d'une interaction entre le programme d'éclairage adopté (12 h d'éclairage quotidien toute la vie) et le niveau nutritionnel : chez les témoins nourris *ad libitum*, la photopériode choisie a peut-être trop fortement stimulé le développement testiculaire alors qu'elle a sans doute compensé en partie les effets du rationnement chez les coqs restreints.

En reproduction naturelle, des coqs d'origine génétique comparable et rationnés de la même manière pendant la croissance ont donné des résultats de fécondation plus élevés et plus durables que les témoins nourris à volonté (figure 3). Comme les performances de reproduction des coqs restreints ont été en fait amé-

Figure 2. Evolution du poids adulte des coqs et de leur développement testiculaire en fonction du rationnement.

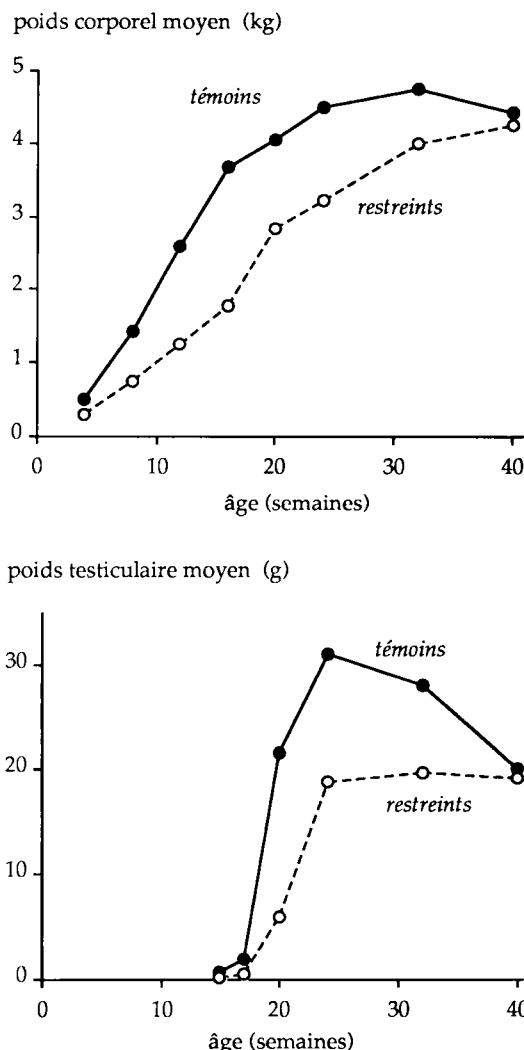
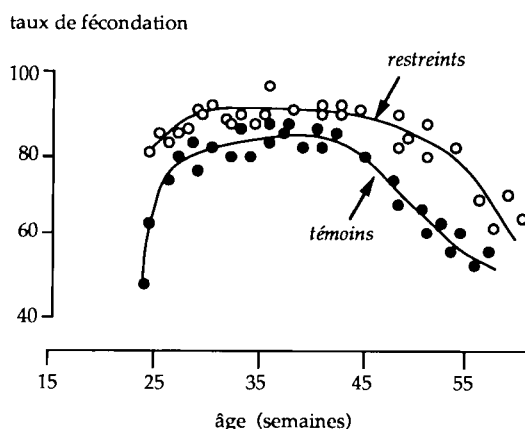


Figure 3. Effets du rationnement sur les performances de reproduction naturelle des coqs.



liorées dès leur mise en présence des poules, ce type de rationnement s'est largement répandu dans la pratique, au point de figurer, à quelques variantes près, dans les guides d'élevage fournis par la plupart des sélectionneurs.

D'après ce qui précède, ce résultat peut être relié à une meilleure persistance de la production de spermatozoïdes chez les coqs restreints. Compte tenu de leurs meilleures performances dès le début de la période de reproduction, on pouvait penser qu'ils avaient aussi une activité sexuelle plus importante. Cette hypothèse vient d'être confirmée par Blockhuis et Van der Haar (1988) qui ont observé, chez des coqs âgés de 55 à 58 semaines, une fréquence de cochage presque double (0,54 ou 0,92 par test de 12 minutes) suivant que ces coqs avaient été plus ou moins rationnés les mois précédents.

4.2 / Rationnement sévère maintenu pendant l'âge adulte

Dans cette expérience conduite avec Brillard en 1982 sur coqs ISA 177, il n'était plus possible de maintenir, parallèlement aux coqs restreints, des témoins nourris *ad libitum* : leur alourdissement rapide les aurait en effet rendus incapables de survivre en cages dans de bonnes conditions et en aurait fait de faux témoins.

