

Effets favorables de l'introduction de graines de lin extrudées dans la ration sur la production de lait et la reproduction des vaches laitières

MEIGNAN T. (1, 3), MADOUASSE A. (1), BEAUDEAU F. (1), LECHARTIER C. (2), CHESNEAU G. (3), CHATELLIER V. (3), BAREILLE N. (1)

(1) BIOEPAR, INRA, Oniris, Université Bretagne Loire, 44307, Nantes, France

(2) URSE, Ecole Supérieure d'Agricultures (ESA), Université Bretagne Loire, 49007 Angers, France.

(3) VALOREX, La Messayais, 35210 Combourtille, France

RESUME

L'objectif de cette étude rétrospective exposé-non exposé était de quantifier les effets de l'utilisation de la graine de lin extrudée (GLE) sur les performances animales en conditions de terrain. En l'absence de connaissance de la composition exacte des rations, la mesure de l'exposition à la GLE a été approchée par l'estimation d'une quantité journalière distribuée sur la base des informations des livraisons opérées par 22 entreprises d'aliments du bétail entre 2008 et 2015 en France. Dans les élevages ayant utilisé la GLE, ont été distinguées les vaches exposées à la GLE (avec 4 niveaux d'exposition, de 30 g à 800g/j) et les vaches non exposées à la GLE (population de référence). Les performances de reproduction ont été étudiées sur 423 605 inséminations artificielles (IA) issues de 158 125 vaches dans 1 096 troupeaux en mobilisant des modèles de Cox pour les intervalles post-partum et de régression logistique pour la fertilité. Les performances laitières ont été étudiées sur 1 997 763 contrôles laitiers issus de 194 056 vaches dans 1 291 troupeaux grâce à des modèles linéaires avec structure d'autocorrélation d'ordre 1. Pour estimer correctement l'effet de l'exposition, tous les modèles ont été ajustés des facteurs de variation connus de la performance à étudier et d'un effet aléatoire troupeau. L'exposition à la GLE était associée de façon dose-effet à une amélioration de la production laitière (+ 0,4 à +1,3 kg/j selon la parité), et à une légère réduction des taux de matières utiles (-0,03 à -0,20 g/kg de TP et -0,1 à -0,9 g/kg de TB selon la parité). L'intervalle vêlage-fécondation était significativement plus faible chez les vaches ayant reçu de la GLE depuis le vêlage que chez celles n'en ayant pas reçu (de -2,9 à -6,6 jours selon la quantité de GLE), sans effet sur la fertilité. Cette étude épidémiologique a permis de montrer qu'en moyenne les éleveurs retirent des bénéfices sur les performances du troupeau de l'apport de quantités modestes de GLE.

Favourable effects of supplementing dairy cow diets with extruded linseed on milk yield and reproduction of dairy cows

MEIGNAN T. (1, 3), MADOUASSE A. (1), BEAUDEAU F. (1), LECHARTIER C. (2), CHESNEAU G. (3), CHATELLIER V. (3), BAREILLE N. (1)

(1) BIOEPAR, INRA, Oniris, Université Bretagne Loire, 44307, Nantes, France

(3) VALOREX, La Messayais, 35210 Combourtille, France

SUMMARY

The objective of this unexposed-exposed retrospective study was to quantify the effects of using extruded linseed (GLE) on animal performance in field conditions. In the absence of knowledge on the exact composition of diets, the measure of GLE exposure was approximated by estimating a daily quantity distributed on the basis of information from deliveries made by 22 companies between 2008 and 2015 in France. On farms using GLE, cows exposed to GLE (with 4 levels of exposure, from 30 g to 800 g / day) and cows not exposed to GLE (reference population) were distinguished. Reproductive performance was studied in 423,605 artificial inseminations (AI) from 158,125 cows in 1,096 herds using Cox models for postpartum intervals and logistic regression for fertility. Dairy performance was studied on 1,997,763 dairy controls from 194,056 cows in 1,291 herds using linear models with an autoregressive covariance structure of order 1. To correctly estimate the effect of exposure, all models were adjusted for known variation factors of the performance and for a random herd effect. Exposure to GLE was associated in a dose-response manner with an improvement in milk production (+ 0.4 to + 1.3 kg / day according to parity), and a slight reduction in the levels of milk solids (-0.03 to -0.20 g / kg of PC and -0.1 to -0.9 g / kg of FC according to parity). The days-open was significantly lower in cows that received GLE since calving than in those that did not (ranging from -2.9 to -6.6 days depending on the level of GLE exposure) without any effect on fertility. This epidemiological study has shown that, on average, farmers derive benefits on the herd's performance from the intake of modest amounts of GLE.

