

Faire marcher le poulet : pourquoi et comment

L'accroissement continu de la vitesse de croissance chez les volailles de chair a favorisé l'apparition de plusieurs maladies de l'appareil locomoteur, regroupées sous le terme de "troubles locomoteurs". Les boiteries et les éventuelles douleurs des animaux qui en découlent sont montrées du doigt par les protectionnistes et font partie d'une des priorités de recherche recommandées par l'Union Européenne.

Il semble que l'augmentation forcée de l'activité physique des poulets améliore la qualité de leurs os et diminue l'apparition des problèmes locomoteurs. Il faut donc aujourd'hui proposer aux éleveurs des solutions concrètes pour stimuler l'activité locomotrice spontanée en élevage. Cet article fait le point des travaux sur la modification de l'activité des volailles en conditions d'élevage, obtenue soit par l'aménagement du milieu, soit par la modification du programme alimentaire.

Aujourd'hui, la production mondiale de poulets de chair est la plus importante production avicole en nombre d'individus. Elle correspond à 45 milliards de poulets consommés par an. L'essentiel de cette production concerne le poulet de chair à croissance rapide. La vitesse de croissance des poulets a sans cesse été augmentée par l'amélioration

des souches et des conditions d'élevage : la durée de production d'un poulet de 1500 g est passée de 120 à 33 jours entre 1925 et 1998 (Albers 1998). Même si la production intensive du poulet de chair à croissance rapide a beaucoup d'avantages, car elle fournit une viande riche en protéines et bon marché, le type d'élevage qu'elle nécessite est très décrié en terme de bien-être animal. En effet, la recherche d'une croissance rapide des animaux s'est accompagnée de graves problèmes cardio-vasculaires (défaillances cardiaques aiguës, ascites) et ostéoarticulaires, appelés "troubles locomoteurs".

Résumé

La fréquence élevée de troubles locomoteurs d'origine multifactorielle pose un important problème de santé dans les élevages commerciaux de poulets de chair à croissance rapide. La forte incidence de ces anomalies de la démarche est en partie due à un manque d'activité physique.

Plusieurs facteurs ont un effet sur l'activité des animaux. Le poids individuel pendant les trois premières semaines de vie est corrélé négativement à l'indice global d'activité : les poussins les plus légers semblent donc être les plus actifs. L'augmentation de l'hétérogénéité environnementale (barrières, jouets, sable, nouveaux objets) peut stimuler l'activité de façon temporaire, mais n'est pas suffisante en elle-même pour diminuer les boiteries. Introduire de la complexité dans le programme alimentaire (forme, horaire de distribution, composition) semble beaucoup plus efficace pour stimuler l'activité exploratoire des animaux, mais celle-ci est alors souvent associée à une légère réduction du poids. Les modifications d'activité induites permettent de diminuer les boiteries. Introduire des changements d'aliments stimule l'activité et semble être une voie intéressante de prévention des troubles locomoteurs.

De nombreuses études montrent que l'exercice physique, et particulièrement la marche, ont un effet bénéfique sur la qualité de l'os chez l'homme et chez les animaux. Chez le poulet de chair, l'activité locomotrice diminue la fréquence des déformations osseuses des pattes. L'objectif de cet article est de faire le point sur les moyens et les pistes de recherche pour stimuler l'activité locomotrice des poulets de chair et réduire la proportion d'animaux boiteux. Quelques résultats originaux complètent également cet article.

1 / Pourquoi faire marcher les poulets ?

1.1 / Les troubles locomoteurs des poulets de chair

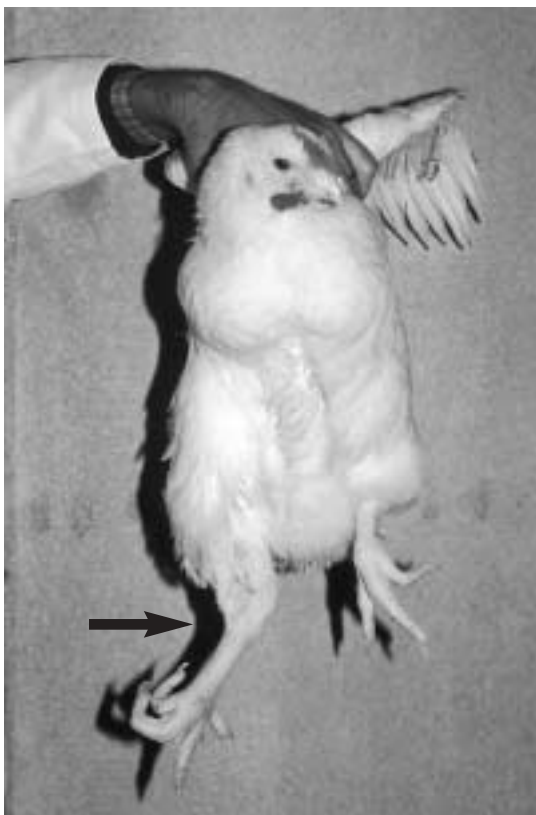
a / Description

Le terme de troubles locomoteurs est utilisé pour décrire l'ensemble des boiteries, des défauts d'aplombs et des anomalies osseuses du poulet. Nous ne parlerons ici que des troubles locomoteurs d'origine multifactorielle (voir la revue de Thorp 1994). Ils représentent les cas les plus nombreux de troubles locomoteurs rencontrés chez les volailles de chair en croissance et entraînent les pertes économiques les plus importantes (Hester 1994). Ces troubles locomoteurs sont douloureux pour les animaux (McGeown *et al* 1999, Danbury *et al* 2000) et les empêchent de se déplacer normalement.

Les problèmes de l'appareil squelettique rencontrés chez les volailles de chair (principalement poulet et dindon) regroupent des maladies de nature différente (doigts crochus, dyschondroplasie tibiale, angulation varus-valgus du tarse, voir la revue de Leterrier *et al* 1998). Par exemple, dans certains cas, l'angulation varus-valgus du tarse peut occasionner des déformations graves de

Une croissance rapide et le manque d'exercice physique favorisent l'apparition des troubles locomoteurs des volailles.

Figure 1. Poulet de chair atteint d'un valgus au membre inférieur droit. L'angulation anormale de l'articulation s'accompagne ici d'un déplacement latéral des tendons jambiers caudaux.



INRA Productions Animales, Février 2004

l'os (Leterrier et Nys 1993) et faire glisser les tendons jambiers caudaux hors des condyles tibiaux, ce qui semble engendrer les cas les plus sévères de boiteries (figure 1). Le mécanisme d'apparition de ce syndrome met en cause une faiblesse du tissu osseux, même si ce facteur n'est pas le seul qui intervienne dans le développement de cette anomalie (Thorp 1994, Leterrier *et al* 1998).

A cause de leurs origines et de leurs formes cliniques très variées, les troubles locomoteurs du poulet de chair sont diagnostiqués et quantifiés de multiples façons par les auteurs en fonction du nombre d'animaux et du but des études :

- en donnant une note globale à la qualité de la marche (*gait score*, développé par Kestin *et al* 1992) ;
- en procédant à l'étude objective des amplitudes des déplacements (Abourachid 1991 et 1993, Abourachid et Renous 1993, Reiter et Bessei 1997) ;
- en notant les aplombs des membres inférieurs de l'animal vivant (Leterrier et Nys 1992) ;
- ou, indirectement, en mesurant la qualité des os après le sacrifice de l'animal (lésions de dyschondroplasie tibiale, résistance à la rupture, porosité, degré de minéralisation ...).

b / Conséquences des troubles locomoteurs

Conséquences économiques

La souche, les conditions d'élevage et la méthode d'évaluation ont une influence majeure sur l'estimation des conséquences économiques des troubles locomoteurs. En France, dans les élevages intensifs de poulets de chair, la fréquence des animaux atteints de troubles locomoteurs se situe environ à 4 % (Mirabito et Renouf 1999). Plutôt qu'une mortalité très importante, ces troubles entraînent surtout une forte morbidité des animaux : d'après des études faites en élevage intensif, entre 75 et 90 % des animaux ont une démarche altérée, et entre 26 et 30 % ont une démarche sévèrement altérée (Kestin *et al* 1992, Sanotra *et al* 2001b), ce qui entraîne une augmentation de l'indice de consommation et une diminution de la vitesse de croissance. Au-delà des pertes économiques directes, ces troubles affectent aussi l'image de qualité promue par la filière avicole.

Conséquences comportementales

De nombreuses études ont comparé le comportement d'animaux sains et boiteux. Un poulet boiteux a un niveau d'activité réduit et semble plus sensible aux stimuli effrayants qu'un poulet sain (Davies et Weeks 1995, Vestergaard et Sanotra 1999). Le rythme alimentaire des poulets boiteux change. Un poulet boiteux va moins souvent à la mangeoire, mais fait des repas plus longs (Weeks *et al* 2000). Dans les élevages industriels, l'accès aux mangeoires est rendu difficile par les fortes densités d'animaux et la hauteur des mangeoires. Dans le cas de boiteries très graves, les poulets qui ne peuvent plus se déplacer pour aller manger finissent par mourir de faim s'ils ne sont pas euthanasiés auparavant par l'éleveur.

Des études indiquent que les poulets atteints de boiteries graves souffrent de manière chronique. Quand ils sont entraînés à discriminer entre deux aliments contenant ou non un analgésique, les poulets atteints de boiteries ingèrent plus d'aliment avec l'analgésique que les poulets sains, et ce d'autant plus que la boiterie est sévère (Danbury *et al* 2000). De plus, des poulets boiteux à qui on a administré un analgésique, traversent un parcours d'obstacles plus rapidement et font plus de bains de poussière que ceux à qui on a injecté une solution saline (McGeown *et al* 1999, Sanotra *et al* 2001a). Le temps passé debout semble réduit au minimum. Malheureusement, la position couchée augmente le temps passé en contact avec la litière, parfois de mauvaise qualité, ce qui peut favoriser les pododermatites (Ekstrand *et al* 1998).

