



Les dommages du bréchet : une problématique de bien-être majeure en poules pondeuses

Causes, méthodes d'évaluation et conséquences

L. MESSENGER¹, T. LE GRELLE², A. MIKA², M. QUENTIN³

Contact : messenger@itavi.asso.fr

¹ ITAVI – PLOUFRAGAN

² ITAVI - NOUZILLY

³ ITAVI – RENNES

Résumé

Les fractures et les déviations du bréchet sont fréquemment observées dans tous les types d'élevages de poules pondeuses. La plupart des études portant sur ce sujet montrent que 30 à 70% des poules en élevages commerciaux présentent des fractures du bréchet. Cet os cortical subit un affaiblissement squelettique progressif à partir de la maturité sexuelle favorisant ainsi les dommages. Les fractures du bréchet impactent le comportement des poules et induisent de la douleur, ce qui en fait un problème majeur de bien-être animal au vu de leur prévalence élevée.

Les causes d'apparition des fractures du bréchet sont multiples et sans doute interdépendantes. Si la configuration des systèmes d'élevage est souvent citée comme une cause majeure, par les risques de chutes et de collisions qu'elle pourrait favoriser ; l'alimentation, la génétique, l'âge, la productivité sont autant de facteurs de risques qui rendent le diagnostic des causes et la mise en œuvre de solutions préventives, complexe.

Les prévalences de lésions du bréchet sont évaluées selon plusieurs méthodes allant de la palpation manuelle à l'imagerie. La méthode la plus répandue et utilisable sur le terrain est la palpation manuelle qui ne demande aucun matériel spécifique mais elle est peu précise. Disposer d'outils d'évaluation fiables et précoces en élevage est un prérequis pour aller plus loin dans la prévention de l'apparition de déviations ou de fractures de bréchet.

Cet article a pour objectif de synthétiser les principales connaissances existantes sur cette problématique.

1. Contexte

Selon le Farm Animal Welfare Council (FAWC) du Royaume-Uni, les dommages causés à l'os du bréchet constituent un problème majeur en termes de bien-être animal pour la filière des poules pondeuses (*Gallus gallus domesticus*). Ces dommages du bréchet comprennent 1) les fractures de l'os du bréchet, définies comme des cassures de l'os qui se manifestent généralement par un cal autour du site de la fracture après un temps inconnu, et 2) les déviations du bréchet, caractérisées par une courbure abrupte et non naturelle par rapport à un plan théorique bidimensionnel (Figure 1) (T. Casey-Trott et al., 2015).

En termes de prévalence de dommage du bréchet, les estimations sont très variables d'une étude à l'autre, et d'un système de production à l'autre, mais augmentent avec l'âge des animaux : passant de 5,5 % d'oiseaux affectés dans un lot au début de la ponte à 97 % à la fin d'un cycle de production (Eusemann et al., 2018).

La génétique, l'âge du premier œuf et la productivité, l'environnement d'élevage et le régime alimentaire

semblent avoir un impact particulier sur les dommages du bréchet (Eusemann et al., 2018 ; Thøfner et al., 2021). De plus en plus de systèmes volières se mettent en place car ils représentent l'une des principales alternatives à la cage. En effet, les volières répondent aux besoins comportementaux des poules : déplacement libre, perchage, exploration, etc. Mais il semble cependant que les fractures résultent en partie de collisions, avec des perchoirs, que les poules sont très motivées à utiliser, ou autres matériels (Armstrong et al., 2020 ; Baker et al., 2020). Les douleurs induites par ces fractures (M. A. F. Nasr et al., 2012 ; Riber et al., 2018), modifient les comportements de mouvement au sein de la volière avec une locomotion verticale (accès aux perchoirs et aux nids) qui diminue (Rentsch et al., 2019). D'autres études s'appuient sur des tests comportementaux plus directs pour évaluer le lien entre les mouvements des poules et la douleur : les poules atteintes de fractures du bréchet ont une latence trois fois plus longue pour descendre des perchoirs situés à 50 et 100cm du sol afin d'obtenir une récompense alimentaire que les poules sans fractures du bréchet, alors que les animaux présentant une fracture du

bréchet mais ayant reçu des analgésiques se situent à une latence intermédiaire (M. Nasr et al., 2012a; M. A. F. Nasr et al., 2012).

Les méthodes d'évaluation de dommage du bréchet sont diverses. La palpation manuelle représente la méthode la plus utilisée de par sa facilité d'utilisation, car elle ne nécessite aucun outil spécifique mais sa précision est limitée, d'autant plus dans la partie caudale du bréchet, zone particulièrement touchée par les fractures. D'un autre côté, les méthodes d'imagerie médicale (l'échographie, la radiographie et la tomodensitométrie) permettent une grande précision mais elles ne sont utilisables qu'en conditions expérimentales.

Une fracture du bréchet est définie comme une rupture de l'os du bréchet. Cette rupture est manifestée la plupart du temps par la présence de callosités autour de la zone de fracture (Image de droite).

Une déviation du bréchet est définie comme une courbure non naturelle de l'os du bréchet à partir d'un plan bidimensionnel (Image du centre).



Figure 1- Les différentes anomalies du bréchet (Source : ITAVI)

L'objectif de cet article est de faire un état des lieux des connaissances concernant les dommages du bréchet et d'en comprendre les conséquences sur les performances, le comportement et le bien-être des poules pondeuses.

2. Le bréchet : un os sensible au risque de fracture

2.1. Les caractéristiques du squelette de la poule pondeuse

Le squelette des poules pondeuses, appartenant à la grande famille des oiseaux, est spécialisé pour le vol, la marche sur deux pattes et la ponte. Ce squelette est composé de trois familles d'os : l'os cortical, l'os trabéculaire (aussi appelé spongieux) et l'os médullaire (Toscano et al., 2020).

Le bréchet appartient à la famille de l'os cortical, c'est la partie la plus dure des os plats. L'os trabéculaire est moins dense que l'os cortical, il vient remplir les cavités délimitées par l'os cortical au niveau des épiphyses (Hy Line, 2016). Enfin, l'os médullaire est présent uniquement chez les oiseaux femelles, il sert de source labile de calcium, permettant une fourniture minérale rapide pour la formation de la coquille d'œuf (Dacke et al., 1993).

À la maturité sexuelle, environ deux semaines avant le début de la ponte, un changement important s'opère. Whitehead (2004) évoque que les ostéoblastes, stimulés par l'augmentation de la concentration plasmatique d'œstrogènes, passent de la construction de l'os structurel, c'est-à-dire de l'os cortical et trabéculaire, à la construction de l'os médullaire. Il en résulte qu'aucune formation d'os structurel ne se produit pendant la ponte.

Bien que l'os médullaire soit le plus labile, si la poule manque de calcium, l'os cortical et l'os spongieux vont aussi devenir une source de calcium pour la formation de la coquille de l'œuf (Whitehead, 2004). Puisque ces derniers ne bénéficient plus d'une construction continue et qu'avec le temps ils sont également utilisés comme source de calcium, cela entraîne un affaiblissement progressif du squelette (Osterhoff et al., 2016; Whitehead & Fleming, 2000).

De plus, le bréchet est le premier point de collision de la poule avec un objet ou une surface (suite à une chute ou un mauvais atterrissage) en raison de sa position anatomique proéminente (Figure 2). Le bréchet est également l'os qui supporte une charge de pression prolongée pendant le perchage (Sandilands et al., 2009).