INTRODUCTION

Depuis les années 2000, la graine de lin extrudée (GLE), un aliment riche en acide α -linoléique précurseur des acides gras oméga-3 à longue chaîne, est incorporé aux rations des vaches laitières. Cette utilisation découle du seul constat de son intérêt par les éleveurs ou bien des essais

expérimentaux ayant démontré que la GLE modifiait le profil en acides gras du lait au bénéfice de la santé humaine (Simopoulos, 2008 ; Meignan et al., 2017). Cependant, ces essais n'ont globalement peu ou pas permis de montrer les effets de la graine de lin sur les performances laitières (Meignan et al., 2017) et sur les performances de reproduction (Petit et Twagiramungu, 2006 ; Johani-

Moghadam et al., 2015) des vaches laitières supplémentées. Ceci peut en partie s'expliquer par les quantités de GLE apportées qui sont souvent importantes et perturbent le métabolisme ruminal et la digestion des acides gras longs (Doreau et al., 2012). La deuxième explication est leur manque de puissance statistique pour l'étude des événements de reproduction (Wathes et al., 2013). Dans ces conditions, les études épidémiologiques peuvent représenter une plus-value en s'appuyant sur des apports modérés, de grands échantillons et en contrôlant les facteurs de confusion. Ainsi, l'objectif de cette étude épidémiologique était de quantifier les effets de l'utilisation de la GLE sur les performances animales en conditions de terrain.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. TYPE D'ETUDE ET SOURCE DE DONNEES

L'étude épidémiologique réalisée était de type exposé-non exposé rétrospective, ce qui veut dire qu'ont été comparées des performances d'animaux ayant reçu de la GLE à celles n'en ayant pas reçu sur la période allant du 01/01/2008 au 31/12/2015. Pour ce faire, les données de livraison d'aliments contenant des graines de lin extrudées selon le procédé breveté par Valorex ont été fournies par 22 entreprises d'aliments du bétail. Grâce au numéro de cheptel, un rapprochement a pu être fait avec la base de données du Système National d'Information Génétique afin d'obtenir les effectifs des vaches en lactation, leurs performances au contrôle laitier et leurs dates d'insémination et de vêlage.

1.2. MESURE DE L'EXPOSITION A LA GLE

Les quantités de graine de lin reçues par vache et par jour ont été estimées à partir de la quantité d'aliments livrés, de leur teneur en graine de lin, de la durée entre 2 livraisons et du nombre de vaches en lactation sur la période. Il a ainsi été possible d'évaluer précisément quelles inséminations artificielles ou quels contrôles laitiers avaient été exposés ou non à l'apport de GLE. Compte tenu des modes d'utilisation des aliments contenant de la GLE préconisées par l'entreprise Valorex et des données obtenues, 4 catégories de doses journalières dans les rations ont été identifiées : 1 à 50 g, 51 à 300 g, 300 à 600 g et 600 à 1 500 g. Ces 4 catégories de doses ont été comparées à l'absence de supplémentation en GLE.

1.3. SELECTION DES DONNEES ET PERFORMANCES ETUDIEES

Afin d'éviter les biais de classification ou d'exposition, une sélection drastique des données retenues a été faite. Les troupeaux retenus devaient respecter les conditions suivantes : recevoir des livraisons régulières de GLE, avoir connu des périodes sans utilisation de GLE (afin de permettre une comparaison de performances d'un même élevage à des périodes exposées et non-exposées) et contenir a minima 10 vaches de race Holstein. De plus, pour l'étude des performances de reproduction, ils ne devaient pas avoir recours à des saillies naturelles ou à des synchronisations de chaleurs. Les données manquantes ou aberrantes ne permettant pas de qualifier les vaches selon les facteurs d'ajustement (voir 1.4) ont également amené à l'exclusion d'individus statistiques.