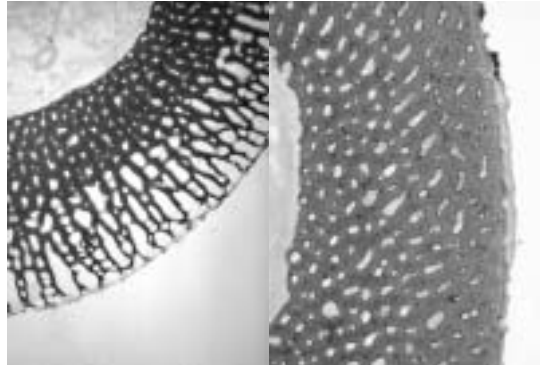
Conséquences législatives

Aujourd'hui, le bien-être des animaux d'élevage est de plus en plus pris en compte dans la société, aux plans médiatique, politique et scientifique. En 1995, le Conseil de l'Europe a repris les recommandations publiées par l'organisme anglais Farm Animal Welfare Council (1992) pour améliorer le bien-être du poulet de chair en élevage intensif. En 2000, la Commission Européenne a publié un rapport sur le bien-être des poulets de chair en élevage, qui recommande de veiller aux problèmes de santé pour les animaux issus de souche à vitesse de croissance très élevée. Il sera probablement suivi bientôt de nouvelles directives européennes pour normaliser les conditions d'élevage du poulet de chair.

1.2 / Moyens de prévention pratiques

Depuis quelques années, la recherche scientifique étudie les moyens prophylactiques possibles pour limiter, voire empêcher, l'apparition des troubles locomoteurs. L'incidence des troubles de la démarche dépend de facteurs multiples, aujourd'hui identifiés : origine génétique, vitesse de croissance et manque d'exercice physique sont les facteurs déclenchants essentiels. On sait par exemple que les poulets issus de croisements à croissance lente sont moins sensibles aux déformations osseuses et qu'ils ont un squelette plus solide que les poulets issus de croisements à croissance rapide (Kestin *et al* 1999 et 2001, Leterrier et Constantin 1999, Williams *et al* 2000, voir figure 2). La variabilité de la sensibilité aux troubles locomoteurs qui existe à l'intérieur des souches (Le Bihan-Duval *et al* 1996) a permis aux sélectionneurs de réduire l'incidence de ces problèmes en sélectionnant contre les troubles locomoteurs, sans toutefois les éliminer totalement. Outre la sélection, la prévention de cette maladie se fait aussi en réduisant la vitesse de croissance au démarrage en maîtrisant le programme lumineux ou l'alimentation. Cependant, l'incidence de ces troubles est encore importante en élevage et il faut proposer de nouveaux moyens aux éleveurs pour la réduire.

Figure 2. Coupes de cortex tibial de poulet de chair à croissance rapide, très poreux (à gauche) et de poulet de chair à croissance lente, type Label, peu poreux (à droite). Les animaux ont un poids équivalent (environ 820 g) et sont âgés de 21 jours (poulet à croissance rapide) et de 42 jours (poulet à croissance lente).



1.3 / Faire marcher le poulet : une solution à envisager

Les sollicitations mécaniques qui agissent sur l'appareil musculo-squelettique quand l'animal est debout et se déplace, permettraient de consolider le squelette en favorisant la minéralisation du tissu osseux et donc de diminuer le risque de développer des troubles locomoteurs (Simons 1986). Cet effet de l'exercice se retrouve de façon générale chez beaucoup d'espèces, en particulier chez l'homme dans le cas de l'ostéoporose.

a / Relation exercice – troubles locomoteurs

A l'origine, les quelques études qui ont réussi à diminuer l'incidence des troubles locomoteurs, principalement en manipulant le programme lumineux des animaux, ont attribué ce succès à une augmentation du niveau d'activité des animaux (Hester *et al* 1983, Wilson *et al* 1984). Les travaux de Simons (1982) et de Newberry *et al* (1985 et 1988) sur les facteurs lumineux ont permis de confirmer cette hypothèse. D'autres expériences montrent que l'incidence des troubles locomoteurs est réduite si on force les animaux à se déplacer davantage en augmentant la distance entre les mangeoires et les abreuvoirs (Haye et Simons 1978, Reiter et Bessei 1998b, voir le tableau 1) ou par un entraînement forcé sur tapis roulant (Reiter et Bessei 1998a).

b / Relation exercice - qualité de l'os

Des études anciennes montrent que l'accès à un parcours extérieur permet d'améliorer la qualité de l'os cortical de l'humérus et du fémur, et de diminuer les déformations osseuses chez les volailles (Rodenhoff et Dammrich 1971 et 1973). Chez le poulet de chair, un entraînement avec carrousel améliore la vascularisation de la plaque de croissance (Thorp et Duff 1988). L'entraînement quotidien sur tapis roulant (100 m ou 200 m par jour) augmente l'épaisseur et la densité du cortex de l'extrémité proximale et de la

Tableau 1. Effet de la distance entre l'abreuvoir et la mangeoire sur les performances, l'activité et les troubles locomoteurs chez le poulet de chair (d'après Reiter et Bessei 1998b).

Distance abreuvoir-mangeoire	2 m	12 m	P
Poids vif (g)	2022	2014	NS
Animaux éliminés pour troubles locomoteurs (%)	3,2	1,3	< 0,05
Mortalité d'origine cardiaque (%)	2,7	1	< 0,05
Temps passé debout ou à courir (%)	5,5	15	< 0,01
Distance parcourue en 24 h (m)	91	374	< 0,05
Note d'activité (de 1 à 5 ; 5 = faible activité)	3,13	2,11	< 0,01

Augmenter l'activité physique des poulets de chair leur permet de mieux consolider leur squelette.

diaphyse du tibia (Reiter et Bessei 1998a, Rutten 2000). Ces relations entre exercice, qualité de l'os et troubles locomoteurs suggèrent donc que les systèmes stimulant l'activité locomotrice des poulets ou permettant aux poulets de davantage se déplacer entraîneront une diminution de la fréquence des troubles locomoteurs.

c / Niveau d'activité

L'efficacité croissante de la sélection génétique pour des poulets à croissance rapide et à faible indice de consommation semble malheureusement avoir favorisé les animaux les plus sédentaires et les moins actifs. Plusieurs études ont comparé le comportement de poulets de lignées de chair de type standard, pesant 2 kg à 6 semaines et très sensibles aux troubles locomoteurs, à celui de poulets de type Label Rouge, pesant 2 kg à 12 semaines et très peu sujets aux troubles locomoteurs. Dès l'âge de 2 jours et jusqu'à 12 semaines, les poulets de chair de type standard sont significativement moins actifs que les poulets de type Label Rouge (Reiter et Bessei 1998a, Bizeray *et al* 2000, Reiter et Kutriz 2001, Bokkers et Koene 2003). La différence précoce d'activité à 2 jours (Bizeray *et al* 2000), à un âge où le poids est encore similaire pour les deux lignées, suggère un effet génétique fort qui influence l'activité des poulets.

A partir de l'âge de quatre semaines, les poulets à croissance rapide passent la majorité de leur temps couchés, et ceci de façon de plus en plus accentuée depuis une vingtaine d'années : ils passaient entre 60 et 70 % du temps en position couchée dans les années 1980 (Preston *et al* 1983, Murphy et Preston 1988) et passent aujourd'hui jusqu'à 80 ou 90 % du temps dans cette posture (Weeks *et al* 2000), et cela même lorsqu'ils ont accès à un parcours extérieur (Weeks *et al* 1994).

La forte proportion de temps passé couché s'accompagne logiquement d'une activité locomotrice réduite. Newberry et Hall (1988) estiment la distance moyenne parcourue par heure à 2,5 m, mais ils sous-estiment la locomotion en n'observant les poulets qu'une fois par heure. En revanche, en observant les poulets de façon continue, Lewis et Hurnik (1990) estiment la distance parcourue à environ 8,8 m

en moyenne par heure, soit 212 m au total par jour. Le temps passé à marcher est très faible : la locomotion ne représente que 2 à 5 % du temps du poulet (Weeks *et al* 2000, Reiter et Kutriz 2001). Les déplacements sans but identifié sont plus nombreux mais plus brefs que ceux à vocation alimentaire (Gordon et Tucker 1993, Bizeray *et al* 2000). Le temps passé à marcher diminue avec la densité animale de l'élevage car celle-ci induit une restriction physique (Lewis et Hurnik 1990). Beaucoup d'études indiquent une chute drastique du niveau d'activité, particulièrement locomotrice, avec l'âge et la prise de poids, et une augmentation du temps passé couché (Bessei 1992, Weeks *et al* 1994, Cornetto et Estevez 2001, Bokkers et Koene 2003).

2 / Comment faire marcher les poulets ?

D'une façon générale, tous les facteurs qui stimulent la vitesse de croissance, la prise de poids au démarrage et un exercice inadapté favoriseront l'apparition de boiteries (Hester 1994, Reiter et Bessei 1998b, Kestin *et al* 2001). Il faut donc analyser les moyens susceptibles d'augmenter l'activité locomotrice des animaux pour favoriser la consolidation du squelette (Bizeray 2001).