Le bréchet possède en quelque sorte une certaine prédisposition à subir des dommages tels que les fractures ou les déviations. La solidité des os est influencée par la génétique, l'environnement et la nutrition (Fleming et al., 2006) et affecte la susceptibilité aux troubles du bréchet.

2.2. Deux types de fractures aux causes bien distinctes

Toscano et al. (2020) ont identifié deux types de fractures : les fractures pathologiques et les fractures traumatiques.

Les fractures pathologiques seraient le résultat de maladies aux caractéristiques dégénératives (comme l'ostéoporose), dysplasiques (maladie des os de verre) ou inflammatoire (ostéomyélite). Ces maladies affaibliraient les os, qui, sous l'effet de forces quotidiennes considérées comme inoffensives, pourraient se briser plus facilement. Toscano et al. (2020) suggèrent que les fractures pathologiques et traumatiques se différencient par leur emplacement anatomique. Par exemple, une fracture à l'extrémité caudale du bréchet qui présente un seul cal osseux suggère une fracture pathologique antérieure (Eusemann et al., 2018a).

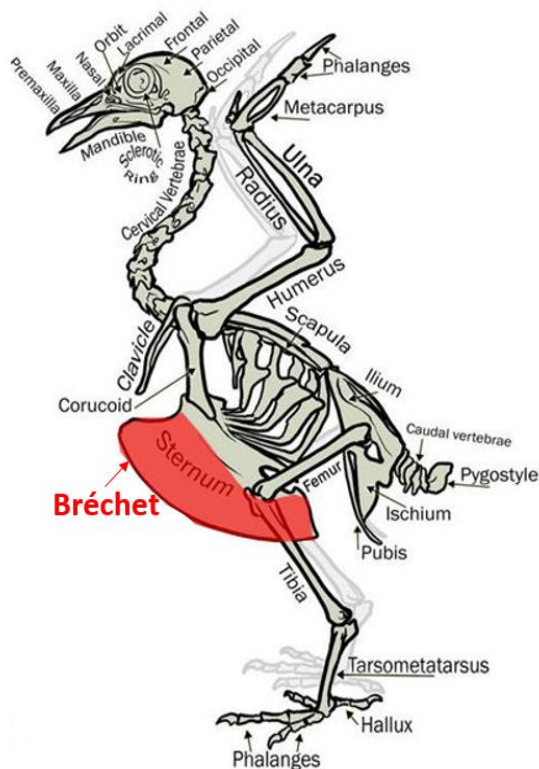


Figure 2 : Le squelette des oiseaux : l'os du bréchet en rouge (Potter, 2016)

Les fractures traumatiques seraient, elles, le résultat d'un choc violent sur des os normalement structurés, lors d'une collision par exemple. Contrairement aux fractures pathologiques, les fractures traumatiques du bréchet se manifestent probablement sous la forme de fragments multiples dans les parties médiane et crânienne principalement, éventuellement accompagnés de changements traumatiques importants dans les tissus mous environnants.

Toute la difficulté réside dans l'identification de l'origine de la fracture pour les poules ayant une fragilité squelettique puisque les deux causes combinées (pathologique et traumatique) peuvent être responsables de la fracture. Une poule ayant un os affaibli par un événement pathologique peut avoir des fractures à la suite d'un impact (événement traumatique). En l'absence d'un diagnostic préalable spécifique d'un événement pathologique l'identification des causes racines des fractures reste aléatoire.

3. Des causes multifactorielles et interdépendantes aux dommages du bréchet

3.1. Une génétique axée sur la production

C'est à partir des années 60' que la production d'œufs par poule augmente de façon importante, en passant de 100 à 250 pour atteindre aujourd'hui plus de 300 œufs par an et par poule (Stratmann et al., 2016). Cette augmentation de

la productivité a été permise par le progrès génétique. Stratmann (2016) précise que les hybrides commerciaux à haute productivité présentent une prévalence plus élevée de fracture du bréchet par rapport aux races traditionnelles à relativement faible productivité (Figure 3). En effet, la résistance osseuse est plus faible chez les hybrides commerciaux à haute productivité. Certaines souches ont été étudiées en conditions expérimentales, dans des systèmes de cages aménagées : les poules Lohmann Brown (LB - souche brune) présentaient plus de déviations du bréchet que les poules Lohmann Selected Leghorn (LSL - souche blanche) (Vits et al., 2005). L'étude de Habig et Distl (2013), effectuée dans des cages aménagées et en conditions expérimentales ajoute que les déviations du bréchet des poules LB étaient plus graves que celles de poules LSL. Il est à noter que les poules LB sont plus lourdes que les LSL ce qui peut être un facteur de risque lors de chute. Enfin, une étude de Budgell et Silversides (2004) ont constaté que les souches modernes Babcock B300 et ISA Brown (hybrides commerciaux), deux souches de type brunes, présentaient une incidence similaire de vieilles fractures (11,7 et 11,1 %, respectivement) en cage alors que la souche Brown Leghorn (lignée patrimoniale maintenue sans sélection depuis 1965) n'en présentait aucune. Les souches modernes de pondeuses hybrides sont donc plus sensibles à la fragilité osseuse en raison de la sélection d'oiseaux plus légers avec des taux de ponte plus élevés sur de plus longues périodes (Budgell & Silversides, 2004).

3.2. Intensité de ponte

Comme évoqué précédemment, l'apparition maximale de nouvelles fractures du bréchet est atteinte au moment du pic de ponte, vers 30 semaines d'âge. En effet, afin de couvrir la forte demande en calcium pour la production d'œufs, les poules pondeuses mobilisent 40 à 60 % de leurs besoins quotidiens en calcium à partir du squelette (Johnson, 2015). Jung et al. (2019) précisent qu'en analysant les données de 50 lots de 8 pays Européens, il ressort que pour chaque pourcentage de point gagné en performance de ponte, le risque de fractures du bréchet augmente de 1,3% (Figure 3).

Passé ce pic de production (à partir de 49 semaines d'âge), la probabilité d'apparition de nouvelles fractures se stabilise voire diminue (Toscano, 2018). Cela correspond en partie à une baisse de la productivité des poules mais également à une croissance ralentie.

3.3 Poids corporel de la poule

Concernant le poids des poules, l'étude de Gebhardt-Henrich (2017) souligne que les poules les plus lourdes sont atteintes des fractures les plus graves. En effet, l'impact du traumatisme est plus important lorsque l'énergie de la collision augmente. Cette observation est

toutefois contredite par l'étude de Thøfner *et al.* (2021) qui, sur 40 lots commerciaux, ont observé qu'une augmentation du poids corporel de 100 g en fin de ponte réduirait la prévalence de fractures du bréchet de 3 % (odds ratio du poids corporel (+100 g) égal à 0,97). Toutefois, cette étude était basée sur une diversité de génétiques, des systèmes de production (Bio, cages, volières et reproducteurs) ce qui peut induire quelques biais pour l'analyse des résultats.

3.4. Une précocité de ponte qui fragilise l'os du bréchet

La précocité de ponte, définie soit par l'âge au pic de ponte ou à 50% de ponte est un facteur de risque. Il a été observé que pour chaque semaine d'âge où le début de la ponte est retardé, le risque de développer des fractures en fin de ponte est réduit de 13 % (odds ratio de l'âge du début de ponte (+1 semaine) égal à 0,87) (Thøfner *et al.*, 2021) (Figure 3). Toscano *et al.* (2020) ont fait le même constat au sein d'un même groupe. Les poules présentant des fractures de bréchet (mesurées à 43 semaines d'âge) avaient un âge au premier œuf de 17 jours plus précoce que celle ne présentant pas de fractures.