Pour l'étude des performances laitières (quantité de lait, taux butyreux et protéique), l'individu statistique était le contrôle laitier élémentaire : il était exposé si la vache avait reçu tous les jours de la GLE depuis le contrôle laitier précédent, et non exposé lorsque la vache n'en avait pas reçu sur cette même période ; les contrôles partiellement exposés et ceux réalisés à plus de 180 jours de lactation ont été exclus.

Pour l'étude des performances de reproduction, l'individu statistique était la lactation : elle était exposée si la vache avait reçu tous les jours de la GLE depuis son vêlage, et non

exposée lorsqu'elle n'en avait pas reçu sur cette même période ; les lactations partiellement exposées ont été exclues. Les performances de reproduction étudiées étaient : l'intervalle vêlage-insémination première, la fertilité via le taux de non-retour 18-78 jours à l'insémination de rang 1 et 2 et l'intervalle vêlage-insémination fécondante (définie selon l'absence de retour en IA dans l'intervalle 18-78 jours post IA).

1.4. TRAITEMENT STATISTIQUE

Les effets de l'exposition à la GLE ont été estimés en mobilisant des modèles linéaires avec structure d'autocorrélation d'ordre 1 pour les performances laitières, des modèles de Cox pour les intervalles post-partum et des modèles de régression logistique pour la fertilité. Pour estimer correctement l'effet de l'exposition, tous les modèles ont été ajustés des facteurs de variation connus de la performance à étudier et d'un effet aléatoire troupeau.

Pour les performances laitières, un modèle a été réalisé séparément pour chaque parité (1, 2, 3, 4, 5 et +) ; les facteurs d'ajustement suivants ont été considérés simultanément à l'exposition à la graine de lin : âge au vêlage (pour parité 1), stade de lactation, mois du contrôle, année de contrôle, zone géographique où est situé l'élevage. De même, pour les performances de reproduction, ont été retenus : parité, âge au vêlage (pour parité 1), facilité du vêlage précédent, stade de lactation, niveau du pic de la lactation en cours, TP au 2^{ème} contrôle laitier, mois de l'IA, année de l'IA, zone géographique où est situé l'élevage, et en plus pour la fertilité le rang de l'IA, l'intervalle vêlage-IA, la race de la semence et le sexage de la semence. Les résultats de ces modèles ne sont présentés que pour la variable d'exposition à la GLE ; les autres peuvent être demandés au dernier auteur.

2. RESULTATS

2.1. EFFECTIFS SELECTIONNES ET EXPOSITION

Le processus de sélection de données a débuté sur un fichier de 2 250 troupeaux ayant utilisé de la GLE et étant inscrits au contrôle laitier. Au final, les performances laitières ont été étudiées sur 1 997 763 contrôles laitiers issus de 194 056 vaches dans 1 291 troupeaux. Les performances de reproduction ont été étudiées sur 423 605 IA issues de 158 125 vaches dans 1 096 troupeaux.

58% des contrôles laitiers élémentaires étaient non exposés. Pour les autres, la dose moyenne d'exposition était de 297 g/vache/jour. 78% des contrôles laitiers exposés l'étaient dans les 2 niveaux intermédiaires.

2.2. EFFETS SUR LES PERFORMANCES ANIMALES

2.2.1. Performances laitières

Les valeurs moyennes de quantité de lait, de TB et de TP étaient respectivement de 32,0 (\pm 7,59) kg, 38,6 (\pm 6,49) g/kg et 30,7 (\pm 2,87) g/kg pour les contrôles non exposés, et respectivement de 33,1 (\pm 7,76) kg, 37,9 (\pm 6,35) g/kg et 30,5 (\pm 2,76) g/kg pour les contrôles exposés à la GLE. L'estimation des effets de la supplémentation en GLE sont présentés en tableau 1. Il a été observé : un accroissement dose-dépendant et parité-dépendant de la production laitière, une diminution dose-dépendante et parité-dépendante du taux butyreux et, dans une moindre mesure, du taux protéique.

