

EFFETS DE L'APPORT D'UN *TOP FEEDING* RICHE EN LIN EXTRUDE AUTOUR DE LA MISE-BAS ET AU MOMENT DE L'INSEMINATION ARTIFICIELLE DES LAPINES SUR LEURS RESULTATS DE REPRODUCTION ET SUR LES PERFORMANCES DE VIABILITE ET DE CROISSANCE DE LEURS ISSUS.

Colin M.^{1*}, Prigent A.Y.², Palacios C.¹, Jemmali B.³, Brecchia G.⁴, Fehri N.E.⁴, Ben Salem I.⁵, Agradi S.¹, Abdel-Kafy E.A.⁶, Failla S.⁷, Contò M.⁷, Dal Bosco A.⁸, Mattioli S.⁸, Guillevic M.⁹

¹ Copri SAS, 29830 Ploudalmézeau, France

² EARL 3L, 29830 Ploudalmézeau, France
France

³ Université de Carthage, Mateur 7030, Tunisie

⁴ Département de Médecine Vétérinaire et Sciences Animales, Université de Milan, 29600 Lodi, Italie

⁵ Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire, Université de la Manouba, 2020 Sidi-Thabet, Tunisie

⁶ APRI, Dokki, 12651 Gizza, Egypte

⁷ CREA, 00015 Rome, Italie.

⁸ Université de Pérouse, 06124 Pérouse, Italie

⁹ Valorex, 35210 Combournillé, France

*Auteur correspondant : copri@wanadoo.fr

Résumé – Ce travail présente les effets de la distribution d'un *Top Feeding* à base de Lin extrudé autour de la mise-bas et de l'insémination artificielle sur les performances de reproduction des lapines ainsi que sur la viabilité et la croissance des lapereaux avant et après sevrage. Un total de 270 mise-bas sont réparties entre deux traitements: un témoin où sont distribués seulement des aliments complets (Maternité et engraissement) enrichis en lin extrudé; un régime « *Top Feeding Lin* » consistant à utiliser les mêmes aliments avec un apport supplémentaire de lin extrudé distribué sous forme de *Top Feeding* autour de la mise-bas et de l'insémination artificielle à raison de 100 à 150 grammes pendant le cycle de reproduction. Cette distribution de Lin en *Top Feeding* augmente très significativement le nombre des lapereaux / portée au sevrage (9,05 *versus* 8,58) en raison d'une amélioration très significative de la viabilité entre 5 jours et le sevrage (97,5 % *versus* 94,9 %). Les poids au sevrage individuels ou par portée sont peu affectés par les traitements. Bien que l'aliment engraissement soit identique pour les deux traitements, les lapereaux dont les mères ont reçu le régime « *Top Feeding Lin* » autour de la mise-bas et de l'insémination artificielle présentent une viabilité en engraissement supérieure de façon très significative (94,7 % *versus* 90,5 %), en raison d'une diminution de la mortalité en engraissement. Les poids à 70 jours ne sont pas affectés. Ainsi, une distribution de Lin extrudé en *Top Feeding* augmentant de 21 % l'ingestion d'acide alpha-linolénique (ALA) durant le cycle de reproduction améliore de façon très significative la viabilité des lapereaux avant et après sevrage.

Abstract – Effects of providing *Top Feeding* rich in extruded flax around parturition and at the time of artificial insemination of does on the reproductive performances of the does and on the viability and growth performance of their offspring. This work presents the effects of the distribution of a *Top Feeding* based on extruded flax around parturition and artificial insemination on the reproductive performances of does as well as on the viability and growth of rabbits before and after weaning. A total of 270 does farrowing's are distributed between two treatments: a control group where only complete feeds with extruded flax are distributed; a "*Top Feeding Lin*" program consisting which use the same feeds with an additional intake of extruded flax distributed in the *Top Feeding* around parturition and artificial insemination at a level of 100 to 150 grams in total during the reproductive cycle. This distribution of Flax in *Top Feeding* very significantly increases the number of weaned rabbits/litter (9.05 *versus* 8.58) due to a very significant improvement in viability from 5 days to weaning (97.5% *versus* 94.9 %). Individual or total weaning weights per litter are little affected by the treatments. Although the fattening feed is the same for the 2 treatments, the rabbits whose mothers received *Top Feeding Lin* around parturition and artificial insemination have a very highly significantly higher viability in fattening (94.7% *versus* 90.5%), due to a reduction in mortality both at the beginning and at the end of fattening. Rabbit weight at 70 days is not affected by the treatments. Thus, a distribution of extruded flax in *Top Feeding* increasing the alpha-linolenic acid (ALA) intake by 21% during the total reproductive cycle very significantly improves the viability of rabbits both before and after weaning.