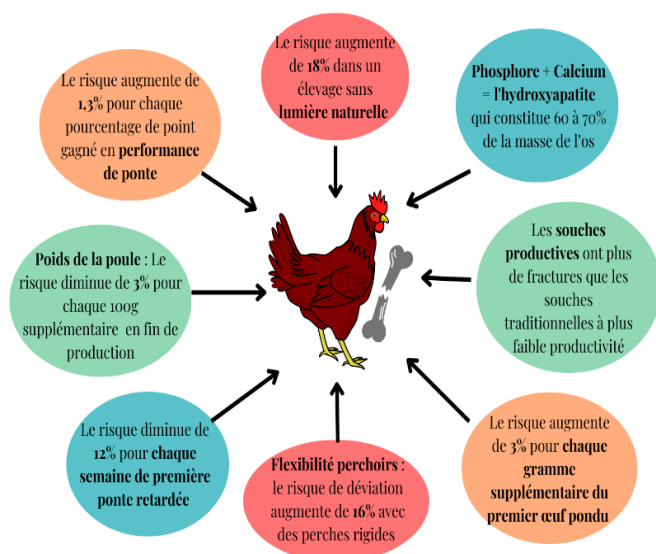


Figure 3 - Illustration résumant certaines causes des dommages du bréchet chez les poules pondeuses (source : ITAVI)

3.5 Le poids du premier œuf comme facteur impactant

Le poids quotidien estimé des œufs au début de la ponte a également un effet sur l'apparition des fractures du bréchet. Pour chaque gramme supplémentaire sur le poids des premiers œufs en début de ponte, le nombre de fractures augmente de 3 % en fin de ponte (odds ratio du poids quotidien des œufs en début de ponte (+1 gramme) égal à 1,03) (Thøfner *et al.*, 2021) (Figure 3). Cela s'explique probablement par le fait que plus l'œuf sera gros, plus la force exercée sur la partie caudale du bréchet sera importante et plus les risques de fractures du bréchet

dans cette zone seront élevés lors de l'expulsion de l'œuf au moment de la ponte. Il en va également du besoin en calcium qui augmente significativement en fonction du poids du premier œuf.

3.6 La nutrition : un levier majeur de la santé osseuse

Une alimentation mal adaptée fragilise le squelette des poules et augmente ainsi le risque de fractures. En supposant que les poules pondent toute leur vie après leur maturité sexuelle, l'os cortical structurel ne se développera qu'au cours de la phase poulette. Il est donc essentiel de fournir aux poulettes une nutrition appropriée pour optimiser la santé osseuse pendant toute la phase d'élevage. Les apports en calcium, en phosphore, en minéraux et en vitamine D₃ sont cruciaux, compte tenu de leur rôle dans la minéralisation et l'intégrité structurelle des os.

Comme évoqué précédemment, les os médullaires sont le réservoir de calcium des poules qui, lorsque la ponte démarre, exportent chaque jour l'équivalent de 10% du calcium contenu dans leur squelette (30 à 40% du besoin quotidien, le reste est d'origine alimentaire). Cette réserve dépend de la bonne croissance osseuse pendant le jeune âge mais elle est réellement constituée au début de la maturité sexuelle, soit deux semaines avant le début de la ponte (sous l'augmentation de la concentration en œstrogènes). Il est donc essentiel de favoriser un bon apport calcique durant cette période pour prévenir des fragilités osseuses ultérieures.

Par ailleurs, il y a une désynchronisation entre les apports en calcium via l'alimentation et les besoins des poules. Puisque la formation de la coquille d'œuf a lieu durant la nuit et que les poules n'ont pas accès à l'aliment durant cette période, la poule va devoir puiser le calcium dans ses os, c'est ce que l'on appelle la résorption osseuse. Le lendemain, elle aura accès à l'aliment, le calcium va donc se redéposer dans les os, c'est ce que l'on appelle l'accrétion osseuse. Cependant, avec l'allongement du cycle de ponte, ces phénomènes d'accrétion/résorption osseuse se répètent plus souvent et en fin de ponte les poules ont tendance à moins bien absorber le calcium.

Les os se fragilisent avec le temps, augmentant le risque de fracture ou d'ostéoporose. C'est pourquoi, les poules doivent recevoir un mélange équilibré de particules fines et de particules grossières de carbonate de calcium en début de ponte. Ce ratio doit ensuite évoluer en fin de ponte pour atteindre 65% de particules grossières et 35% de particules fines (Saunders-Blades *et al.*, 2009). L'augmentation de la proportion de particules grossières permet un effet retard de la disponibilité du calcium alimentaire qui sera alors utilisé tout au long de la formation de la coquille de l'œuf, réduisant d'autant le besoin calcium d'origine osseuse.

De la même façon, un bon apport de phosphore est indispensable à la croissance osseuse au stade poulette. En effet, le phosphore forme, avec le calcium, l'hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) qui constitue 60 à 70% de la masse de l'os. Environ 80% du phosphore et plus de 99% du calcium corporel se retrouvent dans le squelette sous la forme d'hydroxyapatite.

La biodisponibilité en phosphore alimentaire est un paramètre bien connu des nutritionnistes qui utilisent souvent des enzymes de type phytase pour maximiser l'utilisation du phosphore contenu dans les matières premières végétales. Si une bonne dose de phosphore est indispensable à la croissance osseuse, un excès est également problématique car c'est bien l'équilibre entre calcium et phosphore qui est tout aussi important pour la croissance osseuse et la santé osseuse. En effet, ces deux minéraux utilisent les mêmes transporteurs cellulaires et sont donc en compétition dans le compartiment digestif.

Enfin, la vitamine D₃ et plus particulièrement ses métabolites, vont permettre une meilleure minéralisation de l'os et ainsi favoriser le passage du calcium vers le compartiment sanguin (Wen et al., 2019).

La nutrition est un levier majeur de la santé osseuse qui doit s'adapter au stade physiologique, aux besoins mais également aux rythmes de production de poules pondeuses. Elle est un levier de court mais surtout de long terme.

3.7. Le système d'élevage pour les poules

3.7.1. Les différents types d'élevage pour les poules

Les systèmes d'élevage se sont diversifiés avec le temps : cages conventionnelles, cages aménagées, élevages au sol et volières. Aucun de ces systèmes ne permet d'écarter le risque de fractures. Une étude de Petrick et al., (2015) a été conduite en élevage commercial où les poules étaient élevées en cage ou dans un système à un seul niveau. Les lots étaient constitués de poules brunes de différentes souches (Hyline Brown, ISA Brown, et Lohmann Brown). La prévalence des fractures du bréchet était plus élevée dans les troupeaux logés au sol à un niveau par rapport aux troupeaux élevés en cage (respectivement $48,3 \pm 0,04\%$ contre $24,8 \pm 0,03\%$; $P < 0.001$). De façon plus globale, l'article de Rufener et Makagon (2020), compile près de 60 études sur les fractures du bréchet où les poules, âgées de plus de 49 semaines, étaient logées dans des cages conventionnelles (11 études), des cages enrichies (14 études), des systèmes au sol (7 études), des systèmes à un seul niveau (11 études) et des volières (15 études). Les cages conventionnelles présentaient la prévalence moyenne la plus faible avec 23.5% de fractures du bréchet, suivi du système de volière avec 38.3%. Suivaient ensuite le système au sol (50.2%) et les cages enrichies (50.3%). Le système à un seul niveau présentait

la prévalence de fracture la plus élevée avec 63% (Figure 4) (Rufener & Makagon, 2020).

