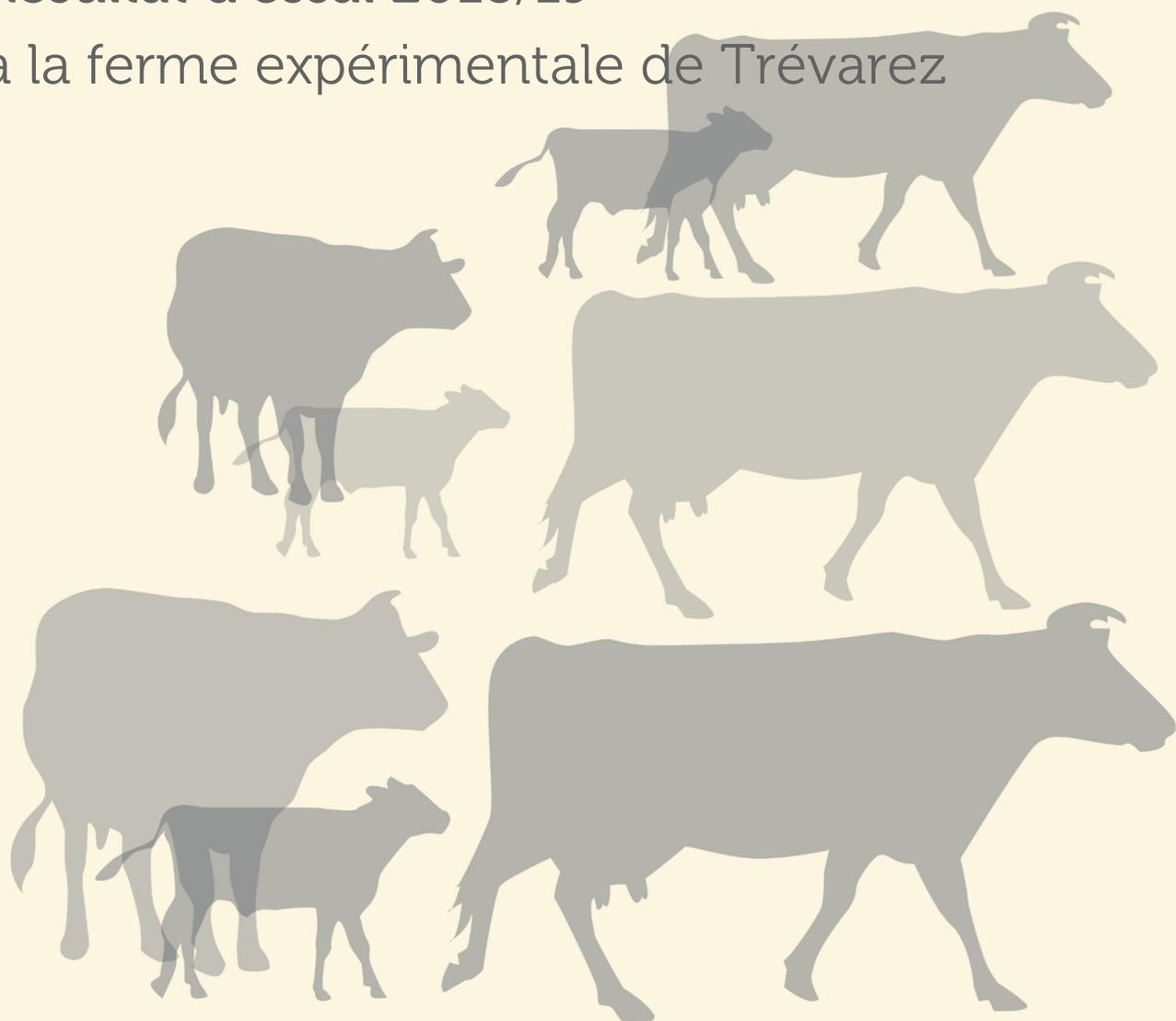


# Effet du traitement thermique de graines protéagineuses sur les performances des vaches laitières

Résultat d'essai 2018/19

à la ferme expérimentale de Trévarez



## **Collection**

### **Résultats**

#### **Responsable de la rédaction :**

Julien JURQUET (Institut de l'Élevage)

#### **Equipe de rédaction :**

Raphaël BORE, Valérie BROCARD, Julien JURQUET (Institut de l'Élevage)

Elodie TRANVOIZ, Morgane RAISON (CA de Bretagne),

#### **Mise en page :**

Corinne MAIGRET (Institut de l'Élevage)

**Compte-rendu n° 0020 302 059**

**Département Techniques d'Elevage et Environnement**

**Service Productions Laitières - Idele**

**Julien JURQUET, Raphaël BORE, Valérie BROCARD**

**Elodie TRANVOIZ, Morgane RAISON (CA de Bretagne),**

# **Effet du traitement thermique de graines protéagineuses sur les performances des vaches laitières**

*Résultat d'essai 2018/19  
à la ferme expérimentale de Trévarez*

Collection Résultats

# 1. Objectifs de l'essai

Le programme de recherche SOS PROTEIN cherche à réduire la dépendance des élevages de l'Ouest de la France (Bretagne – Pays de la Loire) aux matières premières riches en protéines importées. Il se décompose en 4 projets, dont fait partie le projet DY+ (Digestibility Yield Increase). DY+ cherche à améliorer la digestibilité des protéines, notamment celles des concentrés protéiques, en jouant sur la vitesse de transit dans le rumen, le profil en acides aminés de la ration et le traitement thermique des protéines. Le présent compte rendu s'intéresse à cette dernière technique appliquée à des graines protéagineuses produites localement.

L'action 1.3.4. du projet DY+ prévoit d'évaluer la réponse des vaches laitières à une complémentation protéique à base de graines protéagineuses traitées thermiquement sur une ration à base d'ensilage de maïs.

Dans le cadre de ce projet, un essai alimentaire a donc été mené à la station expérimentale de Trévarez (CRA de Bretagne, 29) dans le but d'évaluer la réponse des vaches laitières à une complémentation protéique à base de graines protéagineuses traitées thermiquement par un processus de cuisson-extrusion mis au point par l'entreprise Valorex, sur une ration à base de maïs ensilage.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1 *Durée de l'essai et dispositif expérimental*

L'essai débute en novembre 2018 pour une durée de 12 semaines dont 2 semaines de pré-expérimentation. Il porte sur deux lots de 20 vaches (primipares et multipares) réparties en blocs complets et équilibrés suivant un dispositif en inversion. Il se décompose en deux périodes de 5 semaines au cours desquelles les vaches recevront alternativement les graines crues et les graines traitées.