Introduction

Les bénéfices de l'incorporation de lin extrudé dans l'alimentation des lapins ont été démontrés au niveau de la prolificité des lapines reproductrices ainsi que de la viabilité et la croissance de leurs issus avant sevrage et après sevrage (Maertens *et al.*, 2005; Colin *et al.*, 2013; Minetto *et al.*, 2019; Guillevic *et al.*, 2021). Tous ces travaux ont été réalisés avec une incorporation de lin extrudé dans un aliment complet distribué de manière continue.

A notre connaissance, aucun travail n'a étudié les effets d'apports de quantités supplémentaires de lin extrudé par distribution d'un *Top Feeding* riche en cette matière première à certains moments du cycle de reproduction de la lapine, telles que la période péri mise-bas ou l'insémination artificielle. Ce travail présente les résultats de 3 essais concernant les effets de cette technique sur la reproduction des lapines ainsi que la viabilité et la croissance de leurs issus avant et après sevrage.

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental et aliments

Au cours de 3 essais successifs, 270 mise-bas sont réparties entre 2 traitements (Tableau 1) :

- Un traitement témoin consistant à distribuer uniquement des aliments apportant déjà des taux élevés d'acide alpha-linolénique (ALA) et dont les formules ont été présentées dans des travaux précédents (Guillevic *et al.*, 2021; Minetto *et al.*, 2019). Leurs taux d'ALA sont :
 - ✓ Pour les femelle, 0,77 % sont apportés par du lin extrudé Tradilin® (1,6 %) et de la graine de colza entière (10,5 %).
 - ✓ Pour l'engraissement, 0,61 % sont apportés par du lin extrudé (1,55 %).
- Un traitement expérimental consistant à utiliser les mêmes aliments mais avec un apport supplémentaire de lin extrudé sous forme de croquettes distribuées en *Top Feeding* de manière ponctuelle autour de la mise-bas et de l'insémination artificielle. lors de l'engraissement, les lapereaux reçoivent le même programme alimentaire que dans le premier traitement.

Le lin extrudé est distribué en *Top Feeding* sous forme de « croquettes » composé de 60 % de graines de lin extrudée, de graine de colza, de tourteau de tournesol, de blé et de son de blé. Il apporte 19 % de matière grasse dont 12 % d'ALA.

- Dans le premier essai, 50 grammes de ces « croquettes » sont distribuées le jour de la mise-bas et 50 grammes le jour de l'insémination artificielle soit 100 grammes pour l'ensemble du cycle de reproduction.

- Dans les essais 2 et 3, on pratique 3 distributions de 50 grammes chacune: la veille de la mise-bas, le lendemain de la mise-bas, le jour de l'insémination artificielle soit 150 grammes pour l'ensemble du cycle de reproduction.

Tableau 1 : Protocole et modalité de distribution du *Top Feeding*.

Essais	1	2	3	Total
Nombre de mise-bas étudiées	70	70	130	270
Quantité de <i>Top Feeding</i> (lin extrudé) distribuée pendant le cycle de reproduction (g)	100	150	150	
Programme de distribution du <i>Top Feeding</i> .	50 grammes à la mise-bas. 50 grammes le jour de l'insémination artificielle.	50 grammes le jour avant mise-bas. 50 grammes le jour après la mise-bas. 50 grammes le jour de l'insémination artificielle.		
Nombre de lapins sevrés mis en essai croissance	336	545	1 143	2 024

1.2. Critères mesurés

Maternité

Les critères suivant sont mesurés en maternité sur les 2 premiers essais :

- ✓ Effectifs des portées à 5 jours et au sevrage.
- ✓ Viabilité de 5 jours au sevrage.
- ✓ Poids au sevrage.

