

LE 1,25(OH)₂D₃-GLYCOSIDES D'ORIGINE VÉGÉTALE AMÉLIORE LES PERFORMANCES ET LA QUALITÉ DES COQUILLES DES PONDEUSES ÂGÉES

Daniel Santos¹, Michele Lima¹, Edney Silva¹, Katia Pedrosa², Kathrin Bühler²

¹ UNESP - Département des sciences animales, Campus Jaboticabal/SP - CEP 14884-900, Brésil

² Herbonis Animal Health GmbH, Rheinstrasse 30, 4302 Augst BL, Suisse
k.buehler@herbonis.com

RÉSUMÉ

L'activation de la vitamine D est réduite avec l'âge, ce qui entraîne une diminution de l'efficacité de l'absorption et de l'utilisation du calcium (Ca). Par conséquent, la résistance de la coquille des œufs des poules pondeuses âgées est réduite. Le *Solanum glaucophyllum* (SG) produit du 1,25(OH)₂D₃ sous forme glycosidique. Un essai a été réalisé pour étudier les effets d'une supplémentation alimentaire de 1,25(OH)₂D₃ provenant de SG sur les performances de production et la qualité des coquilles d'œufs chez des poules pondeuses LSL-lite âgées de 110 à 120 semaines. À 106 semaines, uniquement les poules en production ont été sélectionnées pour l'essai. Le régime de base maïs/soja contenait 3,8% de Ca, 0,25% de P disponible, 300 FTU de phytase/kg et 2700 UI de vitamine D/kg. SG a été ajouté au régime de contrôle à raison de 0, 1 et 2 µg de 1,25(OH)₂D₃ sous forme glycosidique par kg d'aliment. La consommation alimentaire, le taux de ponte, la masse d'œufs et le taux de conversion alimentaire ont été mesurés pendant toute la période expérimentale de 10 semaines. La qualité des coquilles d'œufs a été mesurée toutes les deux semaines. La supplémentation alimentaire avec 1 µg 1,25(OH)₂D₃/kg sous forme glycosidique a amélioré de manière significative ($p < 0,05$) la production d'œufs et l'efficacité alimentaire, respectivement de 86,7 % à 90,4 % et de 1,85 à 1,77. Le poids des œufs et la consommation alimentaire n'ont pas été affectés par le traitement ($p > 0,05$). La résistance et la densité de la coquille d'œuf ont été significativement améliorées, passant de 25 à 37 N et de 71,4 à 79,3 mg/cm² à l'âge de 120 semaines. Il a été conclu qu'une supplémentation alimentaire avec du 1,25(OH)₂D₃ sous forme de glycosides par kg d'aliment et provenant de SG améliorait les performances de production et la qualité des coquilles d'œufs chez les poules pondeuses âgées, très probablement en raison d'un meilleur métabolisme du Ca.

ABSTRACT

1,25(OH)₂D₃-glycosides of herbal origin improve performance and eggshell quality in aged laying hens

Vitamin D activation is reduced with age, resulting in a lower efficiency of calcium (Ca) absorption and utilization. Consequently, eggshell strength in aged laying hens is reduced. *Solanum glaucophyllum* (SG) produces 1,25(OH)₂D₃ in glycosidic form. An experiment was done to study the effects of dietary supplementation of 1,25(OH)₂D₃ from SG on production performance and eggshell quality in LSL-lite laying hens from 110 to 120 weeks of age. At 106 weeks only producing hens were selected for the trial. The corn/soy basal diet contained 3.8% Ca, 0.25% available P, 300 FTU phytase/kg and 2700 IU vitamin D/kg. SG was added on top of the control diet, providing 0, 1 et 2 µg 1,25(OH)₂D₃ as glycosides per kg of feed. Feed intake, laying rate, egg mass and feed conversion ratio were measured during the full 10-week experimental period. Eggshell quality was measured every second week. Dietary supplementation with 1 µg 1,25(OH)₂D₃/kg significantly ($p < 0.05$) improved egg production and feed efficiency from 86.7% to 90.4%, and from 1.85 to 1.77, respectively. Egg weight and feed intake were not affected by treatment ($p > 0.05$). Eggshell strength and eggshell density were significantly improved from 25 to 37 N and from 71.4 to 79.3 mg/cm² at 120 weeks of age. It was concluded that dietary supplementation with 1,25(OH)₂D₃ as glycosides per kg feed from SG improved production performance and eggshell quality in aged laying hen, most probably due to improved Ca metabolism.