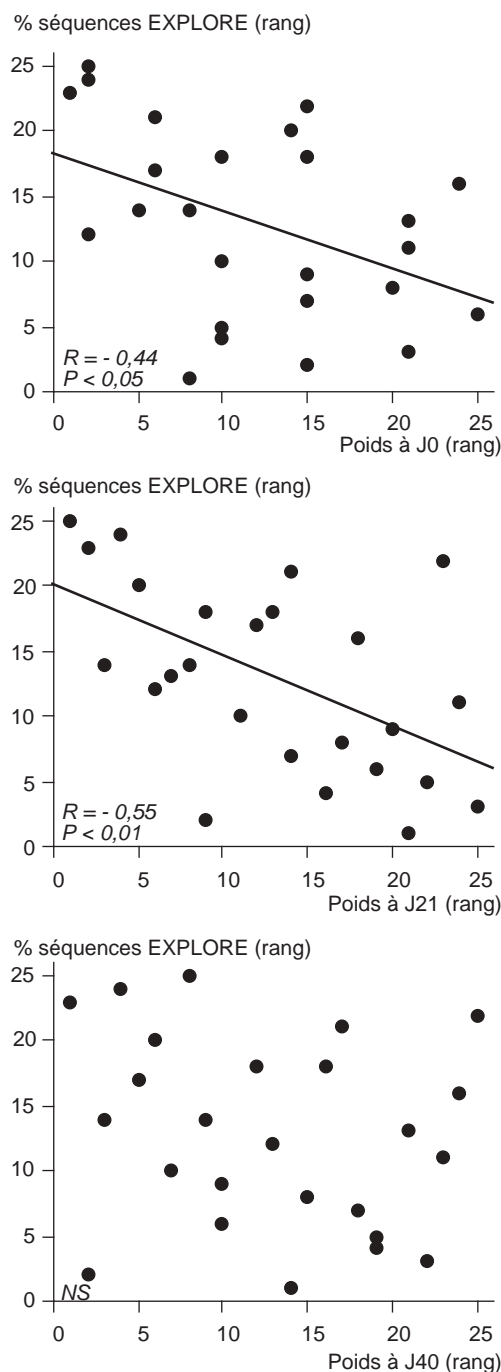
2.1 / Réduire le poids

Les facteurs qui réduisent l'ingéré alimentaire et la croissance au démarrage permettent en général de diminuer en partie la prévalence des troubles locomoteurs, mais sans jamais les éliminer totalement. Par exemple, la proportion de poulets boiteux diminue quand la vitesse de croissance est réduite par rationnement (Haye et Simons 1978). Une étude de Sanotra *et al* (2001b) en élevage commercial montre qu'un poids vif élevé est un important facteur de risque de développement de troubles locomoteurs.

Cependant la relation entre le poids vif et le niveau d'activité n'est pas totalement éclaircie. Bizeray *et al* (2002d) ont décrit de façon détaillée l'organisation des items comportementaux chez le poulet de chair à croissance rapide entre l'éclosion et l'âge de 6 semaines. Leur description a permis de classer les séquences d'activité du poulet de chair en cinq classes, en fonction du comportement qui a duré le plus longtemps durant la séquence. La classe EXPLORE, définie comme la catégorie de séquences d'activité durant lesquelles les poulets ont passé la majorité de leur temps à explorer, contient l'activité locomotrice la plus élevée. La fréquence de cette classe peut donc être utilisée comme indicateur d'activité générale sur toute la période durant laquelle un animal est observé.

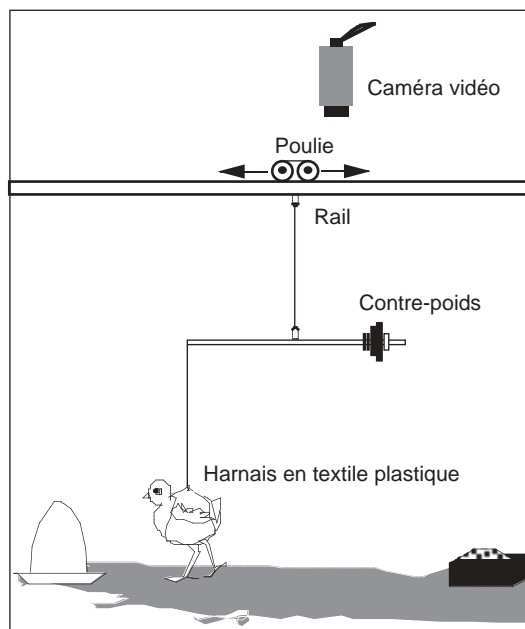
En reprenant les données issues de cette expérience, nous avons donc calculé, pour chaque individu, la proportion de séquences de la classe EXPLORE rapportées au nombre total de séquences observées sur la période d'élevage. Cette mesure peut être utile pour étudier les relations intra-individuelles entre

Figure 3. Relations entre le poids à J0, J21 et J40 et le pourcentage de séquences de la classe EXPLORE (voir texte) sur tous les âges observés. Chaque point représente un individu ($n = 25$). Les axes représentent les rangs, c'est-à-dire la place du poids ou du pourcentage de séquences de l'individu dans une liste ordonnée de façon croissante (d'après les résultats de Bizeray et al 2002d).



une caractéristique comportementale (le niveau d'activité) et une caractéristique corporelle (le poids vif). Le pourcentage de séquences de la classe EXPLORE est négativement corrélé au poids à l'éclosion ($R_{\text{Spearman}} = -0,44$; $P < 0,05$) et au poids à 21 jours ($R_{\text{Spearman}} = -0,55$; $P < 0,01$, figure 3). Durant les trois premières semaines de vie, les poussins les plus légers sont donc aussi les plus actifs. En revanche, il n'y a pas de corrélation significative entre le poids à 40 jours et le pourcentage de séquences EXPLORE.

Figure 4. Système de suspension utilisé pour soulager les jeunes poulets de la moitié de leur poids vif (d'après Rutten et al 2002).



Plusieurs éléments peuvent expliquer la corrélation entre l'âge, le poids et l'activité :

- la sélection pour le développement des masses pectorales a déplacé le centre de gravité des animaux sur l'avant, ce qui augmente grandement l'effort des oiseaux pour se maintenir debout en équilibre (Abourachid 1993) et les prédispose donc à rester couché ;
- le développement de la masse corporelle en général et des masses pectorales en particulier augmente le coût énergétique du déplacement (Abourachid et Renous 1993). Ainsi, des poulets que l'on soulage de la moitié de leur poids par un appareillage passent plus de temps à marcher, probablement du fait que les déplacements demandent moins d'énergie (figure 4, Rutten *et al* 2002) ;
- l'énergie nécessaire à la prise de poids (un poussin multiplie son poids par 50 en l'espace de six semaines) diminue l'énergie disponible pour la locomotion ;
- le poids augmente la pression sur les articulations (Abourachid 1993) et les troubles locomoteurs apparaissent. Les déplacements peuvent occasionner des douleurs au niveau des membres postérieurs, douleurs qui inhiberaient alors le comportement locomoteur des animaux. Ainsi, vers la fin de la période d'élevage, la douleur induite par les déplacements inhiberait les déplacements à vocation alimentaire chez les animaux les plus lourds et réduirait donc leur croissance. La diminution des différences de poids entre les animaux gommerait ainsi les relations significatives entre le niveau d'activité et le poids vif qui avaient été détectées au début de la période d'élevage.

2.2 / Modifier l'environnement

Pour stimuler l'activité des animaux, l'espace peut être aménagé en "enrichissant" le logement des animaux. De très nombreux tra-

vaux ont montré que l'élevage en cage, les faibles intensités lumineuses et les fortes densités diminuent l'activité des poulets et augmentent l'incidence des troubles locomoteurs (Classen 1992, Hester 1994, Lewis et Morris 1998). Nous développerons ici les travaux récents ayant cherché à augmenter la complexité du milieu en modifiant l'agencement des dispositifs présents (mangeoires et abreuvoirs) ou en introduisant une hétérogénéité environnementale.

a / Disposition des mangeoires et des abreuvoirs

Augmenter la distance mangeoire-abreuvoir de 2 à 12 mètres permet d'augmenter la locomotion et de diminuer l'incidence des troubles locomoteurs chez le poulet en croissance (tableau 1, Reiter et Bessei 1998b). Par contre, l'augmentation de la distance de 1 à 2 mètres n'est pas suffisante chez le dindon pour prévenir des troubles locomoteurs (Noble *et al* 1996).

Certains dispositifs séparent la mangeoire de l'abreuvoir par une barrière qui peut être enjambée ou contournée. Cette disposition des barrières, ainsi que leur faible hauteur, semble favoriser leur utilisation en tant que perchoirs, mais ne permet pas de diminuer l'incidence des boiteries (Bizeray *et al* 2002b et 2002c). De même, des rampes qui donnent accès à la mangeoire, quand celle-ci est surélevée, ne modifient pas l'incidence de la dyschondroplasie tibiale, même si la résistance mécanique des tibias a pu être améliorée dans un des essais (Balog *et al* 1997).

b / Perchoirs

Beaucoup d'études mentionnent l'intérêt des perchoirs car ils permettent aux poulets d'adopter une posture naturelle impossible sans la présence de ce dispositif et augmentent la place disponible au sol (Hughes et Elson 1977). Le problème est souvent que ces perchoirs sont peu utilisés. Le taux de perchage dépend en effet de l'ergonomie du perchoir, de la densité des animaux (Pettit-Riley *et al* 2002), du poids des animaux (Koene *et al* 1999), de leur âge et de leur capacité locomotrice (Davies et Weeks 1995). Dans les quelques études où les boiteries sont mesurées, les perchoirs n'apportent pas d'amélioration significative de l'état des pattes (Koene *et al* 1999, Su *et al* 2000). La résistance mécanique des tibiotarses n'est pas significativement différente chez les poulets qui se perchent comparée à celle des animaux qui ne se perchent pas (Martrenchar *et al* 2000).

c / Matériel à explorer

L'introduction d'objets nouveaux est souvent utilisée pour enrichir le milieu d'élevage. En effet, l'environnement du poulet de chair en élevage est très homogène et très pauvre (mangeoires, abreuvoirs et litière au sol). Newberry (1999) montre que l'introduction quotidienne d'un objet totalement nouveau dans une aire périphérique induit une forte motivation chez les poules à entrer dans l'aire adjacente et à explorer le nouvel objet.