Préalablement à cette expérience nous avons d'abord recherché la quantité d'aliment journalière permettant de maintenir constant le poids moyen des coqs rationnés pendant les premières semaines de leur vie adulte. Cette quantité a été trouvée égale à 110 g/coq/j pour un aliment à 2 800 kcal EM par kg et 15 % de MAT. Cela correspond à la ration distribuée à 18 semaines d'âge dans le plan de rationnement proposé par de Reviere *et al* (1973) ; les coqs utilisés dans la présente expérience ont donc été astreints à ne pas consommer plus de 110 g/j à partir de cet âge.

Dans ces conditions, il y avait un risque important de retarder la maturité sexuelle des coqs. C'est pourquoi le programme d'éclairement adopté a consisté en des jours courts (8 h) suivis de jours croissants (connus par ailleurs pour leur effet favorable sur la précocité du développement testiculaire ; de Reviere 1975) appliqués entre 16 et 20 semaines d'âge (+ 2 h par quinzaine) et aboutissant à 14 h d'éclairement quotidien chez les adultes.

Pour éviter l'abattage des coqs, le principal critère de reproduction retenu ici était le nombre des spermatozoïdes récoltés dans des conditions telles qu'il puisse refléter la production testiculaire de spermatozoïdes. Ces récoltes ont donc été faites à une fréquence élevée (une par jour pendant 5 jours de suite) à chaque âge examiné, après avoir préalablement soumis les coqs à 2 puis 3 récoltes hebdomadaires.

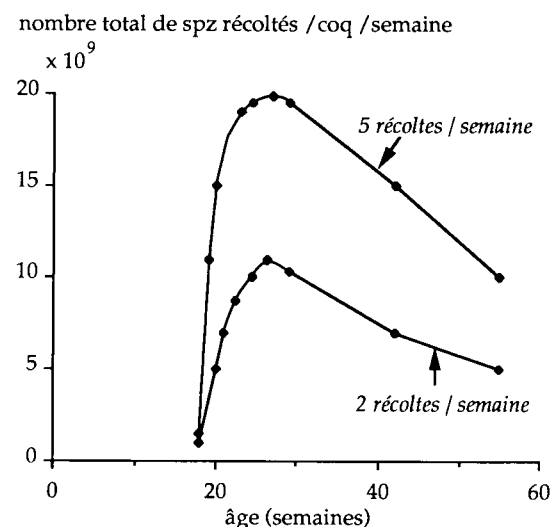
Dans ces conditions, le nombre de spermatozoïdes récoltés est passé par un maximum aux environs de 26 semaines d'âge (19 milliards par semaine et par coq, figure 4) puis a diminué ensuite assez rapidement (10 milliards/semaine/coq à 55 semaines d'âge). Le programme d'éclairement adopté a donc permis une précocité sexuelle acceptable, mais au prix d'une persistance de production de spermatozoïdes encore insuffisante.

L'efficacité de la stimulation lumineuse induite par les jours croissants sur la précocité

sexuelle est attestée par le fait que des coqs restreints et maintenus en jours courts (8 h) ont leur développement testiculaire retardé et n'arrivent à maturité sexuelle que vers 32 semaines d'âge (de Reviere 1978, non publié). Il est possible en revanche que ces jours courts aient par la suite une influence favorable sur la persistance de la production de spermatozoïdes puisqu'ils évitent la régression testiculaire chez des coqs nourris *ad libitum* (de Reviere 1973) alors que celle-ci survient habituellement en jours longs (précédés ou non de jours croissants). L'expérience qui a suivi (paragraphe 4.3) a donc eu notamment pour but de comparer deux programmes d'éclairement différents chez des coqs restreints.

La figure 5, résultant d'une analyse en composantes principales, montre par ailleurs que chez les coqs de la présente expérience, le nombre des spermatozoïdes récoltés en début de production, d'abord partiellement corrélé avec le poids vif des coqs restreints pendant leur croissance, l'est de moins en moins à mesure qu'ils avancent en âge puis cesse de l'être pendant la période adulte. Cela permet de penser qu'il est possible de moduler dans une certaine mesure la précocité sexuelle des coqs en faisant varier leur vitesse de croissance par un rationnement plus ou moins précoce, tout en gardant une marge de manœuvre importante vis-à-vis de leur niveau de production de spermatozoïdes à l'âge adulte.