INTRODUCTION

De grands progrès sont réalisés pour maintenir la persistance de la ponte des poules pondeuses jusqu'à la fin du cycle de ponte, qui approche aujourd'hui les 100 semaines et plus. Cependant, le défi reste de produire des œufs avec une coquille de bonne qualité jusqu'à la fin de la période de production sans compromettre la solidité osseuse de la poule.

Comprendre le métabolisme du calcium (Ca) chez les poules pondeuses est crucial pour concevoir des stratégies alimentaires qui garantissent d'une part une bonne qualité de coquille d'œuf et d'autre part préviennent l'ostéoporose. Augmenter le niveau de Ca alimentaire ou donner des sources supplémentaires de calcaire grossier (par exemple, la coquille d'huître) n'entraîne souvent pas une amélioration de la qualité de la coquille d'œuf (Leeson et al, 1993, Safaa et al, 2008).

En revanche, des niveaux élevés de Ca dans la lumière intestinale pourraient compromettre la digestibilité de l'énergie et des protéines et réduire l'efficacité de la phytase. En outre, il est essentiel de maximiser l'utilisation des nutriments pour minimiser les coûts de l'alimentation, l'impact environnemental et l'empreinte carbone.

Selon Elaroussi et al. (1994), la diminution de la qualité de la coquille des œufs est liée à des perturbations du métabolisme du Ca. On sait que l'activité de la 1α -hydroxylase dans les reins diminue avec l'âge chez différentes espèces animales, notamment les poules pondeuses. Ainsi, la capacité de la poule à produire des quantités suffisantes de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, le métabolite actif de la vitamine D, est altérée (Abe et al, 1982 ; Gloux et al, 2020). Seule une supplémentation en $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ peut combler l'écart.

Solanum glaucophyllum est l'une des rares plantes à contenir naturellement du $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ sous forme glycosidique (G- $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) (Bachmann et al, 2013). Suivant le clivage enzymatique des liaisons glycosidiques, le métabolite actif $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ est progressivement absorbé par les intestins. Après absorption, le $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ peut immédiatement soutenir l'homéostasie du Ca comme l'a montré un essai précédent où la supplémentation en G- $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ d'un régime pour pondeuses contenant 2,7 % de Ca a permis d'obtenir une qualité d'œuf comparable à celle de poules nourries avec 3,7 % de Ca (données non publiées). L'objectif de cet essai était d'évaluer l'efficacité du G- $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ du *Solanum glaucophyllum* sur les performances, la qualité des coquilles d'œufs et l'intégrité osseuse de poules pondeuses âgées.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux et traitements

42 poules pondeuses Lohmann LSL-Lite âgées de 106 semaines ont été sélectionnées et réparties dans 42 cages (2500 cm²/poule), ce qui donne 14 répétitions par traitement. Il y avait 16 heures de lumière et 8 heures

d'obscurité. Avant le début de l'expérience, les poules ont été réparties de manière aléatoire en fonction de leur poids corporel et de leur production d'œufs afin d'offrir les mêmes conditions de départ pour tous les traitements. La production d'œufs de chaque poule a été surveillée pendant trois semaines pour obtenir une uniformité maximale. L'essai a duré 10 semaines, 6 semaines de période d'adaptation et 4 semaines de collecte de données (période expérimentale). Les traitements pour l'ensemble des 10 semaines étaient un groupe témoin (CT) basé sur un régime maïs/soja ; CT + 1 µg de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ de SG (SG1) et CT + 2 µg de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ de SG (SG2). Pour les traitements SG1 et SG2, le régime témoin a été supplémenté respectivement avec 100 et 200 mg/kg de Panbonis® (Herbonis Animal Health GmbH, Augst, Suisse), un aliment complémentaire contenant 10 mg de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ /kg, issue de feuilles de *Solanum glaucophyllum* séchées et broyées.