Le nombre et la sévérité des lésions de dyschondroplasie tibiale sont réduits par l'introduction de jouets dans une expérience menée par Balog *et al* (1997), mais ce résultat n'est pas retrouvé lors de la répétition de l'expérience. De plus, l'effet de l'introduction des jouets sur le répertoire comportemental n'est pas rapporté par les auteurs. L'introduction de bacs remplis de sable permet d'augmenter efficacement le comportement d'exploration pendant les premières semaines de vie, mais cette augmentation ne permet pas de réduire le nombre d'anomalies tarsiennes, ni d'améliorer la qualité du tissu osseux (Arnould *et al* 2004). L'activité exploratoire étant stimulée quand les animaux doivent chercher leur nourriture (Chamove 1989, Koene 1998), Bizeray *et al* (2002b, 2002c) ont dispersé des grains de blé entiers dans la litière, dans le but d'augmenter le comportement exploratoire des poulets. Cependant, sans doute parce qu'ils sont alimentés *ad libitum*, les poulets n'augmentent pas le temps passé à explorer la litière et aucun effet bénéfique sur les boiteries n'est montré.

d / Hétérogénéité lumineuse

La lumière peut également être utilisée pour introduire de la complexité en utilisant des spots lumineux mobiles 4 heures par jour pendant toute la durée de l'élevage chez le poulet de chair, mais ceci n'améliore pas la note de boiterie ni la qualité des os (Bizeray *et al* 2002b). L'introduction de spots lumineux clignotants combinée à la présence de divers objets (panneaux, chaînes) permet de réduire le picage et augmente la latence du coucher après 2,5 minutes de maintien forcé en position debout chez le dindon (Sherwin *et al* 1999).

e / Conclusions

Le tableau 2, qui récapitule les principaux résultats, souligne la difficulté d'augmenter l'activité des poulets à croissance rapide et donc de réduire le nombre des animaux atteints de troubles locomoteurs par la voie de l'aménagement du milieu. Si l'introduction d'hétérogénéité environnementale augmente parfois l'activité exploratoire à un stade précoce, il est souvent difficile d'entretenir un niveau suffisant d'activité locomotrice pour prévenir efficacement les troubles locomoteurs.

2.3 / Modifier l'alimentation

Les facteurs strictement nutritionnels (composition en minéraux ou vitamines) qui favorisent l'apparition des troubles locomoteurs ont été largement revus (Whitehead 1997, Edwards 2000). La réduction de la vitesse de croissance a des effets positifs surtout si elle est mise en place durant la phase de démarrage de l'élevage. Le premier objectif de ce type de rationnement est surtout l'amélioration de l'efficacité alimentaire des poulets (Yu et Robinson 1992). Les auteurs cherchent aussi par cette méthode à améliorer l'état sanitaire des animaux, mais les

Tableau 2. Récapitulatif des modifications de l'environnement destinées à augmenter l'activité et/ou à améliorer l'état des pattes chez les volailles de chair (? : effet non mesuré, 0 : pas d'effet significatif, + : effet positif, - : effet négatif).

Facteurs testés	Activité des animaux	État des pattes	Référence
Augmenter la distance mangeoire-abreuvoir	+ ?	+ 0	Reiter et Bessei 1998b Noble <i>et al</i> 1996
Barrières entre la mangeoire et l'abreuvoir	+	0	Bizeray <i>et al</i> 2002b, 2002c
Rampe pour accéder à l'aliment	?	0 / +	Balog <i>et al</i> 1997
Perchoirs	+ / - ? ?	0 0 0	Koene <i>et al</i> 1999 Su <i>et al</i> 2000 Martrenchar <i>et al</i> 2000
Mettre des objets nouveaux	+ ?	0 0 / +	Newberry 1999 Balog <i>et al</i> 1997
Sable	+	0	Arnould <i>et al</i> 2004
Mettre des grains de blé dans la litière	0	0	Bizeray <i>et al</i> 2002b, 2002c
Augmenter l'hétérogénéité lumineuse	+ ?	0 +	Bizeray <i>et al</i> 2002b, 2002c Sherwin <i>et al</i> 1999

résultats sont souvent variables et plusieurs études ne réussissent à améliorer l'état des pattes qu'en réduisant le poids final à l'abattage (Leterrier et Constantin 1996, Sørensen et Kestin 1997, Su *et al* 1999). En général, l'étude de l'influence du régime alimentaire sur la croissance des animaux ou sur les boiteries passe par un appauvrissement qualitatif des aliments (Hester *et al* 1990, Leterrier et Constantin 1996), par un rationnement quantitatif des animaux (Robinson *et al* 1992, Sørensen et Kestin 1997, Su *et al* 1999) ou par une réduction de la phase d'éclaircissement (Riddell 1992).

Les caractéristiques de l'aliment ont une influence décisive sur le comportement alimentaire du poulet (Picard *et al* 1993). Le poulet est capable de réagir rapidement à des déficiences en acides aminés dans l'aliment en ajustant leur ingéré alimentaire. L'activité locomotrice augmente chez des rats et des poulets nourris avec des aliments pauvres en protéines ou en acides aminés (Bolton *et al* 1979, Rovee-Collier *et al* 1993) et la restriction alimentaire augmente l'activité locomotrice chez le dindon de chair (Hocking *et al* 1999). La modification de l'aliment peut donc influencer le comportement des poulets. La manipulation du paramètre alimentaire sera d'autant plus efficace que les déplacements à vocation alimentaire constituent une part grandissante du répertoire comportemental des poulets au fur et à mesure de leur prise de poids (Bizeray *et al* 2002d).

Plusieurs études tentent de modifier l'activité et l'état sanitaire en jouant sur le programme de distribution de l'aliment. Donner l'aliment sous forme de repas en laissant des courtes périodes de jeûne durant la journée réduit les troubles locomoteurs (Edwards et Sorensen 1987, Su *et al* 1999). Distribuer deux aliments différents en alternance, système appelé alimentation séquentielle par Gous et Du Preez (1975), est surtout utilisé dans le but d'améliorer l'efficacité alimentaire des animaux (Foote et Rose 1991, Rose *et al* 1995). Des poulets nourris avec un aliment riche en énergie et un autre aliment riche en protéines

passent plus de temps debout, marchent plus et explorent plus que ceux qui ont un seul aliment équilibré (Picard 1997). En conditions réelles d'élevage, l'alimentation séquentielle entre du blé entier et un aliment complet n'a pas d'influence négative sur le poids final et permet d'augmenter l'activité locomotrice des poulets (Noirot *et al* 1999a et 1999b), mais les auteurs ne rapportent pas les effets sur l'état des membres postérieurs.

Nous présenterons ici quelques résultats originaux issus d'expérimentations dont l'objectif principal était de cerner les relations entre le mode de présentation de l'aliment, le niveau d'activité et l'incidence des troubles locomoteurs chez le poulet de chair.

a / Forme de l'aliment

Jensen (1993) et Savory (1974) rapportent que des poulets nourris avec de la farine passent plus de temps à manger que ceux nourris avec des granulés. Il est donc probable que l'augmentation du temps passé à manger stimulera l'activité locomotrice ou tout au moins le temps passé debout.

Nous avons donc comparé la croissance et le comportement de poulets nourris avec un même aliment standard présenté sous deux formes différentes. Entre J3 et J21, deux lots de poulets ont été nourris soit avec un aliment sous forme de granulés (lot G), soit avec le même aliment sous forme de farine (lot F). Leur comportement a été observé sur toute la période d'élevage en quantifiant la durée des comportements observés pendant les périodes d'activité des animaux (périodes d'activité entre le moment où un poulet se lève et se recouche). Pour connaître le protocole détaillé de la méthode d'observation, le lecteur se référera aux méthodes employées par Bizeray *et al* (2000).

Les animaux nourris avec de la farine sont plus légers à J42 (2024 ± 44 g versus 2180 ± 40 g, $P < 0,05$). Pendant les séquences d'activité alimentaire, les poussins du lot F passent plus de temps à manger à J6-7 que ceux du lot G (durée moyenne par séquence : 95 ± 31 s ver-

Changer l'agencement du matériel d'élevage ou introduire des objets nouveaux peut augmenter l'activité des poulets, mais a souvent peu d'effet sur l'incidence des boiteries.

sus 19 ± 12 s, $P < 0,05$), mais la différence n'est pas significative pour les autres âges. Dans les deux groupes, le temps passé à explorer lors des séquences non alimentaires augmente après chacune des transitions alimentaires (passage de la farine aux granulés), après J3 pour le lot G et après J21 pour le lot F (figure 5). Le nombre d'individus testés ne permet pas de préciser l'influence du traitement sur les troubles locomoteurs.