Il convient néanmoins de prendre en considération la méthode d'évaluation utilisée dans ces études. Toutes les méthodes d'évaluation ne sont pas équivalentes en termes de sensibilité à détecter les fractures (**voir partie 4 : Différentes méthodes d'évaluation des dommages du bréchet**). Une surreprésentation ou une sous-représentation d'une méthode d'évaluation dans un système de logement pourrait modifier les données de prévalence de fracture de bréchet. Les études menées dans des volières utilisaient presque exclusivement la palpation pour évaluer les fractures, ce qui pourrait induire une sous-estimation de la prévalence des fractures du bréchet. La méta-analyse de Rufener et Makagon (2019) précisent également que les études ne fournissent pas toutes les informations qui pourraient impacter les fractures du bréchet, ces prévalences sont donc à prendre avec précaution.

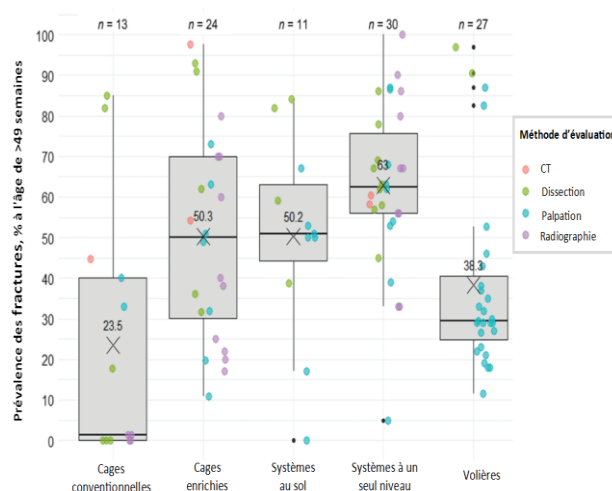


Figure 4 : Prévalence des fractures du bréchet (%) chez les poules âgées de plus de 49 semaines dans tous les types de systèmes de logement utilisés pendant la ponte. Les couleurs indiquent la méthode d'évaluation utilisée. La croix et les chiffres indiquent la prévalence moyenne. « n » indique le nombre d'entrées dans une catégorie (Rufener et al., 2020).

3.7.2 La souplesse des perchoirs : un axe d'amélioration pour diminuer les dommages du bréchet

Bien que les fractures soient corrélées aux déviations de bréchet, la localisation de ces deux types de dommages est différente (Casey-Trott et al., 2017). Du fait de cette différence de localisation, il semble probable que les déviations et les fractures aient des causes différentes (Thøfner et al., 2021). Les déviations en forme de S de l'os du bréchet sont liées à une charge de pression prolongée lors d'activités de perchage plutôt qu'à un traumatisme de courte durée (Scholz et al., 2008). En effet, il a été observé que la force maximale sur le bréchet chez les poules assises était environ cinq fois plus élevée que la force maximale sur le coussinet plantaire unique.

Le type de perchoir peut donc avoir un impact sur la prévalence des déviations du bréchet. En effet, il a été montré que des perchoirs mous de type plastique (en polyuréthane) vont causer moins de déviations du bréchet que les perchoirs durs en métal ($b = -0,6$; $p < 0,0001$). Ce matériau compressible (polyuréthane) est susceptible d'absorber l'énergie cinétique survenant lors des collisions et permet d'augmenter la répartition de la pression sur l'os du bréchet pendant le perchage (Stratmann et al., 2015) (Figure 3). L'étude complète en disant que les perchoirs durs augmentent la probabilité d'avoir des déviations du bréchet de 80%.

3.9. Le système d'élevage pour les poulettes

Lorsque les poulettes ont la possibilité d'effectuer des exercices physiques diversifiés et de se percher, il apparaît que le risque de fracture du bréchet est réduit à l'âge adulte (Casey-Trott, T., 2016).

Casey-Trott et al., (2017b) ont étudié sur près de 600 animaux (Lohmann Selected et Leghorn-Lite) le lien entre le système d'élevage des poulettes : soit en cage conventionnelle (Conv), soit en volière (Avi) ; et la prévalence des dommages du bréchet à l'âge adulte en cages conventionnelles ou en cages aménagées. Les poules élevées en volière durant leur phase poulette présentaient un pourcentage de fracture plus faible ($41,6\% \pm 2,8$) que les poulettes élevées en cage ($60,3\% \pm 2,9$) (Figure 5A). Cependant, il s'avère que le système d'élevage en phase poulette n'affecte pas la prévalence des déviations à l'âge adulte ($P = 0.218$; Figure 5B).

Les rôles des conditions d'élevage au stade poulette sur la prévalence de fracture de bréchet à l'âge adulte sont peu connus et mériteraient d'être renforcés.

4. Différentes méthodes d'évaluation des dommages du bréchet

4.1. La dissection

La dissection est la méthode de référence qui consiste à évaluer l'état du bréchet en post-mortem. Pour cela, l'os du bréchet doit être mis à nu pour ensuite réaliser une observation visuelle des anomalies présentes. Dans la littérature cette méthode est souvent utilisée pour évaluer la précision de la palpation (Casey-Trott et al., 2015). Elle est d'intérêt limité en élevage car elle ne peut se pratiquer que sur les animaux trouvés morts avec un biais évident sur la représentativité de cet échantillon ou après euthanasie d'un échantillon d'animaux pour les disséquer ce qui pose d'autres problèmes : éthiques ou économiques. Enfin, cette méthode ne permet pas, ou difficilement, d'identifier des micro fractures récentes et sans calcs.

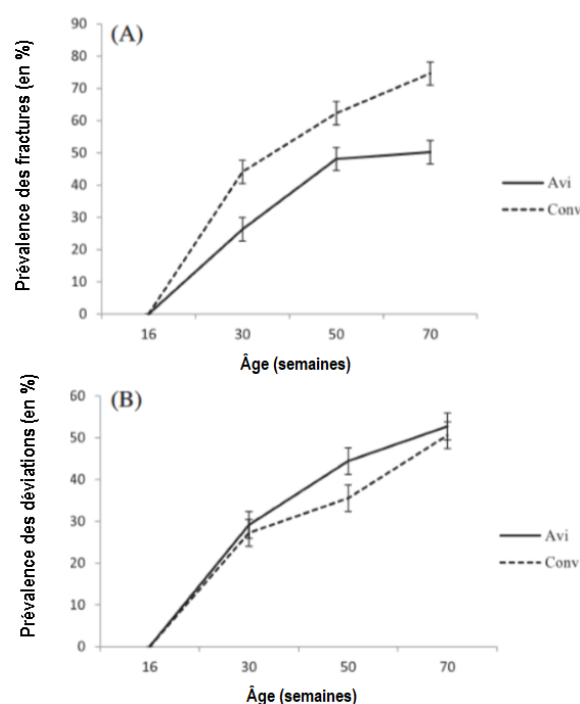


Figure 5 : Effet du système d'élevage sur le pourcentage de fractures du bréchet (A) et des déviations (B). Le système d'élevage (élevage en volière : (Avi) vs. Cage conventionnelle : (Conv)) a eu un effet sur la prévalence des fractures ($P < 0,001$) mais pas sur la prévalence des déviations ($P = 0.218$). (Casey-Trott et al., 2017(b))

4.2. La palpation manuelle

La palpation est la méthode d'observation la plus répandue sur le terrain. Elle consiste à évaluer, par le toucher, les dommages au niveau du bréchet. Pour cela, il est conseillé de prendre la poule de telle sorte à ce que la face ventrale de l'os du bréchet soit tournée face à l'observateur. Ensuite, le pouce et l'index sont utilisés pour palper le bréchet en passant les doigts le long de la surface ventrale du bréchet. Elle est utilisée dans 60 % des 50 études portant sur les anomalies du bréchet depuis 1993 (Rufener & Makagon, 2020). Cela s'explique par la facilité de mise en œuvre de cette méthode et son faible coût car la palpation ne demande aucun outil spécifique.