1.2. Alimentation, mesures et calculs

Les régimes ont été formulés selon les niveaux d'acides aminés et d'énergie des tableaux brésiliens pour la volaille et le porc (Rostagno et al., 2017), en utilisant de la farine de maïs et de soja, avec 3,8 % de Ca total (mélange de 4,9 % de calcaire grossier et de 4,3 % de calcaire fin), 0,25 % de phosphore disponible (Pdisp), 300 FTU de phytase (matrice 0,14% pour Pdisp), ce qui donne 0,39% Pdisp. La vitamine D était incluse à raison de 2700 UI/kg. Les poules recevaient de la nourriture et de l'eau à volonté.

La production quotidienne d'œufs a été mesurée et utilisée pour calculer le taux de ponte journalier et le poids des œufs par semaine. La consommation alimentaire a été mesurée chaque semaine. L'IC a été calculé comme étant la consommation alimentaire/((taux de ponte/100)*poids des œufs). Toutes les deux semaines, les œufs produits le même jour ont été collectés pour mesurer le poids de la coquille séchée et son épaisseur, la résistance à la rupture de la coquille, le pourcentage de coquille par rapport au poids total de l'œuf et la densité de la coquille (mg/cm²). La qualité des œufs a été évaluée à l'aide d'un testeur numérique (DET6500, Nabel Co, Ltd). Les coquilles ont été séchées à l'air pendant 48 heures avant d'être pesées. La densité minérale osseuse a été mesurée dans 5 poules vivantes par traitement, sélectionnées au hasard, au début et à la fin de l'expérience avec DEXA (Hester et al. 2004). Un oiseau du traitement SG2 est mort entre les deux mesures. Par conséquent, les changements de densité osseuse dans le SG n'ont pu être calculés que pour quatre oiseaux du SG2.

À la fin de l'essai, 7 poules sélectionnées au hasard par traitement ont été euthanasiées et le tibiotarse gauche a été collecté pour déterminer sa résistance à la rupture au milieu de l'os à l'aide de mesures de flexion en trois points (EMIC, modèle DL 10.000, avec cellule de charge EMIC de 200 kgf, 5 mm/min). L'os a été dégagé manuellement et positionné en vue dorso-ventrale pour la mesure.

1.3. Analyse des résultats

Toutes les données ont été moyennées par traitement sur toute la période expérimentale (quatre dernières semaines de l'essai) avant l'analyse statistique. Tous les paramètres ont été analysés à l'aide de Proc Mixed de SAS avec traitement et réplication en tant que facteurs fixes. Pour une analyse post-hoc, le test de Dunnett a été choisi pour comparer les effets des régimes SG avec ceux du régime CT (SG1 vs CT, SG2 vs CT). Les différences ont été considérées comme significatives avec $p \leq 0,05$. Les valeurs sont données sous forme de moyenne $\pm$ écart-type.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A l'âge de 110 semaines, le poids corporel et le taux de ponte des 42 poules étaient respectivement de $1,46 \pm 0,07$ kg et $80,7 \pm 9,6$ %. La densité minérale osseuse initiale des 15 poules mesurées était de 246 ± 11 g/cm². Il n'y avait pas de différences statistiquement significatives entre les traitements SG1 ou SG2 par rapport au régime témoin CT pour la consommation alimentaire (~ 105 g/poule/jour) et le poids des œufs ($\sim 65,8$ g) pendant la période expérimentale. Deux oiseaux sont morts pendant l'essai. SG1 avait une production d'œufs significativement améliorée de 3,7 % ($p < 0,05$) par rapport au CT, passant de 86,7 % à 90,4 %, et une efficacité alimentaire de 8 points, passant de 1,85 à 1,77, au cours de la période expérimentale de 4 semaines (Tableau 1).

Tous les paramètres externes de qualité de la coquille d'œuf ont été améliorés de manière significative ($p < 0,05$) par rapport au CT avec la supplémentation en G-1,25(OH)₂D₃, indiquant une meilleure utilisation intestinale du Ca pour le dépôt dans la coquille d'œuf (Tableau 2). La résistance moyenne et la densité de la coquille d'œuf ont augmenté respectivement de 25 à 37 N et de 71,4 à 79,3 mg/cm² au cours de la période expérimentale de 4 semaines.

De plus, dans l'essai actuel, il n'y avait aucune différence significative de la qualité osseuse (Figures 1 et 2). La densité minérale osseuse et la résistance à la rupture des os étaient similaires à celles du CT, même si les poules supplémentées avec SG avaient une production d'œufs et une qualité de coquille d'œuf significativement plus élevées. Les poules pondeuses du groupe SG2 présentaient une variabilité plus faible en termes de résistance à la rupture osseuse que SG1 et CT.