Figure 4. Evolution du nombre des spermatozoïdes récoltés chez des coqs ISA 177 soumis à des restrictions alimentaires à partir de l'âge de 2 semaines et stimulés par des jours croissants entre 16 et 22 semaines d'âge.



4.3 / Effets combinés du rationnement alimentaire et de la durée quotidienne d'éclairement

L'essai le plus récent, conduit en 1988 chez des coqs ISA 199 avec F. Seigneurin, a donc mis en œuvre deux programmes d'éclairement, faisant appel l'un à des jours croissant de 8 à 16 heures entre 14 et 22 semaines d'âge (+ 2 h par

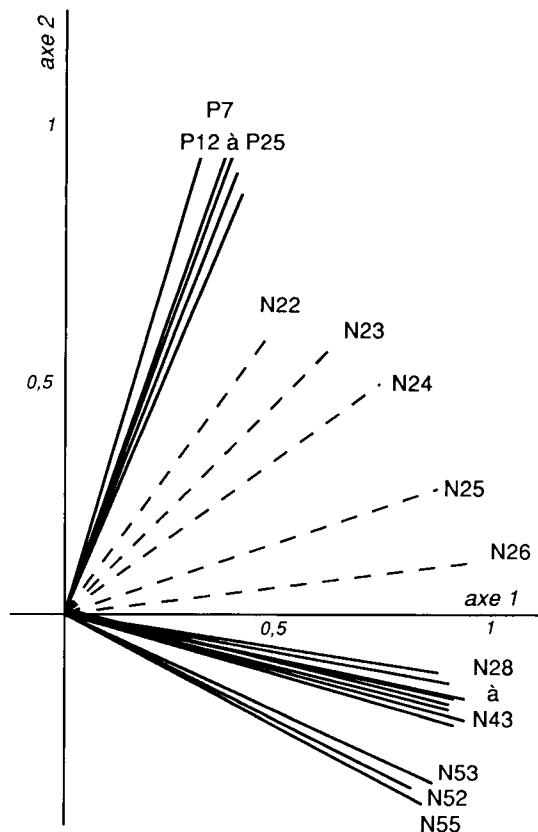
quinzaine), l'autre à des jours courts (8 heures) toute la vie. Ces programmes ont été combinés factoriellement avec deux âges de début de rationnement (2 ou 6 semaines) et deux taux protéiques alimentaires à partir de la 6^{ème} semaine d'âge (11 ou 15 % de MAT, 2 800 kcal EM par kg d'aliment) de manière à faire varier largement la croissance corporelle des coqs. La quantité d'aliments distribuée a été limitée à 110 g/j à partir de 18 semaines d'âge et réajustée par la suite à ± 5 g près de matière à contrôler la prise de poids des coqs.

La figure 6 indique dans quelle mesure les objectifs de poids ont été atteints : comme attendu, le facteur primaire de variation de la croissance a été l'âge de début de rationnement, le taux protéique de la ration n'intervenant que secondairement. Le réajustement à 5 g près des quantités d'aliments distribuées a effectivement permis de contenir le poids moyen des coqs adultes, y compris chez ceux rationnés à partir de l'âge le plus tardif, mais non sans de fortes variations individuelles.

Figure 5. Analyse en composantes principales ($n = 167$ coqs) des vecteurs représentant les poids vifs mesurés de 7 à 40 semaines d'âge (P7 à P40) ou les nombres de spermatozoïdes récoltés de 22 à 55 semaines d'âge. (N 22 à N 55).

Sur un tel diagramme (plan défini par les deux premiers axes factoriels totalisant 66 % de l'inertie du nuage de points), des vecteurs ayant une longueur suffisamment voisine de l'unité et même direction représentent des variables non corrélées ; s'ils sont orthogonaux, ils représentent au contraire des variables non corrélées.

Le nombre de spermatozoïdes récoltés chez les coqs considérés dépend d'autant moins de leur poids vif pendant la croissance (axe 2) que ces coqs avancent en âge (axe 1).



Aucun effet apparent de la durée quotidienne d'éclairage ne s'est manifesté sur le poids vif des coqs alors que cette durée a au contraire eu une influence considérable sur la production de spermatozoïdes. Les coqs soumis aux jours croissants puis longs ont en effet été les plus précoces (figure 7) quel que soit le critère considéré (premier éjaculat ou pic de production de spermatozoïdes). L'un et l'autre ont cependant été obtenus à des âges différant de 5 à 6 semaines suivant que le rationnement avait démarré tardivement (pic à 22-23 semaines) ou au contraire précocement (pic à 28 semaines). Dans les deux cas il y a eu ensuite effondrement du nombre de spermatozoïdes récoltés, traduisant la mauvaise persistance de leur production chez les coqs exposés à des jours longs. Cette diminution a été un peu moins marquée chez les coqs rationnés à partir de l'âge le plus tardif.