Mais comme toute méthode basée sur une évaluation manuelle, sa précision est limitée.

Pour évaluer la précision de la palpation, plusieurs études ont comparé les résultats obtenus de la palpation avec ceux obtenus par dissection. Les résultats sont très variables, en effet, Wilkins et al., (2004) ont mesuré une précision de la méthode de palpation allant de 71 à 83%. Petrick et al., (2013) ont noté une précision de 87 à 97% tandis que Tracy et al., (2019) ont rapporté une précision plus variable allant de 44% à 97%.

Concernant l'évaluation des déviations, la précision de la méthode varie de 68% à 82% d'après la même étude de Tracy et al., (2019).

Cette précision variable est due à plusieurs facteurs :

- Les fractures récentes sont difficiles à détecter en raison de l'absence de callosité autour de la fracture. Il apparaît que 26% des fractures ne sont pas combinées à la formation de callosités (Baur et al., 2020), compliquant ainsi considérablement la détection par palpation de fractures récentes.
- Les fractures présentes dans la partie caudale du bréchet sont également délicates à détecter (car peu accessibles), mais pour autant les plus nombreuses. Baur et al., (2020), ont montré grâce à la radiographie que 77% des fractures du bréchet étaient situées au niveau du tiers caudal de l'os.
- Le niveau d'expérience de l'évaluateur influence la précision de la détection des dommages du bréchet. Il a été montré qu'un évaluateur expérimenté va détecter 82% des anomalies du bréchet située dans la partie médiale de l'os tandis qu'un évaluateur non expérimenté n'en détectera que 68% (Buijs et al., 2018).

Tout cela rend donc la précision de la méthode discutable.

4.3. Les méthodes d'imagerie : la radiographie, l'échographie et la tomодensitométrie

La radiographie, l'échographie et la tomодensitométrie sont trois méthodes d'imagerie qui permettent d'aller plus loin dans l'évaluation des anomalies du bréchet. Elles sont utilisées dans le cadre d'études expérimentales.

1. La radiographie

Il s'agit d'une méthode d'imagerie utilisant les rayons X. Ceux-ci peuvent être dirigés à travers le corps vers un détecteur situé derrière l'image d'intérêt. En raison de la variation de la capacité d'absorption des tissus du corps (l'os va absorber efficacement le rayonnement du fait de sa forte concentration en calcium), une image est créée sur le détecteur qui peut indiquer des modèles de structures dans le corps (Figure 6).

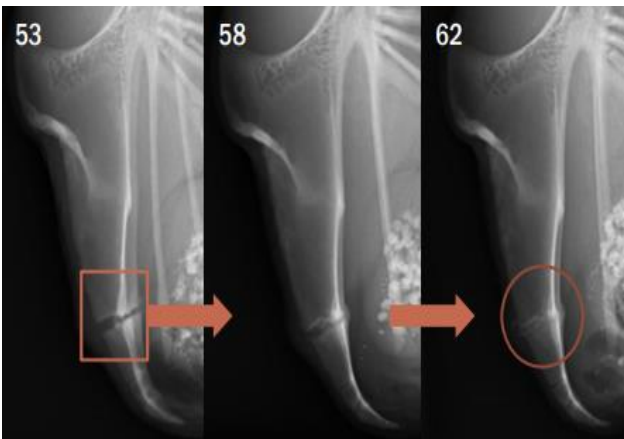


Figure 6 : Image présentant l'évolution d'une fracture du bréchet dans le temps visualisé par radiographie (Rufener, 2017)

Ainsi, la radiographie permet d'identifier toutes les déviations et les fractures y compris les fractures récentes (avant une réponse inflammatoire) ainsi que les fractures impliquant la face dorsale de l'os du bréchet, impossibles à identifier par la seule palpation (Richards et al., 2011). Cette technique est néanmoins coûteuse et implique un transport des animaux, une anesthésie ou une euthanasie des animaux. L'utilisation de cet appareil nécessite également des compétences particulières au vu de l'exposition aux rayons X (Casey-Trott et al., 2015).

2. L'échographie

Cette méthode fonctionne avec des ondes sonores non ionisantes, ce qui en fait la méthode d'imagerie la plus sûre en termes de santé pour l'animal et l'opérateur. Afin d'observer les fractures du bréchet, la sonde est passée le long de la crête ventrale du bréchet. Pour les déviations, selon la masse musculaire autour du bréchet, la sonde peut également être passée le long de la surface latérale de l'os. Cependant, si au niveau du bréchet, la quantité de plumes ou le développement musculaire sont trop importants, cela freine le passage des ondes et limite ainsi l'efficacité de l'outil (Casey-Trott et al., 2015). De ce fait, la sensibilité de l'échographie semble obtenir 10 points de pourcentage en moins par rapport à la sensibilité de la radiographie (Tableau 1).

Tableau 1 : La sensibilité (%) de la radiographie et de l'échographie dans la détection des déviations du bréchet, des fractures et des fractures de la pointe caudale (Tracy et al., 2019)

Dommages du bréchet	Technique	Sensibilité
Déviations	Radiographie	60,9
	Échographie	50
fractures	Radiographie	85,7
	Échographie	75
Fracture de la pointe caudale	Radiographie	84,4
	Échographie	90,9

3. La tomодensitométrie

Il s'agit d'une méthode de scanner qui fonctionne comme la radiographie classique à la différence que l'image résultante est en trois dimensions (Figure 7). La troisième dimension permet d'identifier les ruptures mineures et les callosités autour des fractures. La technique est également particulièrement intéressante pour identifier les fractures de la face dorsale et de la pointe caudale du bréchet qui sont très difficiles à identifier avec d'autres techniques (Casey-Trott et al., 2015).

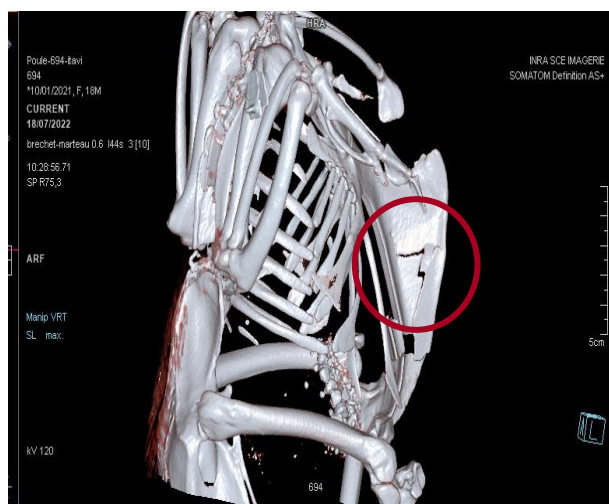


Figure 7 - Image présentant une fracture du bréchet visualisée par tomodensitométrie (Crédit photo INRAE)

En résumé :

Ces méthodes d'imagerie, bien que demandant du matériel spécifique, vont avoir une fiabilité supérieure par rapport aux observations par palpation manuelle ou même par dissection car certaines fractures ne sont pas visibles à l'œil nu. En effet, Richards *et al.*, (2011) ont constaté que les méthodes par imagerie telle que la radiographie étaient bien plus sensibles que la palpation pour détecter les fractures mineures chez les oiseaux vivants.