Engraissement

La viabilité et les performances pondérales sont étudiées sur 2 024 lapereaux issus des lapines faisant l'objet de l'expérimentation.

Les protocoles étant exactement les mêmes, les résultats des essais 2 et 3 ont été présentés globalement.

1.3. Analyses statistiques

Les mortalités ont été analysées simultanément par test du Chi² pour chaque essai et pour la totalité des essais par analyse de la variance après transformation booléenne des données individuelles afin de prendre en compte l'effet répétition, en attribuant la valeur 1 aux lapins morts et la valeur 0 aux lapins vivants (Colin *et al.*, 2007). Les effectifs de portée, les poids et les gains de poids sont étudiés par analyse de variance (ANOVA).

2. Résultats et discussion

2.1. Performances avant sevrage

Les effectifs des portées à 5 jours sont légèrement mais non significativement supérieurs lorsque les lapines ont reçu du lin extrudé en *Top Feeding* autour de la mise-bas (Figure 1). Cet écart provient probablement d'une mortalité plus faible durant les 5 premiers jours de vie des lapereaux. Cette hypothèse devra être confirmée.

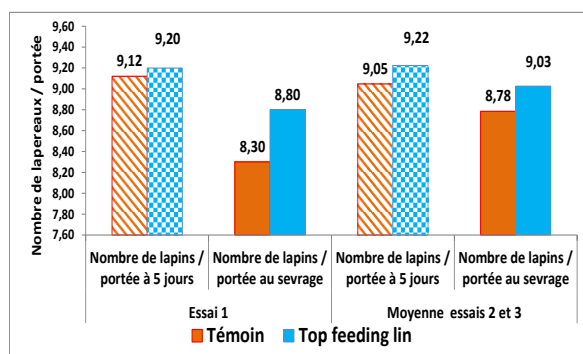


Figure 1: Effectif des portées 5 jours après la mise-bas (remplissage hachuré) et au sevrage (remplissage complet)

Ecart-type résiduel : 1,03 à 5 jours – 1,23 au sevrage.

Signification statistique : NS à 5 jours ($P = 0,0246$) – $P < 0,001$ au sevrage.

Les effectifs au sevrage sont très significativement plus élevés lorsque le lin est distribué en *Top Feeding* en raison d'une viabilité entre 5 jours et le sevrage qui est également très significativement plus forte (Figure 2), particulièrement dans l'essai 1 où la viabilité dans le régime témoin est nettement plus faible que dans les essais 2 et 3.

Ces évolutions d'effectifs de portée à 5 jours et au sevrage sont comparables pour l'essai 1 et pour les essais 2 et 3. Pour ces critères, la distribution du booster 3 fois (essais 2 + 3) ne semble donc pas présenter d'avantages par rapport à 2 fois (Essai 1).

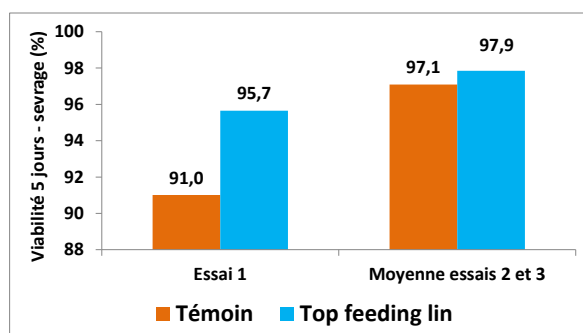


Figure 2: Viabilité 5 jours – sevrage

Signification statistique - Essai 1 : $P = 0,029$ () – Essais 2 et 3 : NS ($P = 0,52$)*