**Lot CT** : ce lot reçoit les graines crues au cours de la première période puis les graines traitées durant la deuxième période

**Lot TC** : ce lot reçoit les graines traitées au cours de la première période puis les graines crues durant la deuxième période

Tableau 1: Schéma expérimental

Durée (semaines)	2	5	5
Lot CT	Pré-expé	Graines crues	Graines traitées
Lot TC	Pré-expé	Graines traitées	Graines crues

### 2.2 *Matériel expérimental*

#### 2.2.1 Critères d'allotement des animaux

Les vaches en essai sont alimentées par lot. Elles sont issues du système de production conventionnel. Elles se trouvent à des états physiologiques différents pour représenter la situation moyenne des troupeaux laitiers en France. Toutefois, ne feront partie de l'essai seulement des vaches dont le stade physiologique est supérieur ou égal à 6 semaines en début d'essai. Les blocs sont constitués en fonction des critères suivants :

- le numéro de lactation : primipare, 2<sup>ème</sup> vêlage,  $\geq$  3<sup>ème</sup> vêlage
- le stade physiologique en début d'essai
- la production laitière : les données prises en compte sont celles des semaines calendaires 43, 44 et 45 de la lactation en cours,
- le poids vif au vêlage de la lactation en cours, le poids et la NEC de la dernière pesée connue (11 et 19 octobre 2018),

Le schéma expérimental est donc constitué de deux lots en blocs équilibrés (CT et TC). L'affectation des vaches de chaque bloc à un lot (CT ou TC) a été réalisée par tirage au sort. Les caractéristiques zootechniques des animaux mis en lots sont présentées dans le tableau suivant (*tableau 2*) :

Tableau 2: Caractéristiques zootechniques moyennes des deux lots

	Lot CT		Lot TC	
	Primipares	Multipares	Primipares	Multipares
Effectif	5	15	5	15
Rang Moyen de Lactation	1	3,3	1	3,6
Stade de lactation (j)	108	102	99	104
Poids Vif (kg)	567	664	582	667
Lait Brut (kg/j)	26,7	34,1	26,6	33,9
TB (g/kg)	38,4	36,3	38,5	35,2
TP (g/kg)	30,4	30,4	30,5	30,1

## 2.2.2 Alimentation des animaux

### Les fourrages expérimentaux

Le fourrage expérimental est l'ensilage de maïs. Un même ensilage de maïs sera distribué aux vaches des deux lots.

### Les concentrés

Le concentré est présenté sous forme de bouchons de luzerne déshydratée, de tourteau industriel de colza et d'un mélange, composé de 90% de graines de féveroles et 10 % de graine de lin, crues ou traitées thermiquement (procédé de cuisson-extrusion) dans les deux lots.

### Les rations

Le planning des périodes alimentaires est présenté au tableau 3. Les semaines 1 et 2 permettent d'alimenter les animaux issus de différents lots avec une ration intermédiaire aux deux rations expérimentales. A partir de la semaine 3 jusqu'à la semaine 7, le lot CT reçoit la ration graine crue et le lot TC reçoit la ration graine traitée. Ensuite, à partir de la semaine 8, le lot CT reçoit la ration graine traitée et lot TC reçoit la ration graine crue jusqu'à la semaine 12.

Tableau 3 : Planning d'alimentation des deux lots

Semaines 2018-2019	Dates Du ... au ...	Ration Lot CT	Ration Lot TC
S1 et S2	21 novembre au 5 décembre	Ration Pré-expé	
S3 à S7	5 décembre au 10 janvier	Graine crue	Graine traitée
S8 à S12	10 janvier au 14 février	Graine traitée	Graine crue

La composition de la ration pré-expérimentale et des rations expérimentales est présentée dans le tableau 4. La ration pré-expérimentale est établie de façon à couvrir les besoins des vaches laitières dans le contexte habituellement rencontré à la ferme expérimentale de Trévarez sans avantager l'un des deux lots lors du passage vers sa ration expérimentale. Elle est théoriquement équilibrée à 100 g PDIE/UFL (établie à partir des valeurs tables INRA 2010).

Les rations expérimentales découlent de la ration pré-expérimentale : elles présentent strictement les mêmes proportions de chaque constituant. Seule la nature du mélange féverole-lin change : 90 % de féverole crue et 10 % graine de lin crue dans la ration « graines crues », 90% de féverole traitée et 10 % de graine de lin traitée dans la ration « graines traitées». Les rations pré-expérimentales et expérimentales présentent :

- La même concentration énergétique (en supposant que les graines crues et les graines traitées présentent les mêmes valeurs énergétiques),
- La même proportion de concentrés,
- Une concentration iso-minérale dans les deux lots expérimentaux en P et Ca.

Les rations sont établies à partir des résultats d'analyses en vert des silos de maïs. Les valeurs nutritives des aliments concentrés proviennent de valeurs moyennes tables INRA 2010.

*Tableau 4 : Composition des rations complètes de pré-expérimentation et de la période expérimentale*

<b>Composition (%MS)</b>	<b>Ration pré-expé</b>	<b>Ration graines crues</b>	<b>Ration graines traitées</b>
Ensilage de maïs	59,1	59,1	59,1
Paille de blé	2,1	2,1	2,1
Tourteau de colza	4,2	4,2	4,2
Luzerne déshydratée	16,7	16,7	16,7
Graines crues*	8,3	16,7	
Graines traitée**	8,3		16,7
Uralim (80% urée)	0,3	0,3	0,3
AMV 5-21-5	0,8	0,8	0,8
Sel	0,2	0,2	0,2
<b>NDF (%)</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>39</b>
<b>MAT (%)</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Amidon (%)</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>
<b>Concentrés (%)</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>39</b>

\* : 90% de féverole crue + 10 % de graine de lin crue

\*\* : 90% de féverole extrudée + 10 % de graine de lin extrudée

La ration complète est constituée en deux temps : pesée des fourrages introduits dans la remorque mélangeuse distributrice puis apport des concentrés et minéraux proportionnellement aux fourrages.

Le mélange de l'ensemble des constituants est réalisé avec la mélangeuse.

Des abaques établis en fonction du taux de matière sèche (MS) des ensilages permettent d'ajuster quotidiennement le mélange aux proportions de fourrages et concentrés retenues. La réévaluation du taux de MS des ensilages est réalisée 3 fois pendant l'essai et/ou lors d'un changement de silo.

La distribution des rations complètes est effectuée une fois par jour, le matin. Les refus sont enlevés trois fois par semaine.

## 2.3 Contrôles et analyses

### 2.3.1 Valeurs des aliments (Annexe 1)

---

- ***L'ensilage de maïs***

#### A la récolte

Une prévision de la valeur du maïs à la mise en silo a été réalisée à partir d'analyses de composition chimique simple sur le fourrage vert prélevé à la récolte : MS, MM, MAT, CB, MG, Amidon (méthode Ewers), P, Ca, digestibilité cellulase de la MS. Les prélèvements ont été effectués par le personnel de Trévarez et les analyses réalisées par le Laboratoire LDA 53.

#### Au silo, en cours d'expérimentation

Mesure du taux de MS chaque semaine par étuvage 48h à 80 °C.

- ***Les aliments concentrés***

Les concentrés achetés (tourteau de colza, luzerne déshydratée et féverole) sont analysés individuellement à chaque livraison (en pratique tous les 2 mois).