5. Les fractures du bréchet ont des effets zootechniques limités mais sont douloureuses et constituent un enjeu majeur de bien-être

5.1. Des conséquences zootechniques négligeables

Les conséquences zootechniques, même si elles sont présentes, ne sont pas majeures, ce qui ne permet pas de détecter précocement une prévalence élevée des fractures du bréchet au sein du lot.

Refuner *et al.* (2019) ont étudié les performances de ponte sur 75 Lohmann Selected Leghorn et 75 Lohmann Brown. Ils soulignent dans cette étude l'association entre la gravité de la fracture et la réduction de la performance de ponte avec l'augmentation de l'âge ($P = 0,005$). En effet, à 37 semaines d'âge, le taux de ponte était similaire alors qu'à 61 semaines, le taux de ponte avec la sévérité de fracture du bréchet la plus élevée était inférieure de 16,2 % à celle des poules sans fractures. Il s'avère cependant que les paramètres de qualité des œufs n'ont pas été affectés par

les fractures mais ont été associés à une interaction âge × hybride (masse des œufs : $P = 0,039$, résistance à la rupture de la coquille : $P = 0,03$, largeur de la coquille : $P = 0,001$). A la fin de la ponte, l'effet négatif de la gravité de la fracture du bréchet sur la production individuelle s'est amplifié, indiquant que les poules n'étaient plus capables de faire face au défi physiologique d'une fracture. D'autre part, il apparaît dans l'étude de Nars *et al.*, (2013) que les poules exemptes de fractures du bréchet ont consommé moins d'aliments (139 grammes d'aliment par jour et par poule indemne contre 151 grammes par jour d'aliment par jour et par poule blessée).

Les dommages du bréchet semblent peu impacter les résultats zootechniques, eux-mêmes n'ayant donc pas de répercussion sur les résultats économiques. Pour autant, les fractures du bréchet ne sont pas sans conséquences sur le bien-être des poules pondeuses.

5.2. Des fractures du bréchet douloureuses

Dans la nature, les oiseaux étant des espèces proies, il en va de leur survie de ne pas montrer leurs faiblesses face aux prédateurs. Il n'est donc pas toujours évident de percevoir des changements de comportement chez la poule, notamment en lien avec la douleur. Pour autant, quelques études ont pu mettre en évidence des modifications d'activité en lien avec la douleur générée par les fractures et déviations du bréchet.

En présence de fracture du bréchet, les comportements sont affectés puisque les mouvements effectués par la poule (vol ou perchage) provoquent une stimulation mécanique du périoste qui, à son tour, génère une douleur intense (Richards *et al.*, 2011) : le déplacement de la fracture entraînant l'activation de nocicepteurs dans le périoste de l'os affecté (Freeman *et al.*, 2008). Par ailleurs, les lésions des muscles (grand pectoral et supracoracoïdeus) entraînent une dégénérescence musculaire ou une atrophie de désuétude. Cette conséquence est mesurable par thermographie infrarouge car la température du bréchet est plus froide chez les oiseaux blessés que chez les oiseaux sains (M. Nars *et al.*, 2012a). La douleur chronique peut persister après la guérison de la fracture, notamment en cas de lésions nerveuses sensorielles (Freeman *et al.*, 2008).

Nars *et al.*, (2012) ont testé l'administration de médicaments analgésiques sur des animaux présentant des fractures du bréchet et observé si cela améliorait la mobilité de ces oiseaux. Il en résulte que l'administration de butorphanol a réduit d'environ 20% le temps de latence des poules présentant une fracture à descendre des perchoirs situés à 50cm, 100cm et 150cm de hauteur par rapport aux latences enregistrées pour ces poules après l'administration d'une solution saline.

En revanche, pour les témoins (c'est-à-dire des oiseaux sans fracture du bréchet et après l'administration de ce

même analgésique), les indices de mobilité sont restés inchangés (Figure 8).

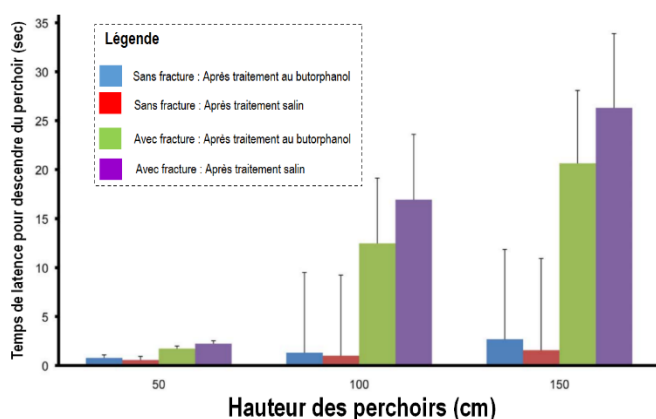


Figure 8 : Moyenne de la latence à l'atterrissage (secondes) à partir de trois hauteurs de perche différentes (50, 100, 150 cm) chez des poules avec (n = 35) et sans (n = 23) fractures du bréchet après traitement à la solution saline ou au butorphanol, 2 mg/kg injectés par voie sous-cutanée dans le cou dorsal.

Ces résultats suggèrent que les oiseaux ont la capacité de ressentir la douleur car il est observé des changements de comportements lorsqu'aucun analgésique est administré.

5.3. Des comportements altérés par les fractures du bréchet

Nars et al., (2012) ont observé, à l'aide de tests de vitesse de marche, de vol et d'atterrissage, que les poules présentant une fracture de l'os du bréchet étaient globalement plus lentes que les poules exemptes, d'autant plus lorsque la fracture était grave. Par exemple, pour le test d'atterrissage, les poules sans fractures mettaient 9,33sec ($\pm$ 2.02sec) à descendre du perchoir de 50cm alors que les poules avec fractures mettaient 33.63sec ($\pm$ 9.18sec). De même pour les perchoirs de 100 cm : les poules sans fractures mettaient 25.90sec ($\pm$ 6.94sec) alors que les poules avec fractures mettaient 80.10sec ($\pm$ 11.99sec) et pour les perchoirs de 150cm : les poules sans fractures mettaient 78.70sec ($\pm$ 24.50sec) alors que les poules avec fractures mettaient 127.78sec ($\pm$ 12.57sec). Les poules présentant des fractures atterrissaient donc significativement plus lentement depuis des perches de 50 cm de haut ($P = 0,01$) et de 100 cm de haut ($P = 0,000$).

Par ailleurs, d'autres comportements sont également affectés par les fractures du bréchet : les poules sans fractures étaient plus actives pendant la période d'observation comportementale alors que les poules avec des fractures du bréchet passaient plus de temps dans le nid pour se reposer ou limiter leurs mouvements.