Ces résultats sont en harmonie avec ceux de Maertens *et al.*, (2005) et de Guillevis *et al.*, (2021) qui

montrent que l'incorporation de lin dans les aliments pour lapines reproductrices augmente l'effectif des portées au sevrage et la viabilité avant sevrage. Mais ils établissent en outre qu'un apport supplémentaire de lin à des moments ciblés du cycle de reproduction accroît encore ces bénéfices de la distribution de lin extrudé au niveau des paramètres de reproduction de la lapine. Ils peuvent s'expliquer par le fait que l'incorporation de lin extrudé dans l'aliment augmente très fortement le taux d'ALA du lait des lapines (Castellini *et al.*, 2004; Maertens *et al.*, 2005) entraînant une élévation de cet acide gras dans les tissus du lapereau (Colin et Weill 2003; Castellini *et al.*, 2004). Ce phénomène peut améliorer la réponse immunitaire et réduire les phénomènes inflammatoires. En outre, le lin extrudé apporte d'autres composés, tels que les lignanes et les fibres solubles, susceptibles de potentialiser cet effet via une activité antioxydante et immunomodulatrice. L'ensemble de ces mécanismes expliquerait ainsi la hausse de la robustesse des portées, confirmée ici par l'augmentation de la viabilité, à un moment où la demande immunitaire et énergétique est particulièrement élevée.

Les poids de portées sont significativement plus élevés avec le *Top feeding* dans l'essai 1, conséquence essentiellement du nombre supérieur de lapins au sevrage. Mais contrairement à l'essai de Guillevis *et al.*, (2021), les poids individuels et les poids totaux de portée au sevrage des essais 2 et 3 sont peu affectés par l'apport de *Top Feeding* riche en lin (Figures 3 et 6).

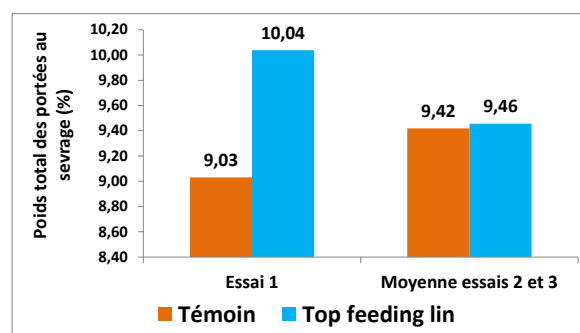


Figure 3: Poids total des portées au sevrage

Ecart-type résiduel : 1,828

Signification statistique : Essai 1 : $P < 0,0001$ – Essais 2 et 3 : NS

2.2. Effet résiduel sur les performances à l'engraissement

Globalement, les viabilités des lapereaux à l'engraissement sont significativement améliorées lorsque leurs mères reçoivent du lin extrudé en *Top Feeding* autour de la mise-bas et ceci dans des proportions comparables pour les essais 1 et les essais 2 + 3 (Figure 4). Cette baisse de mortalité se produit dans des proportions comparables pour les deux périodes « Sevrage – 56 jours » et « 56 – 70 jours »

(Figures 4 et 5) et dans des proportions comparables pour l'essai 1 et la moyenne des essais 2 + 3. Pour la mortalité à l'engraissement également, la distribution du booster 3 fois (Essais 2 + 3) ne semble donc pas présenter d'avantages par rapport à 2 fois (Essai 1).

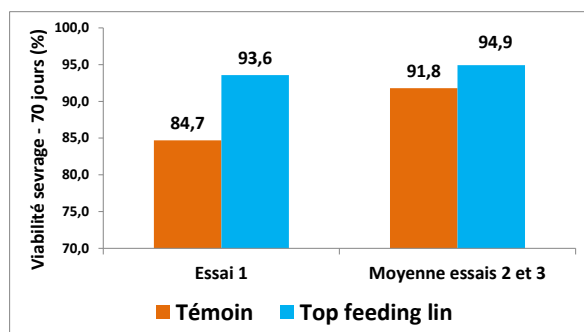


Figure 4: Viabilité sevrage – 70 jours
Signification statistique - Essai 1 : $P = 0,019$ (*) – Essais 2 et 3 : $P = 0,010$ (*).