Un échantillon est prélevé lors de chaque livraison pour chaque matière première afin d'être mis en réserve. Les échantillons sont conservés au sec à température ambiante sur le site de la ferme expérimentale de Trévarez. Les analyses de concentrés sont réalisées par le laboratoire LDA53. Pour les concentrés protéiques (tourteau de colza, luzerne déshydratée et féverole-lin), les critères analytiques demandés sont les suivants : MS, MM, MAT, MG, DCS, CB, P et Ca

### Valeurs des graines utilisées

Les résultats des analyses réalisées en laboratoire pour les échantillons de graines crues et traitées figurent ci-dessous :

/kg brut	<b>graines crues*</b>	<b>graines traitées**</b>
Date de prélèvement	26/11/2018 et 5/02/2019	26/11/2018 et 5/02/2019
Date d'analyse	15/03/2019	15/03/2019
laboratoire	LA MAYENNE (LDA53)	LA MAYENNE (LDA53)
Humidité %	12,0	8,9
MS %	88,0	91,1
MM %	3,6	3,8
MAT %	24,6	25,3
CB %	9,0	9,5
dCell %	85,2	84,2
MG libre %	5,8	5,5
DMO %	82,2	81,5
<b>UFL/kg</b>	1,04	1,03
<b>PDIA g/kg</b>	44	132
<b>PDIN g/kg</b>	157	200
<b>PDIE g/kg</b>	89	172

\* : 90% de féverole crue + 10 % de graine de lin crue

\*\* : 90% de féverole extrudée + 10 % de graine de lin extrudée

Les féveroles (+10% de graine de lin) traitées et crues présentaient des teneurs en MAT identiques. La valeur UFL est réduite de 0.05 /kg par le procédé utilisé. Celui-ci a bien permis une protection de la dégradation dans le rumen puisque les PDIA sont passés de 44 à 132 g/kg, entraînant une hausse des PDIE de 89 à 172 g/kg et une hausse des PDIN de 157 à 200 g/kg brut.

### **2.3.2 Les quantités d'aliments consommées**

---

Les quantités d'ensilage de maïs et de paille désilées par lot (ajustement par abaque et pesée de la quantité de chaque concentré de façon à respecter les proportions de fourrages et concentrés), de minéraux et du mélange distribué à chaque lot sont pesées quotidiennement par le personnel de la ferme expérimentale. La ration totale refusée par lot est également pesée trois fois par semaine.

### **2.3.3 La production laitière et la composition du lait**

---

La quantité de lait brut est mesurée à chaque traite (14 traites par semaine) par les compteurs à lait de la salle de traite. Deux prélèvements de lait pour déterminer le TB, le TP, l'urée et le taux de leucocytes du lait sont effectués par préleveur sur 4 traites (lundi soir, mardi matin, mardi soir, mercredi

matin). Les prélèvements sont constitués dans une proportion de 50 % de lait de la traite du soir et de 50 % de lait de la traite du lendemain matin, avec conservateur au bromopol (protocole du Contrôle Laitier). Les prélèvements sont réalisés par le personnel de Trévarez, les déterminations sont effectuées par le laboratoire Mylab.

### 2.3.4 Poids vif - Etat d'engraissement

---

Les pesées sont réalisées mensuellement par balance classique. Une pesée supplémentaire a lieu lors de chaque changement de régime si ce dernier n'intervient pas au moment de la pesée mensuelle. L'état corporel des vaches laitières est évalué par l'intervenant de la ferme habilité à noter les vaches pour leur état corporel. La NEC est évaluée en même temps que les pesées.

## 2.4 Traitement des données

Dans le but de simplifier l'analyse et le modèle de traitement des données, les variables d'intérêt de l'essai (lait brut, TB, TP, MG, MP, comptages cellulaires et poids vif) sont chacune résumées en calculant la médiane des trois dernières semaines de chaque période pour chacun des deux lots. Ces médianes sont ensuite traitées par analyse de variance grâce à la procédure MIXED du logiciel SAS version 9.6. Deux blocs ont été éliminés pour manque de données.

Le modèle utilisé est le suivant :

$$Y = \underbrace{\text{traitement} + \text{période}}_{\text{Effets fixes}} + \underbrace{\text{bloc} + \text{bloc}(\text{animal}) + \text{bloc} * \text{traitement}}_{\text{Effets aléatoires}}$$

avec, *traitement*: l'effet du traitement du mélange à base de éverole, *période*: l'effet de la période de 5 semaines de l'essai, *bloc*: l'effet de chacun des blocs de 2 animaux, *bloc(animal)*: effet de l'animal au sein de son bloc.

### 3. Résultats

#### 3.1 Ingestion

Durant l'essai, l'ingestion a été estimée par lots. Aucun traitement statistique n'a donc pu être réalisé sur l'ingestion des animaux. Durant les trois dernières semaines de la période 1, les vaches des lots CT et TC ont ingéré en moyenne respectivement 24,7 et 24,6 kg/MS/jour. Durant les trois dernières semaines de la période 2, les vaches des lots CT et TC ont ingéré respectivement 26,0 et 26,2 kg/MS/jour en moyenne. La figure 1 représente l'évolution de l'ingestion des deux lots au cours de l'essai.