De plus, les poules indemnes utilisaient plus fréquemment les perchoirs que les poules avec fractures et ces dernières

passaient plus de temps à dormir sur le sol que les poules indemnes de fractures.

Enfin, toujours dans cette même étude, les auteurs ont mis en évidence une relation négative entre la sévérité de la fracture du bréchet et la fréquence d'abreuvement ($P = 0,026$) : plus la sévérité de la fracture était grave, moins les poules passaient de temps à s'abreuver. De plus, le temps passé à se toiletter augmentait avec la sévérité de la fracture ($P = 0,036$).

Ces résultats peuvent s'expliquer soit par une baisse de la motivation à se déplacer car ces mouvements sont associés à la douleur, soit par une diminution de la force physique pour générer des battements d'ailes ou pour éviter qu'une pression fasse effet sur le bréchet, déclenchant une douleur (Sandilands et al., 2009). Ces expériences montrent que les fractures du bréchet modifient les comportements normaux des poules pondeuses et qu'elles sont associées à de la douleur, ce qui peut être considéré comme un problème majeur en termes de bien-être animal.

6. Conclusion

Même si les travaux permettant d'évaluer le caractère douloureux des fractures du bréchet sont peu nombreux, il paraît évident qu'elles sont un enjeu majeur de bien-être des poules pondeuses. Ce constat est d'autant plus important qu'avec l'arrêt de l'élevage en cage et la transition vers des modes d'élevage en volières, la prévalence des fractures risque d'augmenter globalement dans ces nouveaux élevages. Les dommages du bréchet sont progressifs et impactent finalement assez peu les résultats zootechniques (performance de ponte, qualité de la coquille d'œuf) ce qui rend difficile la sensibilisation des éleveurs au problème. De surcroît, la seule méthode accessible, la palpation, est finalement peu précise pour mettre en œuvre une stratégie de prévention.

La sensibilisation et la mise en œuvre de stratégies de prévention doivent s'effectuer à tous les stades de la filière : autant en élevage sur le design et l'aménagement des volières ; que sur les stratégies nutritionnelles de long terme (démarrage en 2022 du projet O'Calin ; ITAVI) ainsi que sur les étapes antérieures : génétique et élevage des poulettes. Pour se faire, un outil à la fois utilisable facilement sur le terrain et efficace doit être développé (démarrage en 2023 du projet **PouleBreak** ; ITAVI).

Références bibliographiques

- Armstrong, E. A., Rufener, C., Toscano, M. J., Eastham, J. E., Guy, J. H., Sandilands, V., Boswell, T., & Smulders, T. V. (2020). Keel bone fractures induce a depressive-like state in laying hens. *Scientific Reports*, 10(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59940-1>
- Baker, S. L., Robison, C. I., Karcher, D. M., Toscano, M. J., & Makagon, M. M. (2020). Keel impacts and associated behaviors in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science*, 222, 104886. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104886>
- Baur, S., Rufener, C., Toscano, M. J., & Geissbühler, U. (2020). Radiographic Evaluation of Keel Bone Damage in Laying Hens—Morphologic and Temporal Observations in a Longitudinal Study. *Frontiers in Veterinary Science*, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00129>
- Budgell, K. L., & Silversides, F. G. (2004). Bone breakage in three strains of end-of-lay hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(4), 745-747. <https://doi.org/10.4141/A04-040>
- Buijs, S., Heerkens, J., Ampe, B., Delezie, E., Rodenburg, B., & Tuytens, F. (2018). Assessing keel bone damage in laying hens by palpation: Effects of assessor experience on accuracy, inter-rater agreement and intra-rater consistency. *Poultry Science*, 98. <https://doi.org/10.3382/ps/pey326>
- Casey-Trott, T. (2016). Susceptibility to keel bone fractures in laying hens and the role of genetic variation | Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.3382/ps/pex146>
- Casey-Trott, T., Heerkens, J. L. T., Petrik, M., Regmi, P., Schrader, L., Toscano, M. J., & Widowski, T. (2015). Methods for assessment of keel bone damage in poultry. *Poultry Science*, 94(10), 2339-2350. <https://doi.org/10.3382/ps/pev223>
- Casey-Trott, T. M., Guerin, M. T., Sandilands, V., Torrey, S., & Widowski, T. M. (2017). Rearing system affects prevalence of keel-bone damage in laying hens: A longitudinal study of four consecutive flocks. *Poultry Science*, 96(7), 2029-2039. <https://doi.org/10.3382/ps/pex026>
- Dacke, C., SS, A., Cook, D. J., Wormstone, I., & JONES, S. (1993). Medullary Bone and Avian Calcium Regulation. *J. Exp. Biol.*, 184. <https://doi.org/10.1242/jeb.184.1.63>
- Eusemann, B. K., Baulain, U., Schrader, L., Thöne-Reineke, C., Patt, A., & Petow, S. (2018). Radiographic examination of keel bone damage in living laying hens of different strains kept in two housing systems. *PLOS ONE*, 13(5), e0194974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194974>
- Fleming, R. H., McCormack, H. A., McTeir, L., & Whitehead, C. C. (2006). Relationships between genetic, environmental and nutritional factors influencing osteoporosis in laying hens. *British Poultry Science*, 47(6), 742-755. <https://doi.org/10.1080/00071660601077949>
- Freeman, K. T., Koewler, N. J., Jimenez-Andrade, J. M., Buus, R. J., Herrera, M. B., Martin, C. D., Ghilardi, J. R., Kuskowski, M. A., & Mantyh, P. W. (2008). A fracture pain model in the rat: Adaptation of a closed femur fracture model to study skeletal pain. *Anesthesiology*, 108(3), 473-483. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181649351>
- Gebhardt-Henrich, S. G., Pfulg, A., Fröhlich, E. K. F., Käppli, S., Guggisberg, D., Liesegang, A., & Stoffel, M. H. (2017). Limited Associations between Keel Bone Damage and Bone Properties Measured with Computer Tomography, Three-Point Bending Test, and Analysis of Minerals in Swiss Laying Hens. *Frontiers in Veterinary Science*, 4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2017.00128>
- Habig, C., & Distl, O. (2013). Evaluation of bone strength, keel bone status, plumage condition and egg quality of two layer lines kept in small group housing systems. *British Poultry Science*, 54(4), 413-424. <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.792405>
- Hy Line, 2016. Plaque Mise à jour Technique : « A propos du rôle du squelette en production d'œuf ».
- Johnson, A. L. (2015). Reproduction in the Female. In *Sturkie's Avian Physiology* (p. 635-665). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407160-5.00028-2>
- Jung, L., Niebuhr, K., Hinrichsen, L. K., Gunnarsson, S., Brenninkmeyer, C., Bestman, M., Heerkens, J., Ferrari, P., & Knierim, U. (2019). Possible risk factors for keel bone damage in organic laying hens. *Animal*, 13(10), 2356-2364. <https://doi.org/10.1017/S175173111900003X>
- Nasr, M. A. F., Nicol, C. J., & Murrell, J. C. (2012). Do laying hens with keel bone fractures experience pain? *PloS One*, 7(8), e42420. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042420>
- Nasr, M., Murrell, J., & Nicol, C. (2013). The effect of keel fractures on egg production, feed and water consumption in individual laying hens. *British poultry science*, 54, 165-170. <https://doi.org/10.1080/00071668.2013.767437>
- Nasr, M., Murrell, J., Wilkins, L. J., & Nicol, C. (2012a). The effect of keel fractures on egg-production parameters, mobility and behavior in individual laying hens. *Animal Welfare*, 21, 127-135. <https://doi.org/10.7120/096272812799129376>