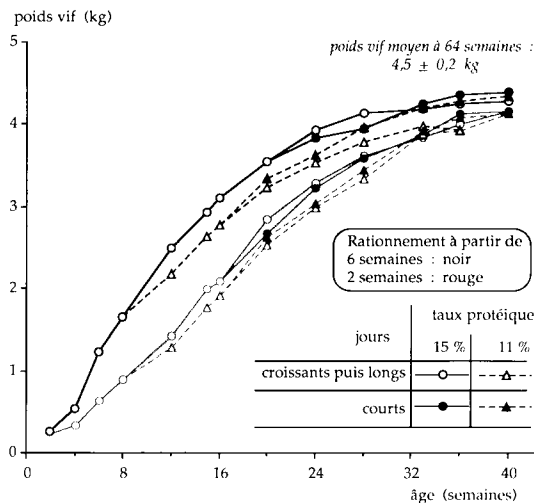


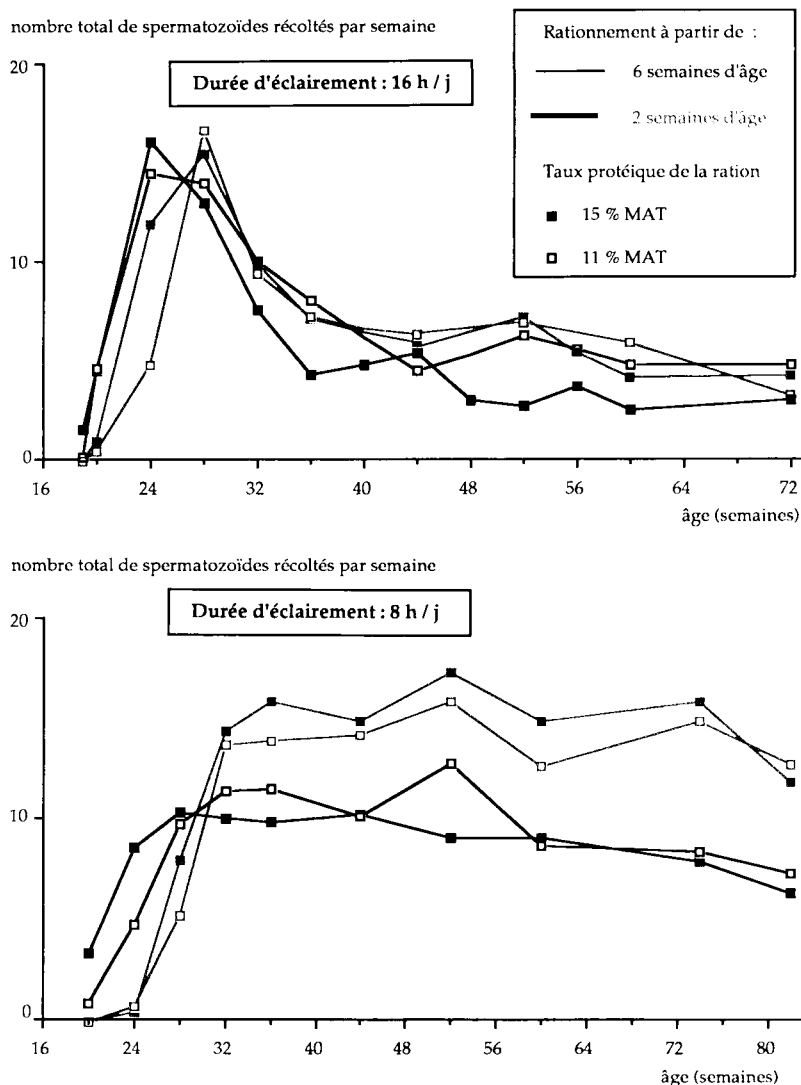
Figure 6. Croissance corporelle pondérale des coqs ISA 199 soumis à des jours courts ou des jours croissants puis longs (voir texte), associés à deux âges de début de rationnement (2 ou 6 semaines) et à 2 taux protéiques alimentaires (11 ou 15 % de MAT) à partir de la 6^{ème} semaine d'âge.