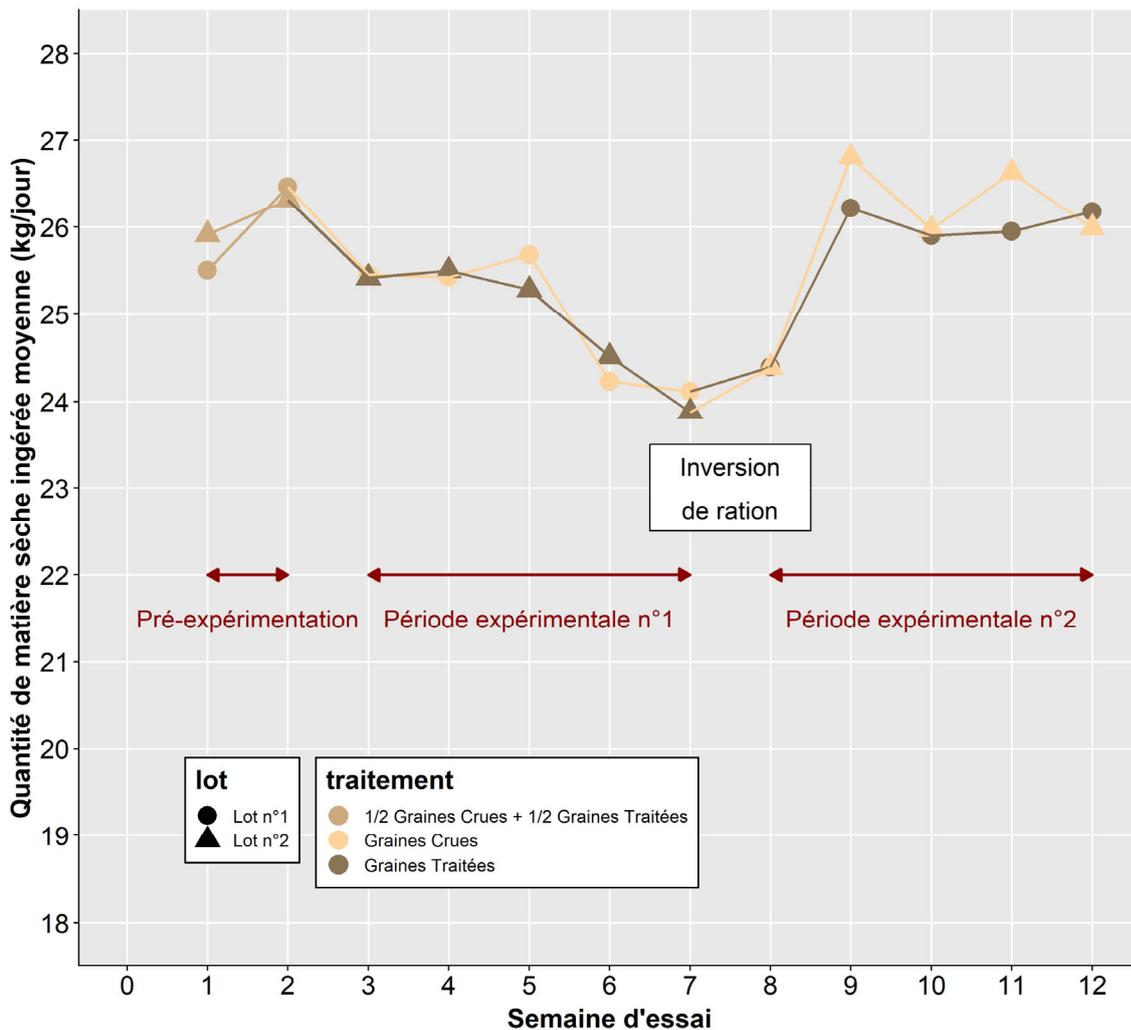


Figure 1: Evolution de l'ingestion des deux de vaches de Trévarez pendant l'essai DY+

### 3.2 Effets du traitement et de la période sur les performances zootechniques

Le tableau 5 présente les effets du traitement du mélange des graines de féveroles et de lin (90%/10%) sur les performances zootechniques des vaches laitières. Le traitement du mélange de graines n'a aucun effet significatif sur la quantité de matières protéiques et de matières grasses, le taux butyreux et les comptages cellulaires. En revanche, il a un effet significatif à 5% sur la production laitière, le taux protéique du lait et le poids vif.

Tableau 5 : Effets du traitement sur les performances zootechniques

<b>Variable</b>	<b>Crue</b>	<b>Traitée</b>	<b>P &gt; F</b>
Effectif	20	20	/
Ingestion	25,4	25,3	/
Lait Brut (kg/j)	32,5	31,6	0,003
MP (g/j)	1005	988	0,13
MG (g/j)	1279	1276	0,91
TP (g/kg de lait)	31,1	31,6	0,02
TB (g/kg de lait)	39,7	40,9	0,06
Cellules (log10/ml)	4,83	4,75	0,19
Poid Vif (kg)	665	660	0,03

Le tableau 6 présente les effets de la période sur les performances zootechniques des vaches laitières. La période a un effet significatif à 5% sur la production laitière, la quantité de matières protéiques, le taux protéique, le taux butyreux et le poids vif. En revanche, il n'a aucun effet significatif sur la quantité de matières grasses et les comptages cellulaires.

Tableau 6 : Effets de la période sur les performances zootechniques

<b>Variable</b>	<b>Période 1</b>	<b>Période 2</b>	<b>P &gt; F</b>
Effectif	20	20	/
Ingestion	24,6	26,1	/
Lait Brut (kg/j)	31,5	32,5	<0,0001
MP (g/j)	970	1024	<0,0001
MG (g/j)	1289	1266	0,33
TP (g/kg de lait)	31,0	31,7	0,0004
TB (g/kg de lait)	41,1	39,5	0,02
Cellules (log10/ml)	4,78	4,80	0,79
Poid Vif (kg)	657	668	0,0001

### 3.3 Une production laitière plus faible pour le lot graines traitées

Le tableau 7 présente les statistiques descriptives de la variable production laitière quotidienne retenue pour l'analyse de la variance.

*Tableau 7: Statistiques descriptives de la variable production laitière*

<b>Période</b>	<b>Traitement</b>	<b>Lot</b>	<b>N</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-Type</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
1	Crue	1	20	32,4	6,1	18,8	41,2
1	Traitée	2	20	30,6	5,0	21,4	39,6
2	Crue	2	20	32,5	6,0	20,8	42,8
2	Traitée	1	20	32,5	5,5	20,8	41,2

La production laitière est différente entre les deux traitements et les deux périodes (respectivement p-value = 0,003 et < 0,0001) (tableau 8). Les vaches ont produit en moyenne 0,9 kg de lait de plus par jour lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues que lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées. Les vaches ont produit en moyenne 1 kg de lait de plus par jour en période 2 par rapport à la période 1.

*Tableau 8 : Analyse de la variance de la variable production laitière*

<b>Effet</b>	<b>Modalité</b>	<b>p-value</b>	<b>Estimation</b>	<b>Erreur Type</b>
Traitement	Crue	0,003	32,5	1,2
	Traitée		31,6	1,2
Période	1	<0,0001	31,5	1,2
	2		32,5	1,2

La figure 2 présente les productions laitières moyennes (en kg de lait par vache laitière et par jour) des deux lots suivant la période d'essai.