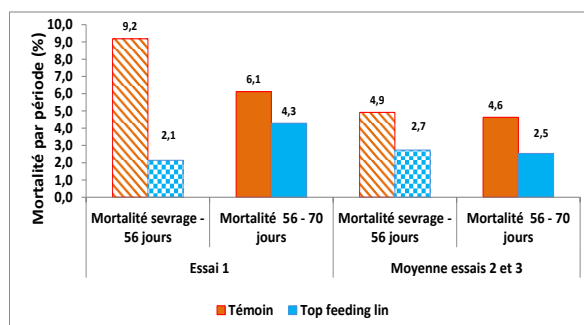


Figure 5: Mortalité par période (Sevrage – 56 jours et 56 – 70 jours).

Signification statistique - Tendance à la signification statistique pour les 2 périodes ($P = 0,055$ et $P = 0,067$)

Si une baisse de mortalité à l'engraissement a déjà été établie lors d'une incorporation de lin extrudé dans l'aliment (Minetto *et al.*, 2019), c'est à notre connaissance la première fois qu'est signalée une amélioration de la viabilité des lapereaux à l'engraissement suite à une augmentation de la consommation de lin extrudé par leurs mères. Ce fait est d'autant plus remarquable que l'aliment engraissement distribué dans les 2 traitements contenait déjà un niveau élevé de lin extrudé (1,2 %). Plusieurs mécanismes peuvent être impliqués. D'une part, une perméabilité intestinale contrôlée aux lipopolysaccharides (LPS) dans les premiers jours de vie favoriserait une stimulation immunitaire précoce, à l'origine d'une meilleure tolérance vis-à-vis des composants bactériens (Desaladeleer *et al.*, 2014). D'autre part, un apport accru d'oméga-3 *via* le colostrum et le lait peut réduire la synthèse de médiateurs pro-inflammatoires, maintenant le statut inflammatoire à un niveau plus maîtrisé, dont les effets bénéfiques se prolongeraient au-delà de la période d'allaitement. Cette forme de programmation métabolique et immunitaire peut ainsi influencer sur la

santé et les performances des lapins en phase d'engraissement comme cela a été observé chez d'autres espèces. Chez le porc, par exemple, une alimentation maternelle enrichie en lin extrudé s'est traduite par de meilleures performances de croissance chez les porcs charcutiers (Quiniou *et al.*, 2010). Il apparaît donc que, même lorsque l'aliment post-sevrage est identique, l'enrichissement ciblé en oméga-3 durant la maternité peut influencer favorablement la robustesse et la croissance des jeunes à plus long terme.

Aucune différence significative n'est observée au niveau des poids à l'engraissement et des croissances (Figure 6) en cohérence avec les essais précédents (Minetto *et al.*, 2019).

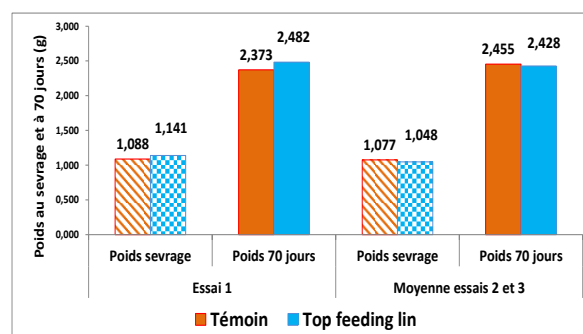


Figure 6: Poids au sevrage et à 70 jours

Ecarts-type résiduel : 0,086 au sevrage – 0,176 à 70 jours
Signification statistique : $P = 0,047$ au sevrage (*) – NS à 70 jours ($P = 0,28$)

Conclusions

En conclusion, ce travail montre qu'un apport de lin extrudé sous forme de *Top Feeding* à des lapines reproductrices lors de périodes représentant un stress important pour l'animal (Mise-bas, insémination artificielle) non seulement améliore la viabilité des animaux avant le sevrage mais présente également des effets résiduels marqués sur les lapins à l'engraissement. Le résultat obtenu ici est d'autant plus remarquable que les aliments utilisés ici tant en maternité qu'en engraissement contiennent déjà des taux élevés de lin extrudé donc d'oméga 3. En considérant une consommation d'aliment de 8 750 grammes pendant les 25 premiers jours de lactation de (Gidenne *et al.*, 2010), l'apport d'ALA par le *Top Feeding* représente environ 21 % de la consommation totale d'ALA par la lapine durant le cycle de reproduction. Par contre, ces essais n'ont pas montré d'avantages à distribuer ce booster 3 fois (Avant mise-bas, après mise-bas, insémination artificielle) plutôt que 2 fois (Uniquement avant mise-bas et insémination artificielle)