Même si les taux sériques de 1,25(OH)₂D₃ et de Ca n'ont pas été mesurés, des études antérieures ont montré que les différences de qualité de la coquille d'œuf peuvent être liées à des concentrations accrues des métabolites de la vitamine D (Pampouille et al, 2022). Ces résultats sont cohérents avec les observations d'Abe et al (1982), montrant un nombre accru d'œufs fêlés et à coquille molle chez les poules Leghorns blanches âgées, ainsi que des troubles du métabolisme de la vitamine D. Ainsi l'activité de la 1 α -hydroxylase dans les homogénats rénaux de poules âgées de 72 semaines était significativement réduite par rapport aux homogénats de poules âgées de 38 semaines.

Cette enzyme est cruciale pour activer le 25-hydroxy-cholecalciférol (25(OH)D₃), la forme circulante de la vitamine D, en 1,25(OH)₂D₃, la forme bioactive de la vitamine D. Par conséquent, les niveaux de 1,25(OH)₂D₃ chez les poules pondeuses âgées étaient significativement réduites dans le plasma et dans divers tissus cibles, comme l'intestin grêle, les os corticaux et médullaires dans leur étude. Récemment, Gloux et al. (2020) ont confirmé ces observations, montrant que les taux plasmatiques de 1,25(OH)₂D₃ chez les poules âgées de 90 semaines étaient significativement inférieurs à ceux des poules âgées de 23 semaines, malgré des teneurs plasmatiques similaires en 25(OH)D₃. Ces auteurs associent la réduction de l'activité enzymatique à l'augmentation de l'expression du FGF-23 causée par l'excès de P libéré par la résorption osseuse élevée chez les poules âgées. Ceci suggère que le 25(OH)D₃ circulant n'a pas pu être activé de manière adéquate chez les poules pondeuses âgées. Cette activité réduite de la 1 α -hydroxylase limite l'efficacité de la vitamine D et de ses métabolites – à l'exception des sources de 1,25(OH)₂D₃ – pour soutenir le métabolisme du Ca chez les poules pondeuses plus âgées et constitue donc la principale raison de la qualité réduite des coquilles d'œufs.

CONCLUSION

Les résultats ont indiqué que la qualité des coquilles d'œufs était améliorée par rapport au CT au cours de cette période de 10 semaines pendant laquelle les poules recevaient un supplément de SG. À partir des résultats observés, il a été conclu que la SG améliorait le métabolisme du Ca chez les poules âgées, entraînant ainsi une meilleure calcification de la coquille des œufs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Abe, E., H. Horikawa, T. Masumura, M. Sugahara, M. Kubota, and T. Suda. 1982. J. Nutr. 112(3):436-446
- Bachmann, H., S. Autzen, U. Frey, U. Wehr, W. Rambeck, H. McCormack, and C. C. Whitehead. 2013. Br. Poult. Sci. 54(5):642-652
- Elaroussi, M. A., L. R. Forte, S. L. Eber, and H. V. Biellier. 1994. Poult Sci 73(10):1581-1589
- Gloux, A., N. Le Roy, N. Mème, M. L. Piketty, D. Prié, G. Benzoni, J. Gautron, Y. Nys, A. Narcy, and M. J. Duclos. 2020. Sci. Rep. 10(1):21124-21124

Hester, P. Y., M. A. Schreiweis, J. I. Orban, H. Mazzuco, M. N. Kopka, M. C. Ledur, and D. E. Moody. 2004. Poult. Sci. 83(2):215-221

Leeson, S., J. D. Summers, and L. Caston. 1993. Poult. Sci. 72(8):1510-1514

Pampouille, E., J. Gautron, N. Mème, L. Dusart, M. J. Duclos, G. Benzoni, V. Gigaud, E. Folegatti, J.-M. Thoby, M. Quentin, E. Lespessailles, T. Janvier, H. Toumi, and A. Narcy. 2022. In: 14e J. Rech. Avicol : 533-536

Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, M. I. Hannas, J. L. Donzele, N. K. Sakomura, F. G. Perazzo, A. Saraiva, M. L. T. Abreu, P. B. Rodrigues, R. F. Oliveira, S. L. T. Barreto, and C. O. Brito (ed.). 2017, 488 pp