Chez les coqs maintenus en jours courts, le début de la production de spermatozoïdes a été plus tardif en moyenne (figure 7b) et s'est produit à des âges beaucoup plus variables, comme si les jours croissants, en plus de leur rôle sur la précocité sexuelle, permettaient de synchroniser les coqs, de même que chez les poules à l'entrée en ponte. En jours courts, la production de spermatozoïdes n'a atteint son maximum que vers 28 ou 32 semaines d'âge, suivant que le début du rationnement était respectivement tardif ou précoce. Cette production a été surtout caractérisée par une excellente persistance jamais observée auparavant, puisque la production de spermatozoïdes a été maintenue à un niveau plus élevé jusqu'à 82 semaines d'âge. Elle l'a été cependant à des niveaux très différents suivant l'âge de début de rationnement : environ 10 milliards de spermatozoïdes par coq et par semaine dans le cas du rationnement tardif, au lieu de 15 après rationnement précoce. Il y a donc eu en fait antagonisme entre la précocité de la production de spermatozoïdes et le niveau adulte de cette production dans le cas des jours courts.

En revanche, le taux protéique de la ration n'a eu que peu d'influence sur la précocité sexuelle des coqs et encore moins sur les nombres moyens de spermatozoïdes récoltés à l'âge adulte.

Le retard de maturité sexuelle induit par les restrictions alimentaires peut être limité en augmentant la durée quotidienne d'éclairage des coqs de 16 à 22 semaines d'âge.

Figure 7. Evolution du nombre de spermatozoïdes récoltés en fonction des méthodes d'élevage (coqs ISA 199).



Les inséminations artificielles faites à nombres de spermatozoïdes contrôlés (deux inséminations espacées de 24 heures à 120 millions par dose), alors que les coqs étaient âgés de 45 semaines, ont donné des taux de fécondations très élevés, surtout avec les coqs placés en jours courts (96 à 98 %). La fécondance un peu faible (93 à 95 % d'œufs fécondés) observée chez les coqs élevés en jours croissants puis maintenus en jours longs a sans doute pour origine une dégradation de qualité de leurs spermatozoïdes accompagnant la diminution de leur nombre.

La conclusion de cette expérience est que l'âge du début de rationnement est aussi important que l'éclairage tant qu'il s'agit de la précocité sexuelle des coqs ; mais c'est l'éclairage qui a, et de loin, le rôle le plus important sur la persistance de la production de spermatozoïdes à l'âge adulte. Celle-ci n'est satisfaisante que sous les jours courts maintenus toute la vie. Dans ce cas, le niveau adulte de la production de spermatozoïdes, est plus élevé si la maturité sexuelle des coqs est retardée par rationnement précoce.

En associant programmes d'éclairage et de rationnement, il est donc possible d'aller beaucoup plus loin qu'une simple compensation par la lumière du retard de maturité sexuelle induit par des restrictions alimentaires. C'est toute la carrière du reproducteur qui peut être considérablement changée.

5 / Applications et discussion

D'après ce qui précède, les conditions de milieu favorables à une production importante et prolongée de spermatozoïdes (rationnement des coqs depuis le jeune âge jusqu'à la fin de la période d'utilisation et maintien de ces coqs pendant toute leur vie en jours courts) s'opposent à celles actuellement recommandées pour les poules reproductrices, qui ne doivent être sévèrement rationnées que pendant la croissance (étant donné les besoins nutritionnels liés à la production d'œufs) puis soumises à des jours longs, selon les recommandations actuelles des sélectionneurs.

Les possibilités d'application des résultats concernant les coqs sont donc fort différentes suivant le mode d'utilisation des reproducteurs :

S'il y a reproduction naturelle, coqs et poules peuvent et doivent être élevés séparément jusqu'à leur passage en bâtiment de reproduction (âge moyen correspondant : 20 semaines) pour éviter la compétition entre animaux des deux sexes. L'aliment à distribuer aux coqs pendant cette période peut-être à faible teneur protéique (11 à 15 %) d'après nos résultats ; l'important est d'en limiter les quantités distribuées (selon le plan de la figure 1 ou équivalent) et qu'il ne soit pas trop énergétique (2 750 - 2 800 kcal EM/kg).