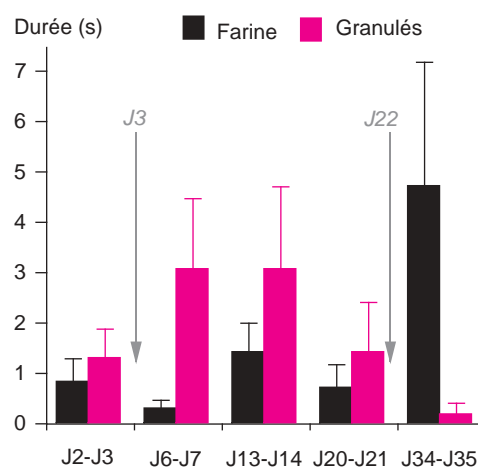
Les poulets de type standard semblent donc sensibles aux changements de la forme de l'aliment. Ces résultats corroborent ceux de Vilariño (1997) qui détecte une augmentation des activités dirigées vers la litière après le passage à un aliment inconnu. L'exploration pourrait donc, dans ce cas, être qualifiée d'activité redirigée de la mangeoire vers le sol. Le comportement exploratoire augmente donc avec un changement de présentation de l'aliment. Il ressort de cette expérience que ce n'est pas tant l'aliment en lui-même qui modifie le comportement, mais plutôt le changement d'aliment.

b / Alternance de deux aliments (alimentation séquentielle)

Faisant suite à ces résultats, nous avons testé un système d'alimentation séquentielle dans une deuxième expérience où la qualité protéique du régime proposé varie au cours de la journée. Nous avons proposé en alternance au cours de la journée un aliment Lys-pauvre en un acide aminé essentiel (la lysine) et un aliment Lys+ équilibré en acides aminés. Les durées quotidiennes de présentation de chaque aliment variaient selon la phase de l'élevage (tableau 3). Chaque traitement (Séquentiel : lot S, Témoin : lot T) comprenait six groupes de 10 individus. L'aliment Lys- contient 70 % de lysine par rapport au taux de lysine contenu dans l'aliment Lys+. Les deux aliments Lys+ et Lys- étaient présentés sous la même forme (granulés de 2,5 mm de diamètre). De J2 à J21, les mangeoires alternaient deux fois par jour dans tous les groupes (Témoin et Séquentiel).

Les données de croissance, de consommation d'aliment et d'indice de consommation sont résumées dans le tableau 4. Les poussins

Figure 5. Temps passé à explorer durant les séquences d'activité non alimentaire. Six groupes de 5 poulets à croissance rapide ont été nourris avec des granulés de type démarrage entre J3 et J21 (lot G), alors que six autres groupes de 5 poulets ont été nourris avec un aliment identique, mais présenté sous forme de farine (lot F) pendant la même période. Avant J3, tous les animaux étaient nourris avec l'aliment de type démarrage sous la forme de farine. A partir de J22 et jusqu'à J42, tous les poulets ont été nourris avec l'aliment de type " finition " sous la forme de granulés (d'après Bizeray, données non publiées). Effets du traitement (test U de Mann-Whitney) : * $P < 0,05$.



du lot S sont plus légers que ceux du lot T à J9 et J21, mais leur retard de croissance est rattrapé à l'âge de l'abattage. Cependant, les poids sont plus hétérogènes dans le lot S que dans le lot T. Les poulets S consomment moins d'aliment aux périodes où ils sont les plus légers. L'indice de consommation global n'est pas affecté par le programme d'alimentation séquentielle.

L'alimentation séquentielle entre un aliment pauvre en lysine et un aliment équilibré pendant les premières semaines de vie réduit donc la croissance. Même si la variabilité est importante dans le lot S, le retour à une alimentation équilibrée et l'utilisation d'une photopériode longue permettent aux poulets S d'avoir une croissance compensatrice suffi-

Tableau 3. Horaires de présentation des aliments pour chaque groupe et à chaque période d'élevage. L'aliment Lys- (EM = 3250 kcal/kg, MAT = 23,2 %, Lysine = 0,85 %, Ca = 0,97 %, P disponible = 0,42) est appauvri en lysine par rapport à l'aliment Lys+ (EM = 3233 kcal/kg, MAT = 23,2 %, Lysine = 1,19 %, Ca = 0,97 %, P disponible = 0,42) (d'après D. Bizeray, données non publiées).

Période	Période test / témoin (durée)	Horaires de présentation de l'aliment	Aliment présenté		Photopériode
			Lot Séquentiel (S)	Lot Témoin (T)	
J1	Toute la journée		Lys +	Lys +	24L
J2 à J8 (phase 1)	Test (8 h)	9h-17h	Lys-	Lys+	16L:8D, nuit de
	Témoin (16 h)	17h-9h	Lys+	Lys+	21h à 5h
J9 à J21 (phase 2)	Test (2h)	10h-12h	Lys-	Lys+	20L:4D, nuit de
	Témoin (22h)	12h-10h	Lys+	Lys+	21h à 1h
J22 à J41	Toute la journée		Aliment finition équilibré		23L:1D, nuit de 23h à 0h

Le passage d'un aliment farine à un aliment granulé s'accompagne d'une augmentation de l'activité exploratoire.

Tableau 4. Poids vif, consommation de l'aliment et indice de consommation (moyennes + écarts types) sur toute la période expérimentale (d'après D. Bizeray, données non publiées).

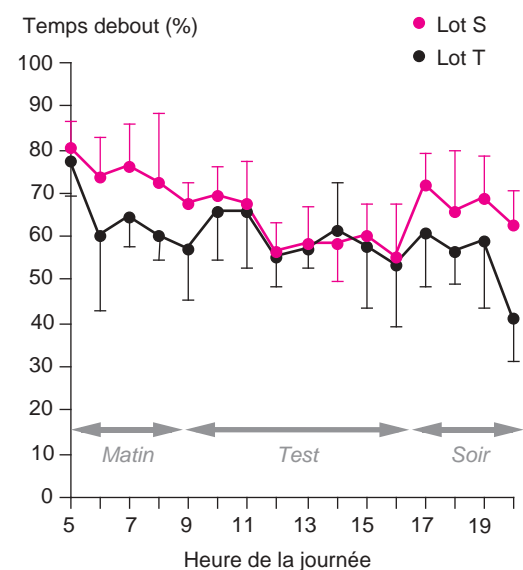
	Période	Lot S	Lot T	P ⁽¹⁾
Poids vif (g)	J0	35,0 ± 0,2	35,0 ± 0,2	ns
	J9	148,7 ± 5,2	170,7 ± 4,3	*
	J21	611,5 ± 17,9	674,1 ± 7,4	**
	J42	2295,3 ± 76,1	2390,4 ± 20,3	ns
Consommation aliment (g/animal/heure)	J0-J2	0,44 ± 0,01	0,46 ± 0,01	ns
	J2-J9	1,64 ± 0,07	1,70 ± 0,02	t
	J9-J21	3,01 ± 0,07	3,24 ± 0,05	*
	J21-J42	6,86 ± 0,17	6,86 ± 0,07	ns
Indice de consommation	J0-J9	1,73 ± 0,05	1,51 ± 0,03	*
	J9-J21	1,36 ± 0,02	1,39 ± 0,01	ns
	J21-J42	1,90 ± 0,04	1,85 ± 0,01	ns
	J0-J42	1,85 ± 0,03	1,80 ± 0,01	ns

⁽¹⁾ Comparaisons avec un test U de Mann-Whitney, t : P < 0,10 ; * : P < 0,05 ; ** : P < 0,01

sante pour annuler, à l'âge de l'abattage, les différences significatives de poids entre les traitements. Ce résultat est encourageant pour la suite des études sur l'alimentation séquentielle. De plus, l'indice de consommation global n'est pas affecté, ce qui est favorable à l'application de cette méthode en élevage commercial.

Dans une autre expérience, Bizeray *et al* (2002a) ont exploré l'influence d'un programme d'alimentation séquentielle avec les mêmes aliments, mais testés sur une période plus courte. De J2 à J13, six groupes de 10 poulets ont été nourris avec l'aliment Lys+ toute la journée (lot T) et six autres groupes de 10 poulets nourris de façon séquentielle avec l'aliment Lys- pendant la moitié de la journée et avec l'aliment Lys+ pendant l'autre

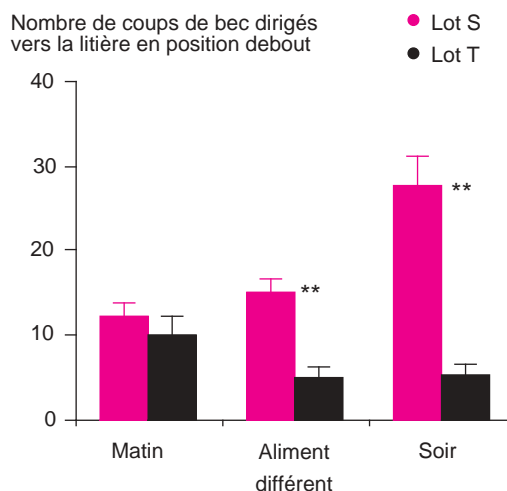
Figure 6. Temps passé debout (%) à J9. Les poulets du lot S reçoivent l'aliment Lys+ le matin et le soir et l'aliment Lys- pendant la période test, alors que les poulets du lot T sont nourris avec l'aliment Lys+ toute la journée. Pour chaque heure, le temps passé debout est la moyenne de 6 comptages espacés de 10 minutes du pourcentage d'animaux debout (d'après Bizeray *et al* 2002a).



moitié de la journée (lot S). De J13 à J21, tous les groupes ont été nourris avec l'aliment Lys+ et, à partir de J21 jusqu'à l'abattage (J42), ils ont tous reçus un aliment de finition standard. Les auteurs ont mesuré la croissance, l'incidence des troubles locomoteurs et le comportement des animaux sur toute la période d'élevage.