Références bibliographiques

- Osterhoff, G., Morgan, E. F., Shefelbine, S. J., Karim, L., McNamara, L. M., & Augat, P. (2016). Bone mechanical properties and changes with osteoporosis. *Injury*, 47(Suppl 2), S11-S20. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(16\)47003-8](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(16)47003-8)
- Petrik, M. T., Guerin, M. T., & Widowski, T. M. (2013). Keel fracture assessment of laying hens by palpation: Inter-observer reliability and accuracy. *Veterinary Record*, 173(20), 500-500. <https://doi.org/10.1136/vr.101934>
- Petrik, M. T., Guerin, M. T., & Widowski, T. M. (2015). On-farm comparison of keel fracture prevalence and other welfare indicators in conventional cage and floor-housed laying hens in Ontario, Canada. *Poultry Science*, 94(4), 579-585. <https://doi.org/10.3382/ps/pev039>
- Rentsch, A. K., Rufener, C. B., Spadavecchia, C., Stratmann, A., & Toscano, M. J. (2019). Laying hen's mobility is impaired by keel bone fractures and does not improve with paracetamol treatment. *Applied Animal Behaviour Science*, 216, 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.04.015>
- Riber, A. B., Casey-Trott, T. M., & Herskin, M. S. (2018). The Influence of Keel Bone Damage on Welfare of Laying Hens. *Frontiers in Veterinary Science*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2018.00006>
- Richards, G. J., Nasr, M. A., Brown, S. N., Szamocki, E. M. G., Murrell, J., Barr, F., & Wilkins, L. J. (2011). Use of radiography to identify keel bone fractures in laying hens and assess healing in live birds. *The Veterinary Record*, 169(11), 279. <https://doi.org/10.1136/vr.d4404>
- Rufener, C., Baur, S., Stratmann, A., & Toscano, M. J. (2019). Keel bone fractures affect egg laying performance but not egg quality in laying hens housed in a commercial aviary system. *Poultry Science*, 98(4), 1589-1600. <https://doi.org/10.3382/ps/pey544>
- Rufener, C., & Makagon, M. M. (2020). Keel bone fractures in laying hens: A systematic review of prevalence across age, housing systems, and strains. *Journal of Animal Science*, 98(Supplement_1), S36-S51. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa145>
- Saunders-Blades J.L., MacIsaac J.L., Korver D.R., Anderson D.M., (2009). The effect of calcium source and particle size on the production performance and bone quality of laying hens, *Poultry Science*, Volume 88, Issue 2, 2009, Pages 338-353, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00278>.
- Sandilands, V., Moinard, C., & Sparks, N. H. C. (2009). Providing laying hens with perches: Fulfilling behavioural needs but causing injury? *British Poultry Science*, 50(4), 395-406. <https://doi.org/10.1080/00071660903110844>
- Scholz, B., Rönchen, S., Hamann, H., Hewicker-Trautwein, M., & Distl, O. (2008). Keel bone condition in laying hens: A histological evaluation of macroscopically assessed keel bones. *Berliner Und Munchener Tierärztliche Wochenschrift*, 121(3-4), 89-94.
- Stratmann, A., Fröhlich, E. K. F., Gebhardt-Henrich, S. G., Harlander-Matauschek, A., Würbel, H., & Toscano, M. J. (2016). Genetic selection to increase bone strength affects prevalence of keel bone damage and egg parameters in commercially housed laying hens. *Poultry Science*, 95(5), 975-984. <https://doi.org/10.3382/ps/pew026>
- Stratmann, A., Fröhlich, E. K. F., Harlander-Matauschek, A., Schrader, L., Toscano, M. J., Würbel, H., & Gebhardt-Henrich, S. G. (2015). Soft Perches in an Aviary System Reduce Incidence of Keel Bone Damage in Laying Hens. *PLOS ONE*, 10(3), e0122568. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122568>
- Thøfner, I. C. N., Dahl, J., & Christensen, J. P. (2021). Keel bone fractures in Danish laying hens: Prevalence and risk factors. *PLOS ONE*, 16(8), e0256105. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256105>
- Toscano, M. (2018). Skeletal problems in contemporary commercial laying hens. *Advances in Poultry Welfare*, 151-173.
- Toscano, M. J., Dunn, I. C., Christensen, J.-P., Petow, S., Kittelsen, K., & Ulrich, R. (2020). Explanations for keel bone fractures in laying hens: Are there explanations in addition to elevated egg production? *Poultry Science*, 99(9), 4183-4194. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.035>
- Tracy, L. M., Temple, S. M., Bennett, D. C., Sprayberry, K. A., Makagon, M. M., & Blatchford, R. A. (2019). The Reliability and Accuracy of Palpation, Radiography, and Sonography for the Detection of Keel Bone Damage. *Animals*, 9(11), Art. 11. <https://doi.org/10.3390/ani9110894>
- Vits, A., Weitzenbürger, D., Hamann, H., & Distl, O. (2005). Production, egg quality, bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed in furnished cages with different group sizes. *Poultry Science*, 84(10), 1511-1519. <https://doi.org/10.1093/ps/84.10.1511>
- Wen J., Livingston K.A., Persia M.E. (2019). Effect of high concentrations of dietary vitamin D3 on pullet and laying hen performance, skeleton health, eggshell quality, and yolk vitamin D3 content when fed to W36 laying hens from day of hatch until 68 wk of age, *Poultry Science*, Volume 98, Issue 12, Pages 6713-6720, ISSN 0032-5791, <https://doi.org/10.3382/ps/pez386>.

Références bibliographiques

- Whitehead, C. C. (2004). Overview of bone biology in the egg-laying hen. *Poultry Science*, 83(2), 193-199. <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.193>
- Whitehead, C. C., & Fleming, R. H. (2000). Osteoporosis in Cage Layers. *Poultry Science*, 79(7), 1033-1041. <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.1033>
- Wilkins, L. J., Brown, S. N., Zimmerman, P. H., Leeb, C., & Nicol, C. J. (2004). Investigation of palpation as a method for determining the prevalence of keel and furculum damage in laying hens. *The Veterinary Record*, 155(18), 547-549. <https://doi.org/10.1136/vr.155.18.547>

Keel bone damage: a major welfare issue in laying hens

Fractures and deviations of the keel bone are frequently observed in all types of laying hen farms. Most studies show that 30-70% of commercial hens have these fractures. This cortical bone undergoes a progressive skeletal weakening from sexual maturity onwards, thus promoting damage. Keel bone fractures impact hen behaviour and induce pain, making them a major animal welfare issue due to their high prevalence.

The causes for the occurrence of keel bone fractures are multiple and probably interrelated. If the configuration of the housing systems is often cited as a major cause, because of the risks of falls and collisions that it could promote; feeding, genetics, age, productivity are all risk factors that make the diagnosis of the causes and the implementation of preventive solutions, complex.

The prevalence of keel bone lesions is assessed by several methods ranging from manual palpation to imaging. The most common method that can be used on the field is manual palpation, which does not require any specific equipment but is not very accurate. Having reliable and early evaluation tools in farm is a prerequisite to go further in the prevention of keel bone deviations or fractures.

This article aims to summarize the main existing knowledge on this issue.