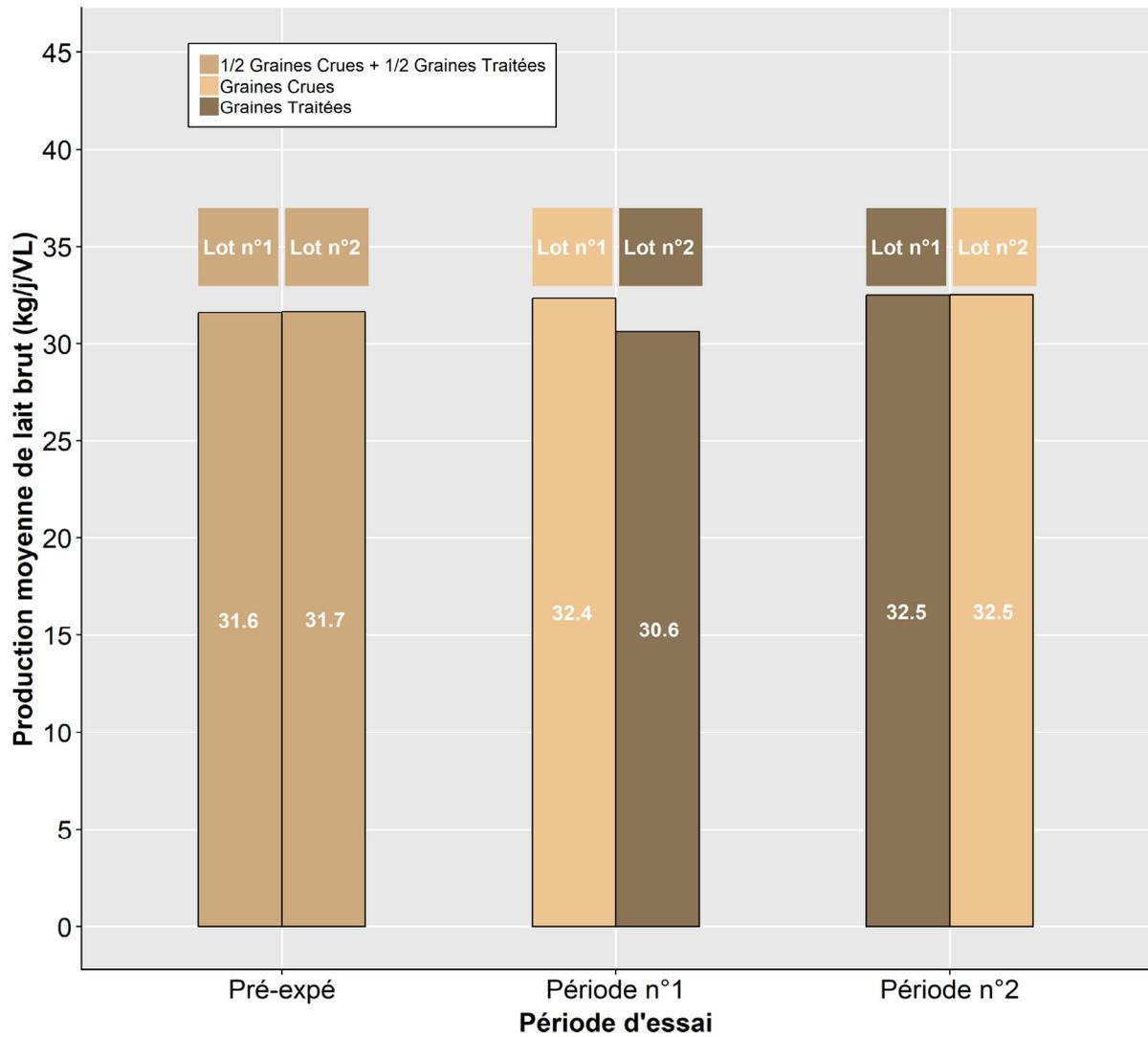


Figure 2 : Production laitière moyenne des vaches de Trévarez en fonction de la période d'essai et du type de graines de féverole-lin distribué

### 3.4 Aucune différence de production de matières protéiques

Le tableau 9 présente les statistiques descriptives de la variable production de matières protéiques retenue pour l'analyse de la variance.

Tableau 9 : Statistiques descriptives de la variable production de matières protéiques

Période	Traitement	Lot	N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
1	Crue	1	20	971	165	604	1222
1	Traitée	2	20	969	149	731	1245
2	Crue	2	20	1040	164	783	1402
2	Traitée	1	20	1007	125	696	1153

La production de matières protéiques est identique entre les deux traitements mais différente entre les deux périodes ( $p$ -value = 0,13 et  $<0,0001$ ) (tableau 10). Les vaches ont produit en moyenne 1005 grammes de matières protéiques par jour lorsqu'elles étaient alimentées avec les graines crues et 988 grammes par jour lorsqu'elles étaient alimentées avec les graines traitées. Les vaches ont produit en moyenne 54 grammes de matières protéiques de plus par jour en période 2 par rapport à la période 1.

Tableau 10 : Analyse de la variance de la variable production de matières protéiques

Effet	Modalité	p-value	Estimation	Erreur Type
Traitement	Crue	0,13	1005	31
	Traitée		988	31
Période	1	$<0,0001$	970	31
	2		1024	31

La figure 3 présente les productions moyennes de matières protéiques (en g par vache laitière et par jour) des vaches des deux lots suivant la période d'essai.

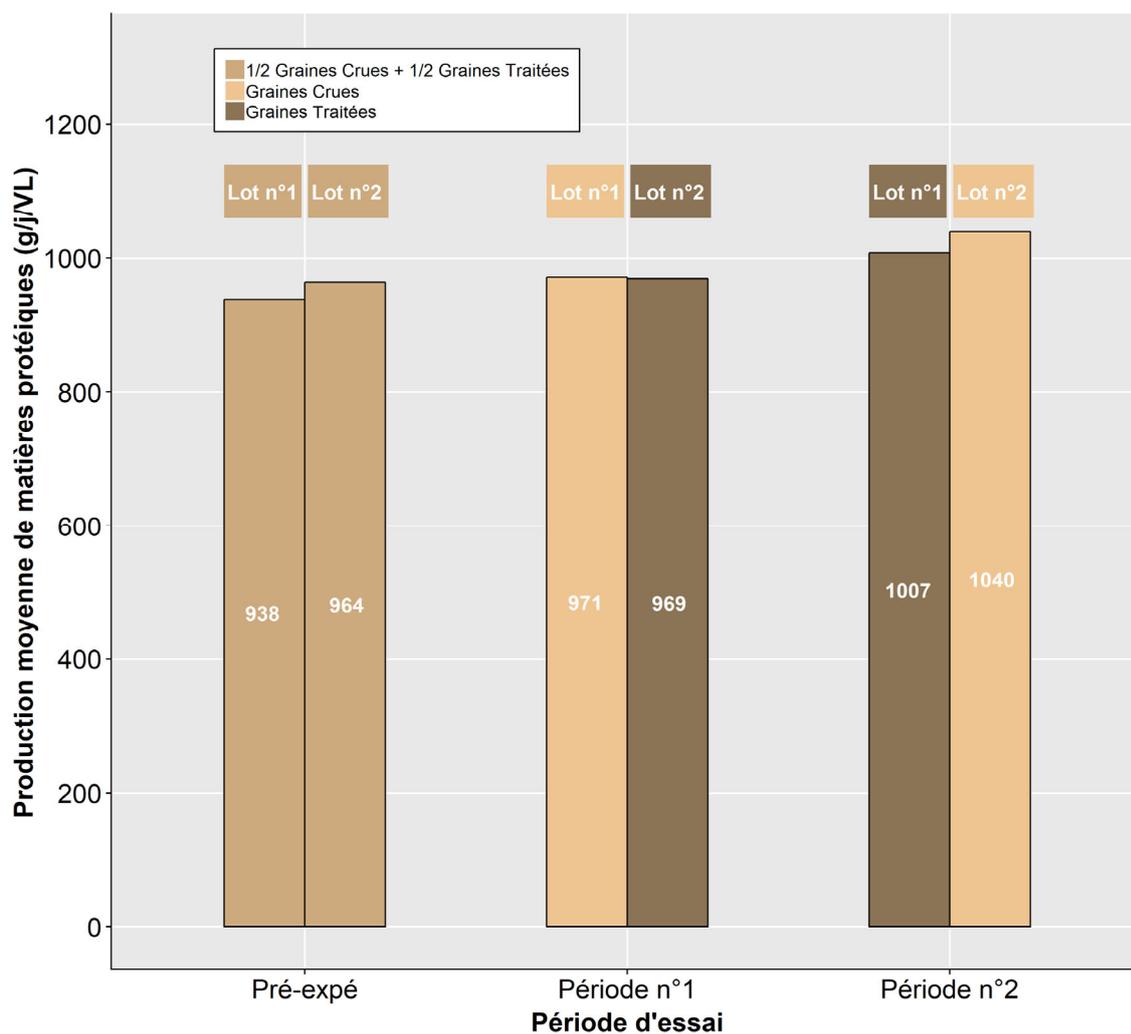


Figure 3: Production moyenne de matières protéiques des vaches de Trévarez en fonction de la période d'essai et du type de graines de féverole-lin distribué

### 3.5 Aucune différence de production de matières grasses

Le tableau 11 présente les statistiques descriptives de la variable production de matières grasses retenue pour l'analyse de la variance.