Les poulets du lot S sont plus légers que les poulets du lot témoin à J13 (304 ± 6 vs 378 ± 7 g) et à J42 (2588 ± 31 vs 2714 ± 10 g) et sont également significativement moins boiteux (note de boiterie : $1,6 \pm 0,1$ vs $2,1 \pm 0,1$; P < 0,05, la note 0 correspondant à une démarche normale). Pendant les jours d'alimentation séquentielle, les poulets du lot S mangent moins et gaspillent plus d'aliment Lys- que d'aliment Lys+. Ils passent aussi moins de temps debout et plus de temps couchés inactifs pendant la période de la journée où ils sont nourris avec l'aliment Lys- par rapport aux périodes où ils sont nourris avec l'aliment Lys+ (le matin et le soir, voir figure 6).

Figure 7. Nombre de coups de bec dirigés sur la litière en position debout pendant les séquences d'activité à l'âge de 7 et 8 jours pour les lots T et S (voir figure 6). ** P < 0,01 (d'après les résultats de Bizeray *et al* 2002a).



Alternier entre un aliment normal et un aliment légèrement carencé au début de la phase de croissance permet de diminuer par la suite le nombre d'animaux boiteux.

Pendant les journées d'alimentation séquentielle, les poulets du lot S passent également plus de temps à manger que ceux du lot T et ils augmentent au fur et à mesure de la journée le nombre de coups de becs dirigés vers la litière en position debout (figure 7). Les poulets avec un régime séquentiel augmentent donc temporairement leurs activités locomotrice et exploratoire, ce qui suggère un effet du programme d'alimentation sur l'état métabolique des animaux.

Cette expérience démontre donc qu'il est possible d'améliorer significativement la démarche des animaux en programmant un régime d'alimentation séquentielle pendant les premières semaines de vie du poulet. De futures études devront être mises en place pour déterminer la période optimale et le meilleur degré de rationnement qualitatif qui permettent un compromis acceptable économiquement entre la diminution des troubles locomoteurs, l'amélioration du bien-être animal et l'éventuelle augmentation de l'indice de consommation.

Ces expériences confirment que les poulets de chair sont très sensibles aux changements des caractéristiques de l'aliment qui leur est proposé. Cette sensibilité peut s'expliquer par leurs importantes capacités sensorielles de reconnaissance et de discrimination de l'aliment (Picard 1997). De plus, la prise alimentaire est la motivation prioritaire des déplacements des poulets en phase de croissance. Les variations de l'aliment pourraient donc être utilisées comme "outil" régulateur du niveau d'activité.

Conclusions

Cette synthèse, bien que non exhaustive, recense les principales pistes de recherches disponibles aujourd'hui pour augmenter l'activité et améliorer l'état des pattes des poulets de chair à croissance rapide. Une hiérarchisation des principaux facteurs évoqués ci-dessus permettra d'éclaircir les conclusions. Nous proposons d'ordonner les facteurs, en premier lieu en fonction de leur influence sur les troubles locomoteurs et, en deuxième lieu, en fonction de leur influence sur le niveau d'activité.

L'effet le plus bénéfique sur les troubles locomoteurs est celui de la modification de l'aliment, par l'intermédiaire d'une part d'une réduction au moins temporaire du poids et, d'autre part, d'une stimulation de l'activité. Par exemple, introduire un programme d'alimentation séquentielle diminue les boiteries et modifie l'activité des animaux de deux façons différentes : en augmentant l'activité exploratoire et en augmentant les variations circadiennes d'activité (Bizeray *et al* 2002a). D'autres auteurs réussissent également à diminuer les boiteries en modifiant le rythme des animaux. Su *et al* (1999) réduisent le nombre d'animaux boiteux en distribuant des repas plutôt que de l'aliment en continu et expliquent ce phénomène par une modifica-

tion du rythme des animaux couplée à des modifications endocriniennes. L'influence du rythme des animaux sur les troubles locomoteurs avait déjà été suggérée par Simons (1986) : l'activité locomotrice par heure est augmentée avec une photopériode très fractionnée (1L:3D) par rapport à un régime lumineux continu (24L) ou intermédiaire (18L:6D), et cela permet de diminuer les troubles locomoteurs. Cependant, avec cette photopériode très fractionnée, l'activité totale est plus faible qu'avec les autres rythmes lumineux, ce qui suggère que ce n'est pas la quantité absolue d'activité qui est déterminante pour le développement des troubles locomoteurs, mais qu'il faut tenir compte aussi du rythme et des périodes d'intensité maximale de cette activité. De plus, la réglementation interdit aujourd'hui les programmes lumineux fractionnés en élevage commercial. De prochaines études pourraient tenter d'étudier la relation entre le rythme de l'activité et l'apparition des troubles locomoteurs. On pourrait par exemple penser à l'introduction de congénères pour rythmer plus l'activité des poussins (Wauters *et al* 2002). Introduire un rythme d'activité par une hétérogénéité alimentaire ou sociale est donc un moyen d'augmenter la complexité du milieu de vie des poulets.

Une autre façon de complexifier l'environnement direct du poulet est d'augmenter l'hétérogénéité environnementale. Les études montrent surtout un effet sur le niveau d'activité, mais très peu sur les boiteries. La mise en place d'obstacles entre la mangeoire ou l'abreuvoir (distance ou barrières) change le comportement des poulets, mais sans vraiment stimuler l'activité locomotrice (Reiter et Bessei 1996, Bizeray *et al* 2002c). Les poulets ayant des obstacles préfèrent faire des repas plus longs et moins nombreux par rapport à un lot témoin, de la même façon que le font les poulets atteints de boiteries par rapport à des poulets sains (Weeks *et al* 2000), ce qui démontre bien les fortes capacités d'adaptation comportementale du poulet. Des barrières placées entre les deux ressources alimentaires induisent tout de même un important comportement de perchage et des modifications morphologiques de l'os (Bizeray *et al* 2002b). Les poulets montrent donc un intérêt fort pour les perchoirs, mais il semble que leur utilisation dépende beaucoup de leur localisation dans le milieu d'élevage. Cette voie d'aménagement du milieu reste à développer et à tester en élevage commercial, sachant que la simplicité et le faible coût de construction des perchoirs pourraient faciliter leur développement si leur efficacité sur l'appareil musculo-squelettique était prouvée. La stimulation du perchage pourrait être également valorisée en tant que facteur d'amélioration du bien-être animal en permettant aux poulets de réaliser un comportement associé à un besoin fondamental de l'espèce (Appleby *et al* 1993).

D'autres matériaux peuvent être ajoutés dans le milieu d'élevage tels que du sable, des ficelles, des jouets, des spots lumineux, etc. Leur effet est parfois bénéfique sur l'activité, mais souvent seulement de façon transitoire, et il semble très difficile d'avoir un effet signi-

Modifier la nature, la forme et le rythme de distribution de l'aliment permet de faire varier le rythme d'activité des poulets et peut être une solution pour diminuer les troubles locomoteurs.

ficatif sur les boiteries. Ceci souligne combien il est difficile de stimuler de façon prolongée l'activité du poulet pour avoir un effet sur l'appareil musculo-squelettique, et que même l'utilisation d'éléments très attractifs comme le sable ne suffit pas.

Un élément d'explication de cette difficulté à stimuler longtemps l'activité des poulets autrement qu'en modifiant leur aliment, est l'apparition peut-être assez précoce d'une douleur au niveau des pattes, induite par un gain de poids trop rapide et inhibant les déplacements. Un point important pour améliorer le bien-être des volailles de chair serait donc de diminuer l'apparition de ces douleurs en réduisant la vitesse de croissance au démarrage de la période d'élevage. Par exemple, les poulets qui disposent d'une quantité restreinte de nourriture et qui sont donc plus légers se perchent plus que ceux qui sont nourris *ad libitum* (Koene *et al* 1999). De plus, l'accès à des dispositifs associant perchoirs, bains de poussière et plates-

formes interconnectées, permet de réduire les troubles locomoteurs chez des poulets élevés avec une phase nocturne de 8 heures qui a réduit la vitesse de croissance au démarrage (Mench *et al* 2001).

Il est donc probable que combiner une augmentation de l'hétérogénéité environnementale (perchoirs, sable, objets) avec une réduction du poids, au moins au démarrage (par exemple par un programme d'alimentation séquentielle), aurait un effet plus marqué et plus constant sur la réduction des troubles locomoteurs.

Remerciements

Nous remercions vivement Paul Constantin, Olivier Callut et Julie Puterflam pour leur aide technique, ainsi que l'UCAAB et le ministère de l'Agriculture pour leur soutien financier.