Pendant cette période les deux risques principaux sont le picage (que l'on peut prévenir en diminuant le taux énergétique de la ration et en utilisant une lumière rouge) et l'hétérogénéité de poids : la compétition alimentaire liée au rationnement peut en effet augmenter dans une large mesure les différences de croissance qui existent spontanément entre individus et que le rationnement a par lui-même tendance à exagérer. Il faut alors que les mangeoires soient conçues de manière à ce que tous les coqs puissent y accéder au même moment car ils prennent rapidement l'habitude de consommer la totalité de leur ration en quelques dizaines de minutes. La consommation d'eau doit être contrôlée car les coqs rationnés ont tendance à en boire beaucoup plus que leurs besoins, et par conséquent risquent de détremper les litières.

Coqs et poules doivent cohabiter à partir de 20 semaines d'âge environ afin que les cochages puissent être suffisamment fréquents dès l'entrée en ponte (23 à 26 semaines d'âge suivant le type de poules et leur mode d'élevage). C'est à partir de ce moment qu'il devient difficile de contrôler les quantités d'aliment destiné aux poules. Les coqs, habitués à se nourrir rapidement, peuvent en effet continuer

Une durée constante d'éclairage de 8 h/j permet le maintien de la production de spermatozoïdes jusqu'à un âge très avancé. Le niveau de production est alors d'autant plus élevé que les coqs ont été rationnés plus jeunes.

à le faire au détriment des poules et reprendre rapidement du poids. Le bénéfice du rationnement peut alors être perdu en quelques semaines chez les coqs et l'entrée en ponte des poules perturbée.

Cette situation peut désormais être évitée par un dispositif ingénieux mis au point semble-t-il vers la fin des années 70 aux USA mais banalisé récemment (MacDaniel 1986). Il permet de continuer à alimenter séparément les animaux des deux sexes pendant toute la période de reproduction, grâce à des trémies suspendues à une hauteur telle que les poules ne puissent les atteindre et à des grilles placées sur les mangeoires de ces dernières, de manière à ce que les coqs ne puissent pas consommer la ration des poules. Ces dispositions sont utilisables quand la taille et la largeur de tête sont nettement différentes suivant le sexe des animaux, donc en particulier s'il s'agit de coqs normaux et de poules nanifiées par le gène *dw*, mais peuvent également convenir à des femelles normales.

La reproduction naturelle implique par ailleurs que les coqs subissent les conditions d'éclairage jugées les plus favorables à la ponte des poules. Il est cependant souhaitable de les placer en jours croissants 3 semaines avant celles-ci pour qu'ils produisent suffisamment de spermatozoïdes à l'entrée en ponte. Le raccordement des programmes d'éclairage des animaux des deux sexes doit être prévu. Comme il faut, pour les poules, utiliser par la suite des jours longs (14 à 16 h), il peut y avoir à bref délai, déclin de la production de spermatozoïdes, puis, lorsque celle-ci devient insuffisante, diminution du taux de fécondation des œufs, imputable par ailleurs soit à des cochages moins fréquents, soit à une diminution de l'appétit des poules à être fécondées (Brillard 1988). Le remplacement des coqs en exercice par des animaux plus jeunes, améliore souvent de quelques points la fertilité des œufs (+ 2,7 à 9,4 % selon Sherwood *et al* 1964) s'il est effectué dès l'âge de 45 semaines. Il peut comporter des risques sanitaires et comportementaux, et représente de toute façon une dépense supplémentaire.

S'il y a insémination artificielle, mode de reproduction encore peu représenté dans l'espèce *Gallus gallus* (4 à 5 % de l'effectif national en 1988), les reproducteurs des deux sexes peuvent être complètement séparés leur vie durant. Les conditions d'élevage les plus favorables à une production de spermatozoïdes importante et durable sont alors réalisables. D'après nos résultats, la solution la plus intéressante est de rationner les coqs dès la 2^e semaine d'âge et de les maintenir toute leur vie en jours suffisamment courts (8 h). Etant donné leur retard de maturité sexuelle, il faut en démarrer l'élevage 8 semaines environ avant celui des poulettes. L'effectif des coqs peut être limité à 1 % de celui des poules à condition que leur sperme soit récolté suffisamment souvent, par exemple, 5 fois par semaine à raison d'une collecte par jour ouvré. En moyenne, la quantité de spermatozoïdes récoltée chez les coqs ainsi élevés est en effet de l'ordre de 15 milliards/semaine alors qu'il est recommandé de mettre en place cha-

que semaine environ 150 millions de spermatozoïdes lors de l'insémination artificielle de poules.