2.2.2. Performances de reproduction

Les valeurs moyennes non-ajustées du taux de non-retour 18-78 jours, de l'intervalle vêlage-IA première et de l'intervalle vêlage-IA fécondante étaient respectivement de 48,4%, 91 (\pm 28) jours et 110 (\pm 42) jours pour les contrôles non exposés, et respectivement de 49,2%, 90 (\pm 28) jours et 107 (\pm 41) jours pour les contrôles exposés à la GLE. L'estimation des effets de la supplémentation en GLE sont présentés en tableau 2.

Tableau 1 : Estimées des effets de la supplémentation en graine de lin extrudée sur les performances laitières exprimées en déviation par rapport à l'absence de supplémentation (estimée \pm 1SE)

Performance	Nombre de contrôles	Dose journalière de graine de lin extrudée (g)				
		]0,50]	]50,300]	]300,600]	]600,1500]	
Quantité de lait (kg)	Parité 1	719 098	<i>0,04 \pm 0,04</i>	0,39 \pm 0,023	0,59 \pm 0,026	0,78 \pm 0,034
	Parité 2	548 676	<i>0,03 \pm 0,055</i>	0,59 \pm 0,033	0,90 \pm 0,036	1,13 \pm 0,048
	Parité 3	359 330	<i>0,08 \pm 0,072</i>	0,70 \pm 0,043	1,01 \pm 0,048	1,24 \pm 0,064
	Parité 4	205 559	<i>0,10 \pm 0,096</i>	0,76 \pm 0,058	1,15 \pm 0,064	1,30 \pm 0,087
	Parité 5+	165 100	<i>0,00 \pm 0,106</i>	0,66 \pm 0,066	1,03 \pm 0,073	1,21 \pm 0,096
Taux butyreux (g/kg)	Parité 1	719 098	<i>-0,04 \pm 0,048</i>	-0,13 \pm 0,026	-0,26 \pm 0,030	-0,35 \pm 0,042
	Parité 2	548 676	<i>-0,04 \pm 0,058</i>	-0,41 \pm 0,032	-0,56 \pm 0,036	-0,75 \pm 0,051
	Parité 3	359 330	<i>0,00 \pm 0,073</i>	-0,43 \pm 0,041	-0,72 \pm 0,047	-0,74 \pm 0,066
	Parité 4	205 559	<i>-0,06 \pm 0,097</i>	-0,42 \pm 0,054	-0,81 \pm 0,062	-0,90 \pm 0,089
	Parité 5+	165 100	<i>-0,05 \pm 0,107</i>	-0,35 \pm 0,061	-0,56 \pm 0,070	-0,89 \pm 0,098
Taux protéique (g/kg)	Parité 1	719 098	<i>-0,01 \pm 0,019</i>	0,04 \pm 0,011	<i>0,01 \pm 0,012</i>	<i>-0,03 \pm 0,016</i>
	Parité 2	548 676	0,05 \pm 0,022	-0,03 \pm 0,014	-0,07 \pm 0,015	-0,10 \pm 0,020
	Parité 3	359 330	<i>0,00 \pm 0,028</i>	-0,05 \pm 0,017	-0,10 \pm 0,018	-0,16 \pm 0,025
	Parité 4	205 559	<i>-0,08 \pm 0,036</i>	-0,08 \pm 0,022	-0,11 \pm 0,024	-0,12 \pm 0,032
	Parité 5+	165 100	<i>-0,04 \pm 0,040</i>	-0,07 \pm 0,025	-0,14 \pm 0,027	-0,20 \pm 0,036

Comparaison pour une même parité. Les valeurs en italique ne sont pas significativement différentes de 0 ; les autres le sont avec $P < 0,001$