Références

- Abourachid A., 1991. Comparative gait analysis of two strains of turkey, *Meleagris gallopavo*. Br. Poult. Sci., 32, 271-277.
- Abourachid A., 1993. Mechanics of standing in birds: functional explanation of lameness problems in giant turkeys. Br. Poult. Sci., 34, 887-898.
- Abourachid A., Renous S., 1993. Étude cinématique de la marche des dindons, recherche d'une explication fonctionnelle à la fréquence des boiteries des dindons ultra-lourds. Rcl. Med. Vet., 169, 183-189.
- Albers G.A.A., 1998. Future trends in poultry breeding. Proc. 10th European Poultry Conference, Jerusalem, Israel, 16-20. World's Poultry Science Association, Israel Branch.
- Appleby M.C., Smith S.F., Hughes B.O., 1993. Nesting, dust bathing and perching by laying hens in cages: effects of design on behaviour and welfare. Br. Poult. Sci., 34, 835-847.
- Arnould C., Bizeray D., Faure J.M., Leterrier C., 2004. Effects of the addition of sand and string to pens on use of space, activity, tarsal angulations and bone composition in broiler chickens. Anim. Welf., 13, 87-94.
- Balog J.M., Bayyari G.R., Rath N.C., Huff W.E., Anthony N.B., 1997. Effect of intermittent activity on broiler production parameters. Poult. Sci., 76, 6-12.
- Bessei W., 1992. Das Verhalten von Broilern unter intensiven Haltungsbedingungen. Arch. Geflügelkd., 56, 1-7.
- Bizeray D., 2001. L'influence du comportement du poulet de chair sur les troubles locomoteurs. Thèse d'état, Université de Rennes 1, Rennes, 297 p.
- Bizeray D., Leterrier C., Constantin P., Picard M., Faure J.M., 2000. Early locomotor behaviour in genetic stocks of chickens with different growth rates. Appl. Anim. Behav. Sci., 68, 231-242.
- Bizeray D., Constantin P., Leterrier C., Faure J.M., 2002a. Sequential feeding can increase activity and improve gait score in meat-type chickens. Poult. Sci., 81, 1798-1806.
- Bizeray D., Estevez I., Leterrier C., Faure J.M., 2002b. Influence of increased environmental complexity on leg condition, performance, and level of fearfulness in meat-type chickens. Poult. Sci., 81, 767-773.
- Bizeray D., Estevez I., Leterrier C., Faure J.M., 2002c. Effects of increasing environmental complexity on the physical activity of broiler chickens. Appl. Anim. Behav. Sci., 79, 27-41.
- Bizeray D., Leterrier C., Constantin P., Le Pape G., Faure J.M., 2002d. Typology of activity bouts and effect of fearfulness on behaviour in meat-type chickens. Behav. Process., 58, 45-55.
- Bokkers E.A.M., Koene P., 2003. Behaviour of fast- and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. Appl. Anim. Behav. Sci., 81, 59-72.
- Bolton L.L., Squibb R.L., Collier G.H., 1979. Lysine deficiency and voluntary exercise in the albino rat. J. Nutr., 109, 1313-1320.
- Chamove X., 1989. Environmental enrichment: a review. Anim. Technol., 40, 155-178.
- Classen H.L., 1992. Management factors in leg disorders. In: Whitehead C.C. (ed), Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry, 195-213. Carfax Publishing Company, Abingdon (UK).
- Cornetto T., Estevez I., 2001. Behavior of the domestic fowl in presence of panels. Poult. Sci., 80, 1455-1462.
- Danbury T.C., Weeks C.A., Chambers J.P., Waterman-Pearson A.E., Kestin S.C., 2000. Self-selection of the analgesic drug carprofen by lame broiler chickens. Vet. Rec., 146, 307-311.
- Davies H.C., Weeks C.A., 1995. Effect of age and leg weakness on perching behaviour of broilers. Br. Poult. Sci., 36, 838.
- Edwards H.M. Jr., 2000. Nutrition and skeletal problems in poultry. Poult. Sci., 79, 1018-1023.
- Edwards H.M., Sorensen P., 1987. Effect of short fasts on the development of tibial dyschondroplasia in chickens. J. Nutr., 117, 194-200.
- Ekstrand C., Carpenter T.E., Andersson I., Algers B., 1998. Prevalence and control of foot-pad dermatitis in broilers in Sweden. Br. Poult. Sci., 39, 318-324.
- Farm Animal Welfare Council, 1992. Report on welfare of broilers chickens. Surbiton, Surrey, Farm Animal Welfare Council.
- Foote W.R., Rose S.P., 1991. Sequential feeding of whole grain wheat to broilers. Br. Poult. Sci., 32, 1131-1132.
- Gordon S.H., Tucker S.A., 1993. Broiler walking behaviour. In: Savory C.J., Hughes B.O. (eds), Proc. Fourth European Symposium on Poultry Welfare, Edinburgh, 291. Universities Federation for Animal Welfare. Pottersbar, UK.
- Gous R.M., Du Preez J.J., 1975. The sequential feeding of growing chickens. Br. J. Nutr., 34, 113-118.

- Haye U., Simons P.C.M., 1978. Twisted legs in broilers. *Br. Poult. Sci.*, 19, 549-557.
- Hester P.Y., 1994. The role of environment and management on leg abnormalities in meat-type fowl. *Poult. Sci.*, 73, 904-915.
- Hester P.Y., Elkin R.G., Klingensmith P.M., 1983. Effects of high intensity step-up and low intensity step-down lighting programs on the incidence of leg abnormalities in turkeys. *Poult. Sci.*, 62, 887-896.
- Hester P.Y., Krueger K.K., Jackson M., 1990. The effect of restrictive and compensatory growth on the incidence of leg abnormalities and performance of commercial male turkeys. *Poult. Sci.*, 69, 1731-1742.
- Hocking P.M., Maxwell M.H., Mitchell M.A., 1999. Welfare of food restricted male and female turkeys. *Br. Poult. Sci.*, 40, 19-29.
- Hughes B.O., Elson H.A., 1977. The use of perches by broilers in floor pens. *Br. Poult. Sci.*, 18, 715-722.
- Jensen J.F., 1993. Stocking density, lighting programmes and food intake. In: Savory C.J., Hughes B.O. (eds), *Proc. of the Fourth European Symposium on Poultry Welfare*, Edinburgh, 185. University Federation for Animal Welfare. Potterbar, UK.
- Kestin S.C., Knowles T.G., Tinch A.E., Gregory N.G., 1992. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Vet. Rec.*, 131, 190-194.
- Kestin S.C., Su G., Sørensen P., 1999. Different commercial broiler crosses have different susceptibilities to leg weakness. *Poult. Sci.*, 78, 1085-1090.
- Kestin S.C., Gordon S., Su G., Sørensen P., 2001. Relationship in broiler chickens between lameness, live-weight, growth rate and age. *Vet. Rec.*, 148, 195-197.
- Koene P., 1998. When feeding is just eating: how do farm and zoo animals use their spare time. In: Van der Heide D. (ed), *Proc. of the Regulation of feed intake, Fifth Zodiac Symposium*, Wageningen, The Netherlands, 13-19. CAB International, Wallingford UK.
- Koene P., Ruiten S.v., Bokkers E., 1999. The effect of increasing broiler behaviour possibilities by giving extra furniture and a slimmer body: the effects of perches and feed restriction. In: Boe K.E., Bakken M., Braastad B.O. (eds), *Proc. of the 33rd International Congress of the International Society for Applied Ethology*, Lillehammer (NOR), 136. Agricultural University of Norway.
- Le Bihan-Duval E., Beaumont C., Colleau J.J., 1996. Genetic parameters of the twisted legs syndrome in broiler chickens. *Genet. Sel. Evol.*, 28, 177-195.
- Leterrier C., Constantin P., 1996. Reducing the occurrence of varus-valgus deformations in broiler chickens with a low energy diet or an increasing lighting schedule. *Arch. Geflügelkd.*, 60, 181-187.
- Leterrier C., Constantin P., 1999. Early bone growth in chickens genetically selected for a high and low growth rate. *Growth Dev. Aging*, 63, 75-84.
- Leterrier C., Nys Y., 1992. Clinical and anatomical differences in varus and valgus deformities of chick limbs suggest different aetio-pathogenesis. *Avian Pathol.*, 21, 429-442.
- Leterrier C., Nys Y., 1993. Twisted legs in broilers. Review of clinical and pathological studies. *Recl. Med. Vet.*, 169, 79-86.
- Leterrier C., Constantin P., Le Bihan Duval E., Marché G., Nys Y., 1998. Troubles locomoteurs et qualité osseuse chez les volailles de chair. *INRA Prod. Anim.*, 11, 125-130.
- Lewis N.J., Hurnik J.F., 1990. Locomotion of broiler chickens in floor pens. *Poult. Sci.*, 69, 1087-1093.
- Lewis P.D., Morris T.R., 1998. Responses of domestic poultry to various light sources. *World Poult. Sci. J.*, 54, 7-25.
- Martrenchar A., Huonnic D., Cotte J.P., Boilletot E., Morisse J.P., 2000. Influence of stocking density, artificial dusk and group size on the perching behaviour of broilers. *Br. Poult. Sci.*, 41, 125-130.
- McGeown D., Danbury T.C., Waterman-Pearson A.E., Kestin S.C., 1999. Effect of carprofen on lameness in broiler chickens. *Vet. Rec.*, 144, 668-671.
- Mench J.A., Garner J.P., Falcone C., 2001. Behavioural activity and its effect on leg problems in broiler chickens. In: Oester H., Wyss C. (eds), *Proc. 6th European Symposium on Poultry Welfare*, Zollikofen, Switzerland, 152-156. World's Poultry Science Association.
- Mirabito L., Renouf E., 1999. Les troubles locomoteurs chez la volaille de chair. Enquête sur la situation en France et propositions d'axes de travail. ITAVI, Paris, 40 p.
- Murphy L.B., Preston A.P., 1988. Time-budgeting in meat chickens grown commercially. *Br. Poult. Sci.*, 29, 571-580.
- Newberry R.C., 1999. Exploratory behaviour of young domestic fowl. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 63, 311-321.
- Newberry R.C., Hall J.W., 1988. Space utilization by broiler chickens in floor pens. In: Unshelm J., Van Putten G., Zeeb K., Ekkesbo I. (eds), *Proc. International Congress on Applied Ethology in Farm Animals*, Skara, 305-309.
- Newberry R.C., Hunt J.R., Gardiner E.E., 1985. Effect of alternating lights and strain on behavior and leg disorders of roaster chickens. *Poult. Sci.*, 64, 1863-1868.
- Newberry R.C., Hunt J.R., Gardiner E.E., 1988. Influence of light intensity on behavior and performance of broiler chickens. *Poult. Sci.*, 67, 1020-1025.
- Noble D.O., Krueger K.K., Nestor K.E., 1996. The effect of altering feed and water location and of activity on growth, performance, behavior, and walking ability of hens from two strains of commercial turkeys. *Poult. Sci.*, 75, 833-837.
- Noirot V., Bouvarel I., Azam P., Roffidal L., Barrier-Guillot B., Castaing J., Picard M., 1999a. Du blé entier en alimentation séquentielle en poulet "standard". Résultats zootechniques obtenus en élevage. *Sci. Tech. Avic.*, 3-11.
- Noirot V., Bouvarel I., Azam P., Roffidal L., Barrier-Guillot B., Castaing J., Picard M., 1999b. Du blé entier dans l'alimentation du poulet de chair de type "standard". *Proc. of the Troisièmes Journées de Recherche Avicole*, St-Malo, France. p. 117-120. ITAVI, Paris (FRA).
- Pettit-Riley R., Estevez I., Russek-Cohen E., 2002. Effects of crowding and access to perches on aggressive behaviour in broilers. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 79, 11-25.
- Picard M., 1997. Broiler behaviour and nutritional conditions. *Proc. 11th European Symposium on Poultry Nutrition*, Faaborg Denmark, 175-180. World's Poultry Science Association.
- Picard M.L., Uzu G., Dunnington E.A., Siegel P.B., 1993. Food intake adjustments of chicks: short term reactions to deficiencies in lysine, methionine and tryptophan. *Br. Poult. Sci.*, 34, 737-746.
- Preston A., Pamment P., McBride G., Foenander F., 1983. Some activity patterns of meat chickens. *Proc. Fifth Australasian Poultry and Stock Feed Conversion*, Adelaide, 203-207.
- Reiter K., Bessei W., 1996. Effect of the distance between feeder and drinker on behaviour and leg disorders of broilers. In: Duncan I.J.H., Widowski T.M., Haley D.B. (eds), *Proc. 30th ISAE International Congress*, Guelph, Ontario, Canada, 131. Centre for the Study of Animal Welfare.
- Reiter K., Bessei W., 1997. Gait analysis in laying hens and broilers with and without leg disorders. *Equine Vet. J. Suppl.*, 23, 110-112.
- Reiter K., Bessei W., 1998a. Einfluss der Laufaktivität auf die Knochenentwicklung und Beinshäden bei Broilern. *Arch. Geflügelkd.*, 62, 247-253.
- Reiter K., Bessei W., 1998b. Möglichkeiten zur Verringerung von Beinshäden bei Broilern und Puten (Übersicht). *Arch. Geflügelkd.*, 62, 145-149.
- Reiter K., Kutritz B., 2001. Das Verhalten und Beinschwächen von Broilern verschiedener Herkünfte. *Arch. Geflügelkd.*, 65, 137-141.
- Riddell C., 1992. Non infectious skeletal disorders in poultry: an overview. In: Whitehead C.C. (eds), *Bone Biology and Skeletal Disorders in Poultry*, 119-145. Carfax Publishing Company, Abingdon, UK.