Ces observations soulignent par ailleurs que l'ingestion accrue d'oméga-3 en périodes de stress physiologique influence durablement l'état de santé de la descendance, ouvrant des perspectives

d'application pour d'autres espèces, dont le porc. Au-delà de l'ALA, l'apport en lignanes et en fibres solubles associé à la forme extrudée du lin pourrait également contribuer au maintien d'un statut inflammatoire maîtrisé et à la modulation de la réponse immunitaire. L'ensemble de ces éléments invite à envisager l'approche *Top Feeding* comme une piste innovante pour améliorer la viabilité et les performances en engraissement, même lorsque la base alimentaire contient déjà un niveau élevé de lin.

Remerciements

Ce travail s'insère dans le projet « Omega Rabbit Food for Health benefit » (ORABBIT) financé par PRIMA et qui regroupe GenPhySE à l'INRAE (France), Valorex (France), Copri SAS (France), l'université de Milan (Italie), l'université de Pérouse (Italie), le CREA à Rome (Italie), l'école nationale de médecine vétérinaire de Sidi-Thabet (Tunisie), l'université de Carthage (Tunisie), APRI, Gizza, (Egypte).

Références

- Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R., Mugnai C., Sciascia E. 2004. Effect of dietary n-3 fatty acids on the composition of doe's milk and tissues of suckling rabbits Proceedings - 8th World Rabbit Congress, Puebla (Mexico) – September 7-10, 2004, 771-774.
- Colin M., Weill P., 2003. Données non publiées.
- Colin M., Binet E., Prigent A.Y. 2007. Influence de l'incorporation d'un concentré de fibres brutes riche en lignine sur la mortalité, la croissance des lapins. 12^{èmes} Journ. Rech. Cunicole, Le Mans (France), 27-28 Novembre 2007, 62-64.
- Colin M., Camino Callarisa A., Chesneau G., Guillevic M., Varella E., Prigent A.Y. 2013. Efecto del enriquecimiento en omega 3 del pienso sobre los resultados de conejos en crecimiento. XXXVIII Symposium de cunicultura, Zamora (Espagne), 30-31 de Mayo 2013, 122-126.
- Desaldeleer C., Ferret-Bernard S., de Quelen F., Le Normand L., Perrier C., Savary G., Romé V., Michel C., Mourot J., Le Huërou-Luron I., Boudry G. 2014. Maternal 18:3n-3 favors piglet intestinal passage of LPS and promotes intestinal anti-inflammatory response to this bacterial ligand. J. Nutr. Bioch, 25, 1090-1098.
- Gidenne T., Lebas F., Fortun-Lamothe L. 2010. Feeding behaviour of rabbits in Nutrition of the Rabbit, CAB International. 233-252.
- Guillevic M., Minetto A., Prigent A. Y., Colin M. 2021. Effects of the increase of the feed alpha - linolenic acid level on the performances of reproduction of the rabbit does. 12th Word Rabbit Congress, Nantes (France), 3-5 Novembre 2021, Communication Q14.
- Maertens L., Aerts J.M., De Brabander D.L. 2005. Effet d'un aliment riche en acides gras omega-3 sur les performances et la composition du lait des lapines et la viabilité de leur descendance. 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris (France), 29-30 novembre 2005, 205-208.
- Minetto A., Guillevic M., Prigent A.Y., Colin M. 2019. Effets de l'enrichissement en acides gras oméga 3 de l'aliment sur les résultats zootechniques et la qualité nutritionnelle de la viande de lapin. 18^{èmes} Journ. Rech. Cunicole, Nantes (France), 27-28 mai 2019, 137-140.
- Quiniou N., Vautier A., Chesneau G., Goues T. 2010. Effets de l'incorporation de graine de lin extrudée dans les aliments truies et/ou porcs sur les performances de croissance et la qualité de carcasse. 42^{èmes} Journ. Rech. Porcine, Paris (France), 2-3 février 2010, 143-144.