Safaa, H. M., M. P. Serrano, D. G. Valencia, M. Frikha, E. Jiménez-Moreno, and G. G. Mateos. 2008. Poult Sci 87(10):2043-2051

Tableau 1 : Comparaison des performances de ponte des différents traitements expérimentaux (moyenne $\pm$ écart-type)¹

Paramètres	CT	SG1	SG2	P-value ²
Nombre de poules	14	13	13	-
Consommation alimentaire, g/poule/jour	107.1 $\pm$ 7.0	105.2 $\pm$ 3.9	105.9 $\pm$ 6.4	0.732
Production d'œuf, %	86.7 ^{Aa}	90.4 ^B	91.6 ^b	0.040
Poids des œufs, g	65.7 $\pm$ 5.2	65.8 $\pm$ 4.3	66.0 $\pm$ 4.9	0.978
Indice de consommation, kg/kg	1.851 ^{Aa} $\pm$ 0.084	1.773 ^B $\pm$ 0.127	1.761 ^b $\pm$ 0.147	0.036

¹L'essai a duré de 110 à 120 semaines d'âge. Il y a eu 6 semaines de période d'adaptation et 4 semaines de période expérimentale (collecte de données). Les données indiquent la moyenne de la période expérimentale. CT : Témoin, SG1 : Témoin supplémenté avec 1,0 μ g de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*, SG2 : Témoin supplémenté avec 2,0 μ g de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*. ²Valeur P du traitement. La comparaison par paire a été effectuée avec le test de Bartlett, en comparant respectivement SG1 vs CT et SG2 vs CT. A, B : indique des différences significatives entre CT et SG1 (valeur P $\leq$ 0,05) ; a, b : indique des différences significatives entre CT et SG2 (valeur P $\leq$ 0,05).

Tableau 2 : Comparaison des paramètres de qualité de la coquille d'œuf des différents traitements expérimentaux (moyenne $\pm$ écart-type)¹

Paramètres	CT	SG1	SG2	P-Value ²
Nombre d'œufs	29	27	31	-
Résistance de la coquille d'œuf, N	24.8 $\pm$ 7.03 ^{Bb}	36.7 $\pm$ 4.57 ^A	29.8 $\pm$ 6.12 ^a	0.002
Épaisseur de la coquille d'œuf, mm	0.34 $\pm$ 0.026 ^{Bb}	0.36 $\pm$ 0.015 ^A	0.37 $\pm$ 0.021 ^a	0.002
Pourcentage de coquille d'œuf, %	8.34 $\pm$ 0.77 ^{Bb}	9.1 $\pm$ 0.57 ^A	8.85 $\pm$ 0.50 ^a	0.029
Densité des coquilles d'œufs, mg/cm ²	71.4 $\pm$ 5.08 ^{Bb}	79.3 $\pm$ 4.74 ^A	77.1 $\pm$ 4.54 ^a	0.001

¹L'essai a duré de 110 à 120 semaines d'âge. Il y a eu 6 semaines de période d'adaptation et 4 semaines de période expérimentale (collecte de données). Les données indiquent la moyenne de la période expérimentale. CT : Témoin, SG1 : Témoin supplémenté avec 1,0 μ g de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*, SG2 : Témoin supplémenté avec 2,0 μ g de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*. ²Valeur P du traitement. La comparaison par paire a été effectuée avec le test de Bartlett, en comparant respectivement SG1 vs CT et SG2 vs CT. A, B : indique des différences significatives entre CT et SG1 (valeur P $\leq$ 0,05) ; a, b : indique des différences significatives entre CT et SG2 (valeur P $\leq$ 0,05)