Robinson F.E., Classen H.L., Hanson J.A., Onderka D.K., 1992. Growth performance, feed efficiency and the incidence of skeletal and metabolic disease in full-fed and feed restricted broiler and roaster chickens. *J. Appl. Poult. Res.*, 1, 33-41.

Rodenhoff G., Dammrich K., 1971. Über die Beeinflussung des Skeletts der Masthähnchen durch Haltung und Auslauf im Freien. *Zentralbl. Veterinärmed.*, 18, 297-309.

Rodenhoff G., Dammrich K., 1973. Untersuchungen zur Beeinflussung der Rohrenknochenstruktur durch verschiedene Haltungssysteme bei Masthähnchen. *Berl. Muench. Tierärztl. Wochenschr.*, 86, 230-233 contd.

Rose S.P., Fielden M., Foote W.R., Gardin P., 1995. Sequential feeding of whole wheat to growing broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, 36, 97-111.

Rovee-Collier C., Collier G., Egert K., Jackson D., 1993. Developmental consequences of diet and activity. *Physiol. Behav.*, 53, 353-359.

Rutten M., 2000. Untersuchungen zur Knochenentwicklung und Beinschäden bei Broilern in Abhängigkeit von Lafttraining und Alter. Thèse d'état, Universität Hohenheim.

Rutten M., Leterrier C., Constantin P., Reiter K., Bessei H., 2002. Bone development and activity in chickens in response to reduced weight-load on legs. *Anim. Res.*, 51, 327-336.

Sanotra G.S., Damkjær Lund J., Vestergaard K.S., Flagstad A., 2001a. Association between leg pain and dust-bathing behaviour in broiler chickens. In: Garner J.P., Mench J.A., Heekin S.P. (eds), *Proc. of the 35th International Congress of the ISAE*, Davis, USA. p. 215. Center for Animal Welfare.

Sanotra G.S., Lund J.D., Ersboll A.K., Petersen, J. S., Vestergaard K.S., 2001b. Monitoring leg problems in broilers: a survey of commercial broiler production in Denmark. *World Poult. Sci. J.*, 57, 55-69.

Savory C.J., 1974. Growth and behaviour of chicks fed on pellets or mash. *Br. Poult. Sci.*, 15, 281-286.

Sherwin C.M., Lewis P.D., Perry G.C., 1999. The effects of environmental enrichment and intermittent lighting on the behaviour and welfare of male domestic turkeys. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 62, 319-333.

Simons P.C.M., 1982. Effect of lighting regimes on twined legs, feed conversion and growth of broiler chickens. *Poult. Sci.*, 61, 1546.

Simons P.C.M., 1986. The incidence of leg problems in broilers as influenced by management. In: Larbier M. (ed),

Proc. 7^{ème} Conference Européenne d'Aviculture, Paris, France, 289-297. World's Poultry Science Association.

Sørensen P., Kestin S., 1997. Early feed restriction as a method to improve leg condition in broilers. In: Koene P., Blokhuis H.J. (eds), *Proc. Fifth European Symposium on Poultry Welfare*, Wageningen The Netherlands, 119-120.

Su G., Sørensen P., Kestin S.C., 1999. Meal feeding is more effective than early feed restriction at reducing the prevalence of leg weakness in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 78, 949-955.

Su G., Sørensen P., Kestin S.C., 2000. A note on the effects of perches and litter substrate on leg weakness in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 79, 1259-1263.

Thorp B.H., 1994. Skeletal disorders in the fowl: a review. *Avian Pathol.*, 23, 203-236.

Thorp B.H., Duff S.R.I., 1988. Effect of exercise on the vascular pattern in the bone extremities of broiler fowl. *Res. Vet. Sci.*, 45, 72-77.

Vestergaard K.S., Sanotra G.S., 1999. Relationships between leg disorders and changes in the behaviour of broiler chickens. *Vet. Rec.*, 144, 205-209.

Vilarinho M.M., 1997. Identification de l'aliment par le jeune poulet de chair (*Gallus gallus domesticus*). Thèse d'état, Rennes, 175 p.

Wauters A.M., Pérré Y., Bizeray D., Leterrier C., Richard-Yris M.A., 2002. Mothering influences the distribution of activity in young domestic chicks. *Chronobiol. Int.*, 19, 543-559.

Weeks C.A., Nicol C.J., Sherwin C.M., Kestin S.C., 1994. Comparison of the behaviour of broiler chickens in indoor and free-range environments. *Anim. Welf.*, 3, 179-192.

Weeks C.A., Danbury T.D., Davies H.C., Hunt P., Kestin S.C., 2000. The behaviour of chickens and its modification by lameness. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 67, 111-125.

Whitehead C.C., 1997. Feeding strategies to counter leg weakness in broiler chickens. *Proc. 11th European Symposium on Poultry Nutrition*, Faaborg Denmark, 189-198. World's Poultry Science Association.

Williams B., Solomon S., Waddington D., Thorp B., Farquharson C., 2000. Skeletal development in the meat-type chicken. *Br. Poult. Sci.*, 41, 141-149.

Wilson J.L., Weaver W.D. Jr., Beane W.L., Cherry J.A., 1984. Effects of light and feeding space on leg abnormalities in broilers. *Poult. Sci.*, 63, 565-567.

Yu M.W., Robinson F.E., 1992. The application of short-term feed restriction to broiler chicken production: a review. *J. Appl. Poult. Res.*, 1, 147-153.

Abstract

Making broilers walk: what for and how.

Leg problems in fast-growing chickens (broilers) are a major health problem in commercial conditions. They seem partly due to lack of physical exercise.

Several factors can modify broiler activity. Early body weight is negatively correlated with level of activity: the lighter the birds are, the more active they are. Increasing environmental complexity (barriers, toys, sand, new objects) can stimulate temporarily activity, but this is not sufficient to eliminate leg problems.

Introducing complexity in diet distribution (shape, feeding schedule, food composition) seems to be much more efficient to stimulate exploratory behavior, but it is often related to a slightly decreased bodyweight. The induced changes in level of activity allow to decrease leg problems. Introducing changes in diet distribution stimulates activity and could be an interesting way to prevent from leg problems.

BIZERAY D., FAURE J.-M., LETERRIER C., 2004. Faire marcher le poulet : pourquoi et comment. *INRA Prod. Anim.*, 17, 45-57.