Tableau 11: Statistiques descriptives de la variable production de matières grasses

Période	Traitement	Lot	N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
1	Crue	1	20	1291	240	739	1669
1	Traitée	2	20	1287	233	928	1636
2	Crue	2	20	1267	214	935	1625
2	Traitée	1	20	1265	202	913	1550

La production de matières grasses n'est pas différente entre les deux traitements et les deux périodes (p-value = 0,91 et 0,33) (tableau 12). Les vaches ont produit en moyenne 1279 grammes de matières grasses par jour lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues et 1276 grammes par jour lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées. Elles ont produit 1289 grammes de matières grasses par jour durant la période 1 et 1266 grammes de matières grasses par jour pendant la période 2.

Tableau 12 : Analyse de variance de la variable production de matières grasses

Effet	Modalité	p-value	Estimation	Erreur Type
Traitement	Crue	0,91	1279	45
	Traitée		1276	45
Période	1	0,33	1289	45
	2		1266	45

La figure 4 présente les productions moyennes de matières grasses (en g par vache laitière et par jour) des vaches des deux lots suivant la période d'essai.

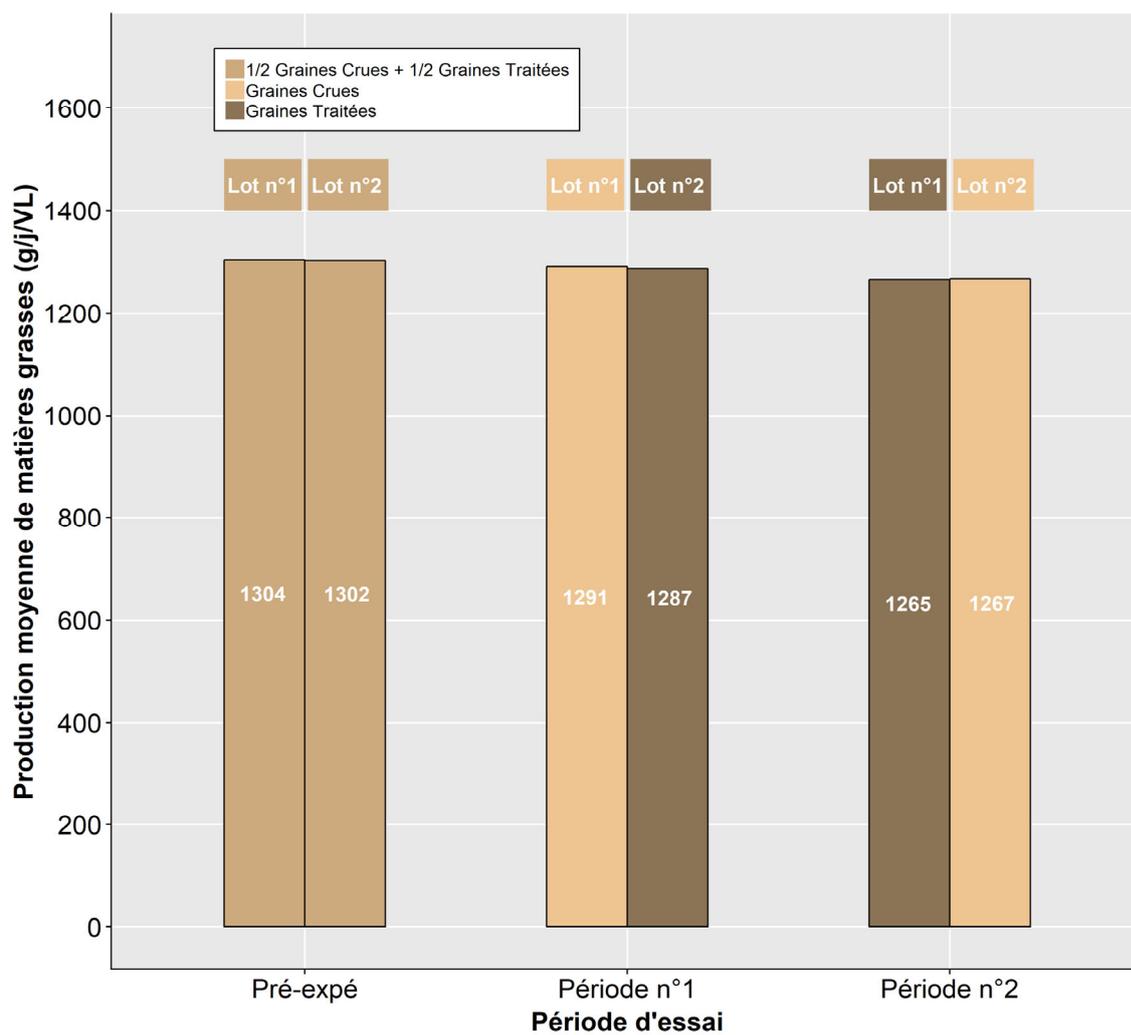


Figure 4 : Production moyenne de matières grasses des vaches de Trévarez en fonction de la période d'essai et du type de graines de féverole-lin distribué.

### 3.6 Une différence de taux protéique entre les deux traitements

Le tableau 13 présente les statistiques descriptives de la variable taux protéique retenue pour l'analyse de variance.

Tableau 13: Statistiques descriptives de la variable taux protéique du lait

Période	Traitement	Lot	N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
1	Crue	1	20	30,1	1,6	25,9	32,6
1	Traitée	2	20	31,8	2,5	26,4	37,5
2	Crue	2	20	32,2	2,6	28,0	37,6
2	Traitée	1	20	31,3	2,3	27,5	35,9

Les taux protéiques des deux lots sont différents selon le traitement ( $p$ -value = 0,02) et la période ( $p$ -value = 0,0004) (tableau 14). Les vaches ont produit un lait plus riche en protéines lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées que lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues (+0,5 g/kg de lait). Les vaches ont produit un lait plus riche en protéines en période 2 par rapport à la période 1 (+0,7 g/kg de lait).

Tableau 14: Analyse de variance de la variable taux protéique du lait

Effet	Modalité	p-value	Estimation	Erreur Type
Traitement	Crue	0,02	31,1	0,5
	Traitée		31,6	0,5
Période	1	0,0004	31,0	0,5
	2		31,7	0,5

La figure 5 présente les taux protéiques moyens du lait des vaches des deux lots suivant la période d'essai.