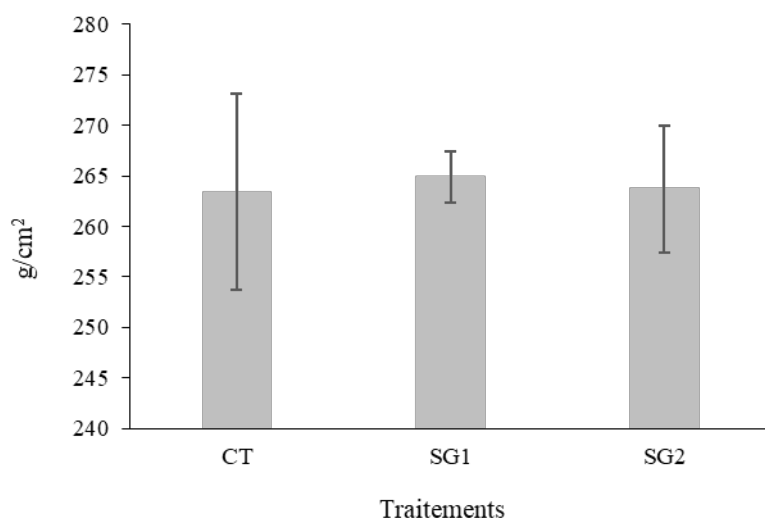


Figure 1 : Densité minérale osseuse: La densité a été mesurée par DEXA chez des poules pondeuses à 120 semaines d'âge. CT : Témoin, SG1 : Témoin supplémenté avec 1,0 µg de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*, SG2 : Témoin supplémenté avec 2,0 µg de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*

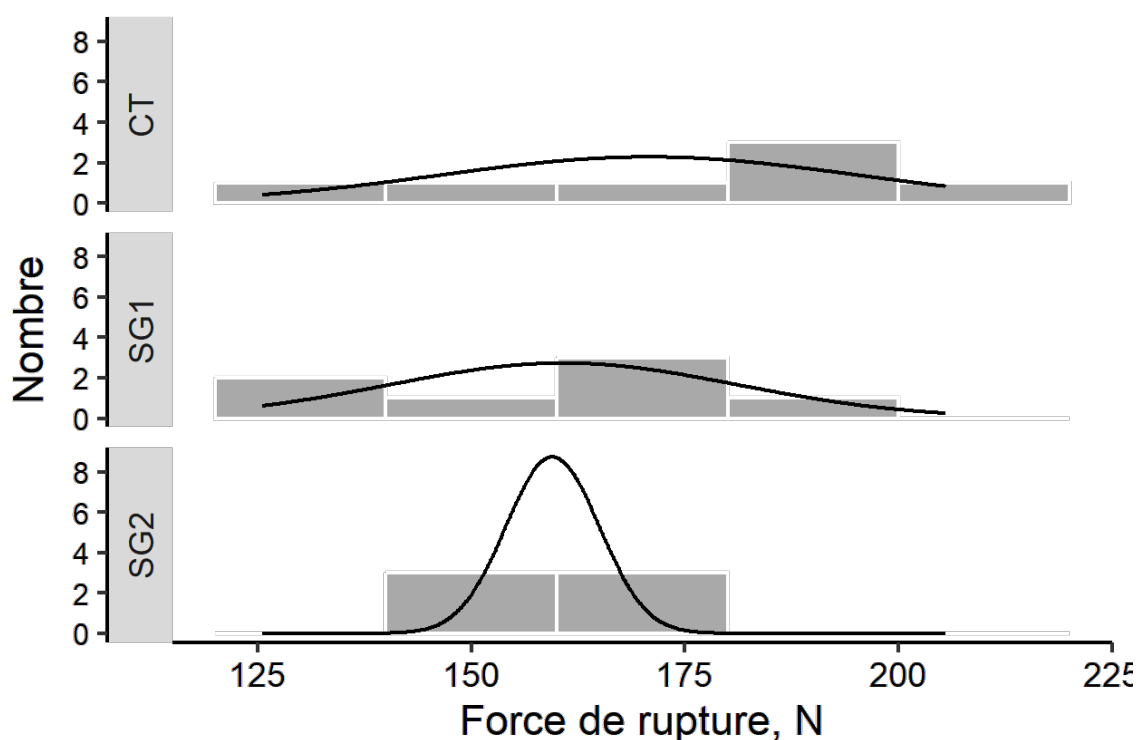


Figure 2 : Répartition de la force de rupture du tibia (N): Graphique de répartition de la force de rupture du tibia en N des poules pondeuses à l'âge de 120 semaines. Nombre : Nombre d'os dans chaque catégorie. La ligne noir représente la distribution normale des données. CT : Témoin, SG1 : Témoin supplémenté avec 1,0 µg de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*, SG2 : Témoin supplémenté avec 2,0 µg de G-1,25(OH)₂D₃ de *Solanum glaucophyllum*. N = 7