Tableau 2 : Estimées des effets de la supplémentation en graine de lin extrudée sur les performances de reproduction exprimées en risque relatif (pour le taux de non-retour) et en Hazard ratio (pour les intervalles) par rapport à l'absence de supplémentation (estimée et intervalle de confiance à 95%)

Performance	Dose journalière de graine de lin extrudée (g)			
	]0,50]	]50,300]	]300,600]	]600,1500]
Taux de non-retour 18-78 jours	<i>0,99</i>]0,99 ; 1,01[	<i>0,99</i>]0,99 ; 1,01[	<i>0,99</i>]0,99 ; 1,01[	<i>0,99</i>]0,99 ; 1,01[
Intervalle vêlage-insémination première	1,14]1,11 ; 1,17[	1,06]1,04 ; 1,07[	1,06]1,05 ; 1,08[	1,07]1,05 ; 1,09[
Intervalle vêlage- insémination fécondante	1,19]1,15 ; 1,23[	1,10]1,08 ; 1,11[	1,08]1,06 ; 1,10[	1,11]1,08 ; 1,14[

Les valeurs en italique ne sont pas significativement différentes de 1 ; les autres étant significatives à $P < 0,001$

Il n'a pas été observé d'effet de la GLE sur la fertilité. En revanche, la probabilité de survenue de l'IA première ou de la fécondation était plus forte chez les vaches recevant de la GLE, et ce dès la plus petite dose. Cela signifie que ces intervalles étaient raccourcis selon la dose de GLE de 1,5 à 3,7 jours pour l'intervalle vêlage-insémination première et de 2,9 à 6,6 jours pour l'intervalle vêlage-insémination (estimation par modèle de régression linéaire).

3. DISCUSSION

Les effets sur la production laitière associés à l'apport de GLE montrent une grande cohérence interne. Alors que les faibles doses n'ont pas d'effet, les apports d'au moins 50 g/j montrent des effets d'autant plus favorables que la vache a un niveau de production élevé (en lien avec la parité) et que la dose apportée augmente. L'amplitude de l'effet observé ici (Tableau 1) est supérieure à celui estimé dans une méta-analyse récente (Meignan et al., 2017) où il avait été estimé une augmentation de 0,7 kg/j pour une dose moyenne de 715 g de GLE. Ceci peut être dû au fait que la base de comparaison n'est pas la même : le « témoin » est ici une variété de rations sans GLE, sans que l'on sache si elles sont iso-énergétiques et iso-protéiques par rapport aux rations contenant de la GLE, ce qui est le cas classique des essais expérimentaux. Un autre élément explicatif tient au fait que la quantité moyenne de GLE apportée dans la population de troupeaux commerciaux de notre étude (297 g par jour) est plus faible que celle des essais expérimentaux (1180 g par jour en moyenne dans les 29 essais ; Meignan et al., 2017). En effet, plus la quantité d'acides gras polyinsaturés augmente, plus la digestion ruminale est perturbée et plus le TB est impacté négativement, du fait de la formation d'intermédiaires de biohydrogénation qui inhibent la synthèse des matières grasses du lait (Bauman et Griinari, 2003).

Nous retrouvons bien dans notre étude la baisse du TB dose-dépendante qui était attendue.

Les effets sur les performances de reproduction associés à l'apport de GLE sont plus inattendus. En effet, les effets ne sont pas dose-dépendants, ce qui suggère que seules de petites quantités de GLE induisent l'effet bénéfique. Ainsi, la question se pose d'identifier quels composés sont actifs sur la fonction de reproduction, sachant que la GLE contient majoritairement de l'acide α -linoléique, mais elle contient aussi des lignanes à activité phyto-œstrogénique. Ainsi, il a été montré que l'apport de graine de lin induit des modifications, d'une part, du profil en acides gras du plasma des tissus ovariens (Zachut et al., 2011) et, d'autre part, de la concentration folliculaire d'œstradiol (Zachut 2015), mais les mécanismes d'action précis ne sont pas connus.