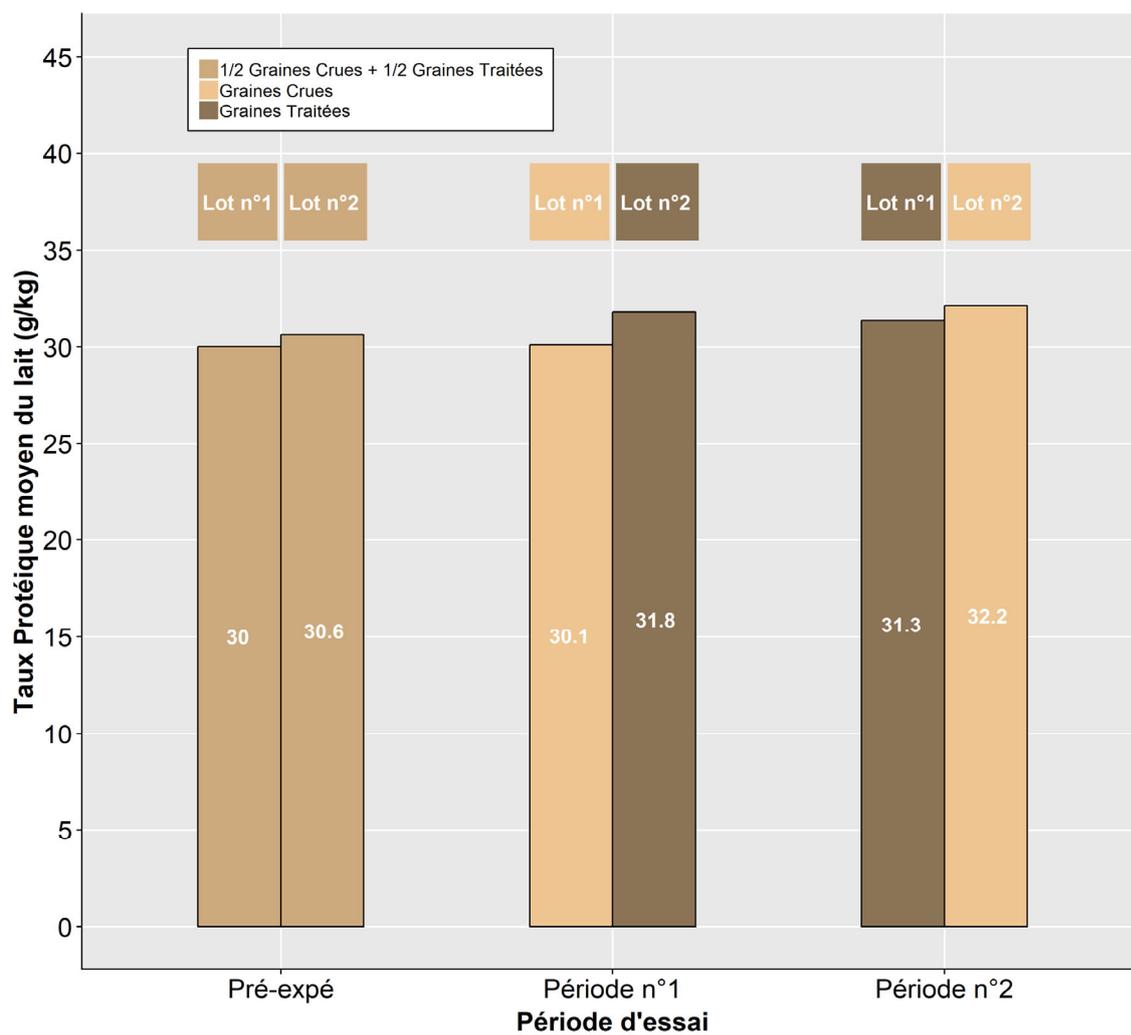


Figure 5 : Taux protéique moyen du lait des vaches de Trévarez en fonction de la période d'essai et du type de graines de féverole-lin distribué.

### 3.7 Un taux butyreux différent selon la période

Le tableau 15 présente les statistiques descriptives de la variable taux butyreux retenue pour l'analyse de la variance.

Tableau 15: Statistiques descriptives de la variable taux butyreux du lait

Période	Traitement	Lot	N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
1	Cru	1	20	40,0	2,8	34,2	47,0
1	Traité	2	20	42,2	4,7	32,2	50,5
2	Cru	2	20	39,4	4,7	31,9	45,8
2	Traité	1	20	39,6	5,3	30,2	52,9

Les taux butyreux sont identiques quel que soit le traitement (p-value = 0,06) mais différents selon la période (p-value 0,02) (tableau 16). Le taux butyreux du lait des vaches était de 39,7 g/kg de lait lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues et de 40,9 g/kg de lait lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées. En revanche, les vaches ont produit un lait plus riche en matières grasses durant la période 1 par rapport à la période 2 (+ 0,6 g/kg de lait).

Tableau 16 : Analyse de variance de la variable taux butyreux du lait

Effet	Modalité	p-value	Estimation	Erreur Type
Traitement	Cru	0,06	39,7	0,8
	Traité		40,9	0,8
Période	1	0,02	41,1	0,8
	2		39,5	0,8

La figure 6 présente les taux butyreux moyens du lait des vaches des deux lots suivant la période d'essai.

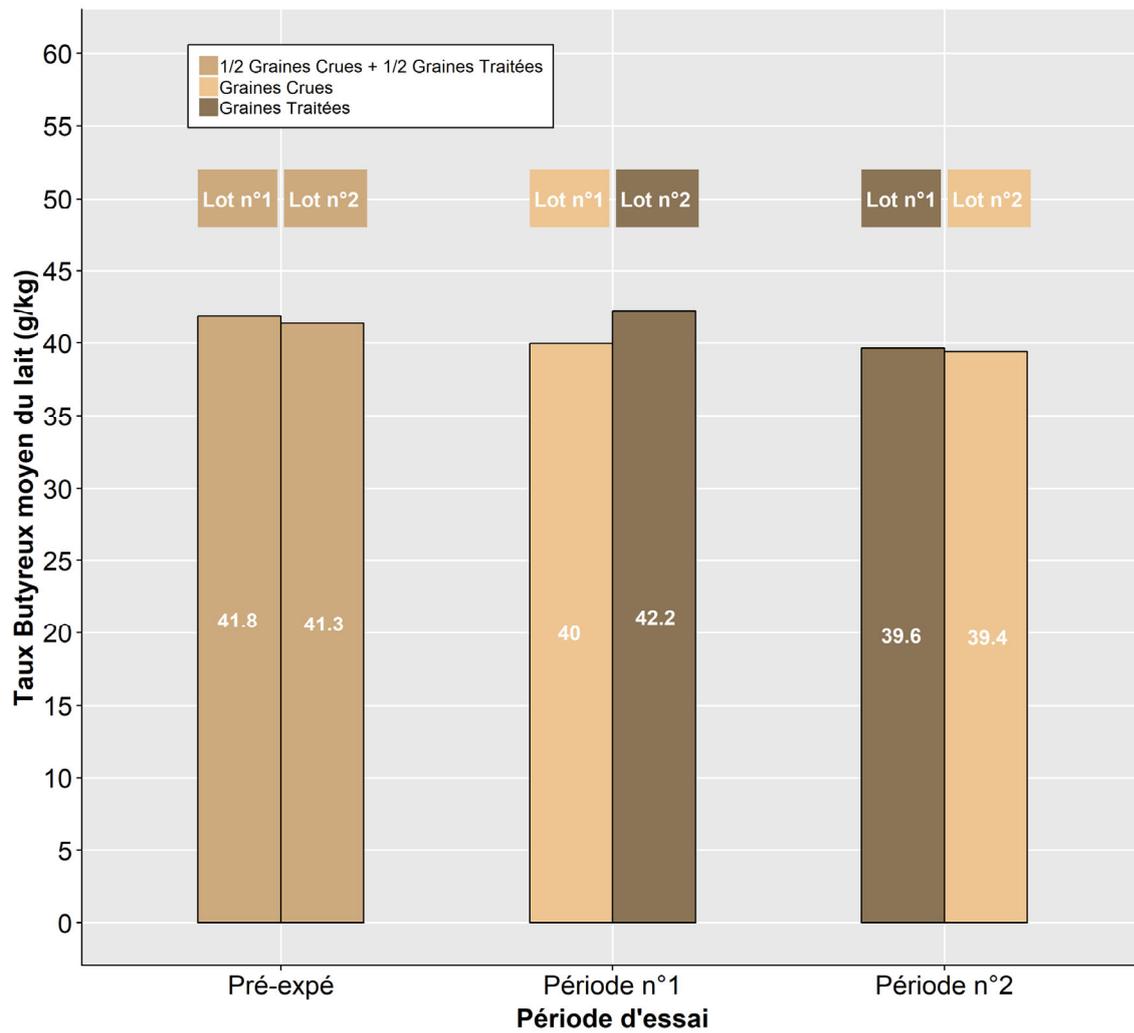


Figure 6 : Taux butyreux moyen du lait des vaches de Trévarez en fonction de la période d'essai et du type de graines de féverole-lin (90-10) distribué.