Il peut être également intéressant de faire naître autant de coqs qu'en vue de la reproduction naturelle (soit 15 % de l'effectif des poules) et de ne démarrer leur rationnement qu'à partir de 6 semaines d'âge (mais toujours en les maintenant en jours courts) : cela permet de ne retenir pour la reproduction que les coqs les plus lourds et les mieux conformés à l'âge habituel de commercialisation de leur descendance. Si une pression de sélection sur le poids vif et la conformation est introduite à ce moment (10 à 20 %), les « broilers » issus de ces coqs peuvent avoir une croissance plus rapide et plus homogène. Des tris ultérieurs des coqs peuvent être effectués à la mise en cages (16 semaines d'âge ou avant) puis après les premières récoltes de sperme (24 à 26 semaines d'âge, c'est à dire au moment du maximum de la production de spermatozoïdes) de manière à ne conserver parmi les coqs de meilleure croissance et conformation que ceux les plus aptes à la reproduction, soit ici 2 à 3 % de l'effectif des poules puisque le nombre de spermatozoïdes récoltés chez les coqs rationnés à partir de 6 semaines d'âge et maintenus en jours courts est de l'ordre de 7 à 10 milliards/semaine.

Conclusion

L'introduction précoce du rationnement chez les coqs reproducteurs a permis de redresser en grande partie le déclin de fertilité qui avait été observé à partir des années 1970 en reproduction naturelle. Ce rationnement permet par ailleurs de très importantes économies d'aliment pendant la période d'élevage et au cours de l'entretien des reproducteurs. Il a donc été étendu depuis aux autres espèces avicoles, notamment le Dindon et le Canard de Barbarie.

Mais si l'on veut pousser le plus loin possible les avantages réalisables par l'association du rationnement alimentaire et de l'éclairage, c'est l'insémination artificielle qui se révèle, et de loin, comme la meilleure solution technique. Elle permet aussi l'ajustement des doses de spermatozoïdes mis en place chez les poules à mesure qu'elles avancent en âge, ce qui est nécessaire pour maintenir le taux de fécondation des œufs à l'optimum. Elle permet enfin d'augmenter le nombre de descendants des coqs de meilleure valeur génétique, puisque l'ajustement de ces doses au cours du temps assure le maintien du taux de fécondation à une valeur aussi élevée que possible en utilisant moins de coqs.

La réputation de subfertilité des coqs de type chair n'est donc pas justifiée puisqu'ils peuvent assurer 95 % de fertilité au début de la production d'œufs et 90 % à la fin de celle-ci si l'insémination artificielle est pratiquée dans des conditions techniques correctes.

La part du coq dans le prix de revient du broiler peut alors descendre à moins de 3 pour mille : l'important alors n'est plus la valeur de

cette part, mais la contribution des coqs à la valeur ajoutée du broiler. Leur sélection au niveau du croisement terminal et l'emploi de l'insémination artificielle permettent de l'augmenter.

Les différentes combinaisons d'éclairage et de rationnement que nous proposons n'ont pas la prétention d'être les meilleures, même si elles permettent un progrès décisif sur un problème-clé jusqu'à présent non résolu, l'obtention d'une production de spermatozoïdes persistante chez des coqs de type chair, dans des conditions économiques et faciles à utiliser par les éleveurs.

Il reste à savoir si ces combinaisons présentent une efficacité comparable chez des coqs d'origines génétiques différentes et dans les autres espèces avicoles étant donné la diversité de leurs réponses au rationnement et à l'éclairage. En outre, l'amélioration du nombre et de la qualité des spermatozoïdes produits ne peut avoir d'impact vraiment important que si l'on reconsidère dans le même temps le mode d'utilisation des reproducteurs. En d'autres termes, l'avenir de l'insémination artificielle des poules reproductrices pose problème en France par suite de facteurs humains et autres liés à la structure de notre production alors que des projets importants sont en passe de réussir ou de voir le jour dans plusieurs autres pays (Etats-Unis, Canada, Italie, Hongrie).