L'apport de GLE est associé à un raccourcissement des intervalles vêlage-insémination première et vêlage-insémination fécondante, mais pas à la fertilité. Ces effets sont cohérents avec ceux de l'étude de Johani-Moghadam et al. (2015) qui rapportaient une réduction de 6,5 jours de l'intervalle vêlage-insémination première de vaches supplémentées les 40 premiers jours de lactation avec 826g/j de GLE. Là encore, les mécanismes impliqués ne sont pas connus, l'hypothèse qu'une augmentation de la concentration de la concentration folliculaire d'œstradiol induise une meilleure expression des chaleurs des vaches, de nature à avancer la mise à la reproduction post-partum et à réduire l'intervalle entre 2 inséminations en moyenne dans le troupeau peut être posée.

Réaliser une étude mobilisant les méthodes épidémiologiques pour quantifier les réponses animales à un apport nutritionnel est l'originalité principale de notre étude. Une forte puissance statistique a pu être obtenue par les effectifs mobilisés et la prise en compte des facteurs d'ajustement principaux des performances animales (parité, stade de

lactation, année, sexage de la semence, ...). Cela ouvre des perspectives de quantification, dans les conditions du terrain, des effets de solutions techniques jusqu'alors évaluées dans des conditions particulières d'expérimentations. Toutefois, la principale difficulté de ce type d'étude est la mesure de l'exposition à l'aliment qui est immanquablement entachée d'erreurs vu que l'on ne connaît pas les rations distribuées aux animaux au jour le jour. Les 2 hypothèses principales que nous avons faites sont, d'une part, que dès que l'aliment contenant de la GLE était livré, il était distribué aux vaches jusqu'à ce qu'une autre livraison de cet aliment soit faite, et d'autre part, que toutes les vaches en lactation présentes en ont reçu dans les mêmes quantités. Les erreurs générées par ces choix se compensent du fait de l'estimation d'effet moyen sur la population. La structuration récente des bases de données d'alimentation mensuelles des ECEL offrent des perspectives intéressantes pour améliorer l'estimation des performances sous divers régimes alimentaires. La disponibilité de telles données nous aurait aussi permis de prendre en compte le type de fourrage avec lequel la GLE était associée, vu qu'il a été démontré que cela peut entraîner des perturbations de la digestion ruminale (Meignan et al., 2017).

CONCLUSION

Cette étude épidémiologique a permis de montrer qu'en moyenne les éleveurs retirent des bénéfices sur les performances du troupeau à l'apport de quantités modestes

de GLE. Elle ouvre également des perspectives intéressantes d'exploration des liens alimentation-performances-santé chez la vache laitière en conditions de terrain.

Nous tenons à remercier, d'une part, France Génétique Elevage et ses partenaires (chambres d'agriculture, INRA, organismes de contrôle de performances et d'insémination artificielle et organismes de sélection aux Systèmes Nationaux d'Information Génétique) qui nous ont fourni les données de performances animales et, d'autre part, les entreprises d'alimentation d'animale commercialisant des produits TRADILIN® qui ont fourni les données de livraison d'aliments.

- Bauman D.E., Griinari J.M., 2003.** Annu. Rev. Nutr., 23, 203-227
Doreau M., Fievez V., Troegeler-Meynadier A., Glasser F., 2012. INRA Prod. Anim., 25, 361-374
Johani-Moghadam M.E., Mahjoubi E., Dirandeh El., 2015. J. Dairy Sci., 98, 1828-1835
Meignan T., Lechartier C., Chesneau G., Bareille N., 2017. J. Dairy Sci., 100, 4394-4408
Petit H.V., Twagiramungu H.T., 2006. Theriogenol., 66, 1316-1324
Simopoulos A.P., 2008. Exp. Biol. Med., 233, 674-688
Wathes D., Cheng W., Marei W., Fouladi-Nashta A., 2013. CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour., 8, 1-14
Zachut M., Arieli A., Moallem U., 2011. Reproduction, 141, 833-840
Zachut M., 2015. J. Dairy Sci., 98, 8814-8817