Références bibliographiques

- ARSCOTT G.H., PARKER J.E., 1963. Dietary protein and fertility in male chickens. *J. Nutr.* 80, 311-314.
- BLOCKHUIS H.J., Van der HAAR J.W., 1988. Increased sexual activity. *Poultry Misset International* 4, 39.
- BRENEMAN W.R., 1940. Limitation of food consumption as a factor influencing endocrine reactions in the chick. *Endocrinology* 26, 1091-1098.
- BRILLARD J.P., de REVIERS M., 1989. L'insémination artificielle chez la poule. *INRA, Prod.Anim.*, 2, 197-203.
- GLEICHAUF R., 1970. Der Einfluss von tierischen Eiweiss auf Samenproduktion von Weissen Leghorn-Hähnen (III. Mitteilung). *Arch. Geflügel.*, 2, 65-71.
- JONES J.E., WILSON H.R., HARMS R.H., SIMPSON C.F., WALDROUP P.W., 1967. Reproduction performances in male chickens fed protein deficient diets during the growing period. *Poult. Sci.*, 46, 1569-1577.
- LECLERCQ B., BLUM J.C., CALET C., 1970. Influence des restrictions alimentaires intervenant dès la naissance sur les performances de ponte de deux souches de poulettes. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 19, 333-346.
- MacDANIEL G.R., 1986. Feed males and females separately. *Poultry Misset International*, 1, 12-13.
- PARKER J.E., MacSPADDEN B.J., 1943. Influence of feed restriction on fertility in male domestic fowls. *Poult. Sci.*, 22, 170-177.
- de REVIERS M., 1972a. Evaluation des réserves spermatiques dans les voies déférentes du coq. *Ann. Bioch. Biophys.*, 12, 5-11.
- de REVIERS M., 1972b. Evaluation de la production des spermatozoïdes chez le coq. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 12, 13-18.
- de REVIERS M., 1973. Le développement testiculaire chez le coq. III. Influence de la durée quotidienne d'éclairage sous photopériodes constantes. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 14, 591-600.
- de REVIERS M., 1975. Le développement testiculaire du coq. IV. Etude quantitative des cellules germinales du coq placé sous les photopériodes croissantes appliquées à des âges différents. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 15, 633-641.
- de REVIERS M., 1985. Conduite de l'élevage des coqs reproducteurs de type chair en vue de l'insémination artificielle. *Comptes rendus de la Conférence avicole WPSA-SIMAVIP* du 18 Octobre 1985, 2, 12-31.
- de REVIERS M., LECLERCQ B., BLUM J.C., 1973. Effets du rationnement alimentaire appliqué dès l'éclosion sur le développement testiculaire et la production de spermatozoïdes du coq. *Journées de Recherches Avicoles et Cunicoles* 12-13-14 décembre 1973, ed. : ITAVI, 111-119.
- SAEID J.M., de REVIERS. 1982. Effets du rationnement alimentaire protéique sur le développement testiculaire et la production de spermatozoïdes chez les coqs de souche « chair ». *Fertilité et Alimentation des volailles*, INRA édit., Versailles, 1982, 155-166.
- WILSON H.R., HARMS R.H., 1971. Use of low protein grower diets to delay sexual maturity of broiler breeder males. *Brit. Poult. Sci.*, 12, 157-163.
- WILSON J.L., MacDANIEL G.L., SUTTON C.D., RENDEN J.A., 1987. Semen and carcass evaluation of broiler breeder males fed low protein diets. *Poult. Sci.* 66, 1535-1540.

Summary

Combining feed restrictions and photoperiods in broiler breeders.

Adult broiler breeders tend to gain too much weight and put on excess fat. Therefore they must be submitted to feed restrictions to allow the expression of their reproductive potential at an economical feed-to-chick ratio.

However, in adult cockerels previously fed ad libitum, such restrictions can decrease or even stop the sperm production within a few weeks. Restricted feeding during growth can delay the testicular development but does not prevent the cockerels from recovering a high sperm production some weeks after they are returned to an ad lib regime. But they tend to overeat and therefore rapidly recover too much weight and fat.

Feed restrictions of cockerels must therefore be applied all over their life. This is feasible even in the case of natural mating, using a dual-feeding system for males and females. Increasing the daily photoperiod from 16 to 22 weeks of age can compensate the delay in sexual maturity. But maintaining the cockerels under long days induces a sharp decrease in the sperm production thereafter.

Such a decrease does not occur or occurs very slowly, when restricted cockerels are maintained under short days. The sperm production starts later then, but it also maintained at a high level if the cockerels are restricted from the 2nd week post hatching. This production starts earlier, but remains at a lower level in cockerels restricted later, from 6 weeks of age onwards.

These results are particularly interesting in the case of artificial insemination because they allow to use no more than 1 cockerel per 100 hens. The reduction in the number of cockerels allows to use only those having the highest ability to transmit to their offspring a high growth rate and a good body conformation.

DE REVIERS M., 1990. Effets du rationnement alimentaire chez le coq de type chair. Interactions avec la durée quotidienne d'éclairage. *INRA, Prod. Anim.*, 3 (1), 21-30.