### 3.8 Aucune différence de comptages cellulaires

Le tableau 17 présente les statistiques descriptives de la variable comptages cellulaires du lait retenue pour l'analyse de la variance.

Tableau 17 : Statistiques descriptives de la variable comptages cellulaires du lait

Période	Traitement	Lot	N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
1	Crue	1	20	4,65	0,25	4,20	5,17
1	Traitée	2	20	4,92	0,53	4,37	6,26
2	Crue	2	20	5,01	0,60	4,18	6,69
2	Traitée	1	20	4,59	0,33	4,02	5,36

Les comptages cellulaires ne sont pas différents entre les traitements et les périodes (respectivement p-value = 0,19 et p-value = 0,79) (tableau 18). Les vaches ont produit un lait contenant 4,83 log<sub>10</sub> (cellules)/ml de lait lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues et 4,75 log<sub>10</sub>(cellules)/ml de lait lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées. Les vaches ont produit un lait contenant 4,78 log<sub>10</sub> (cellules)/ml de lait en période 1 et 4,80 log<sub>10</sub> (cellules)/ml de lait en période 2.

Tableau 18 : Analyse de variance de la variable comptages cellulaires du lait

Effet	Modalité	p-value	Estimation	Erreur Type
Traitement	Crue	0,19	4,83	0,08
	Traitée		4,75	0,08
Période	1	0,79	4,78	0,08
	2		4,80	0,08

La figure 7 présente les comptages cellulaires moyens du lait des deux lots suivant la période d'essai.

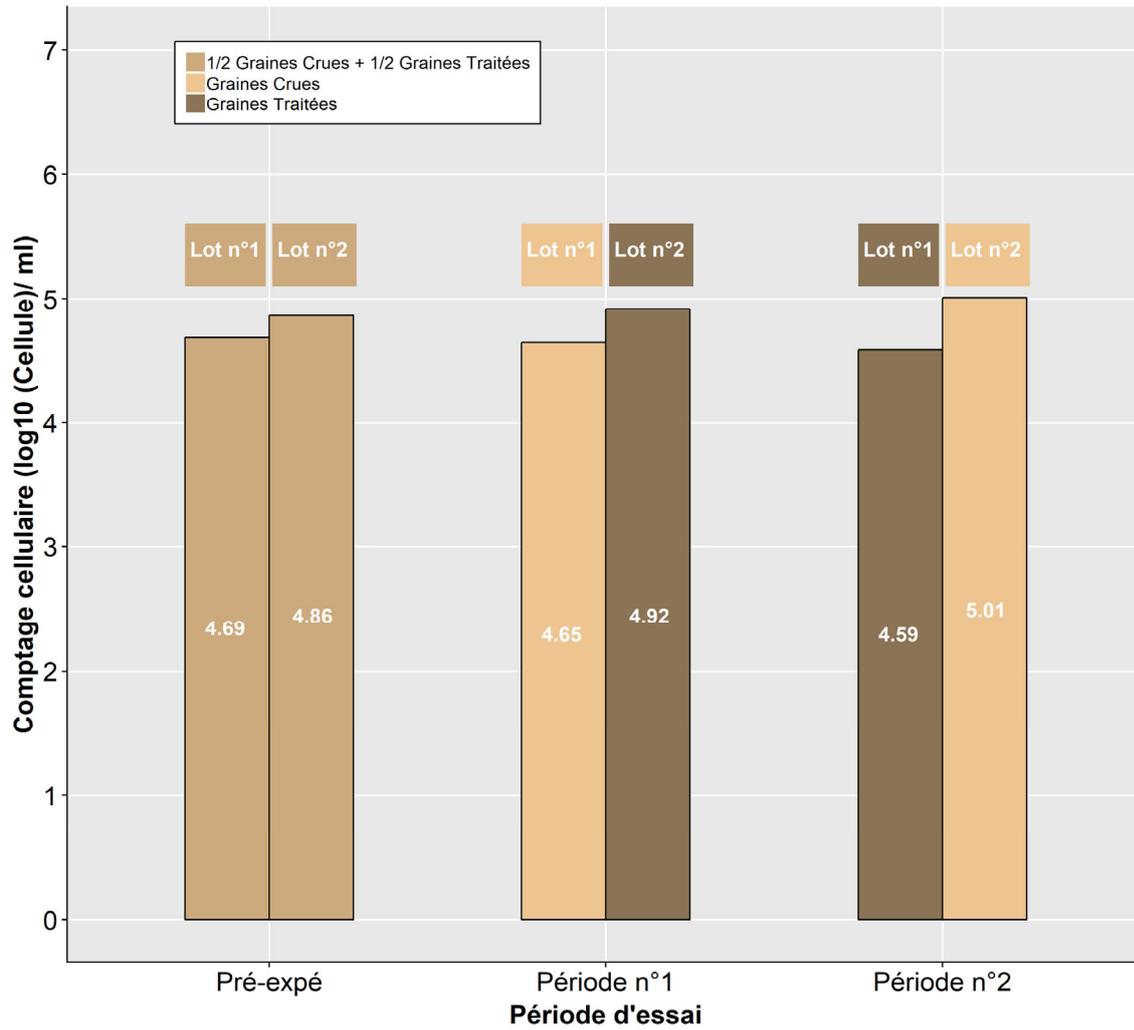


Figure 7: Comptages cellulaires moyens du lait des vaches de Trévarez en fonction de la période d'essai et du type de graines de féverole-lin (90-10) distribué.

### 3.9 Une différence de poids vifs

Le tableau 19 présente les statistiques descriptives de la variable poids vif retenue pour l'analyse de la variance.

Tableau 19 : Statistiques descriptives de la variable poids vif

Période	Traitement	Lot	N	Moyenne	Ecart-Type	Minimum	Maximum
1	Crue	1	20	653	58	544	745
1	Traitée	2	20	662	56	547	743
2	Crue	2	20	678	60	556	773
2	Traitée	1	20	658	54	546	752

Le poids vif est statistiquement différent entre les deux traitements ( $p$ -value = 0,03) et les deux périodes ( $p$ -value = 0,0001). Les vaches pesaient 5 kg de plus lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues que lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées. Les vaches pesaient 11 kg de plus en période 2 qu'en période 1.

Tableau 20: Analyse de variance de la variable poids vif

Effet	Modalité	p-value	Estimation	Erreur Type
Traitement	Crue	0,03	665	11
	Traitée		660	11
Période	1	0,0001	657	11
	2		668	11

La figure 9 présente les poids vif moyens des vaches des deux lots suivant la période d'essai.

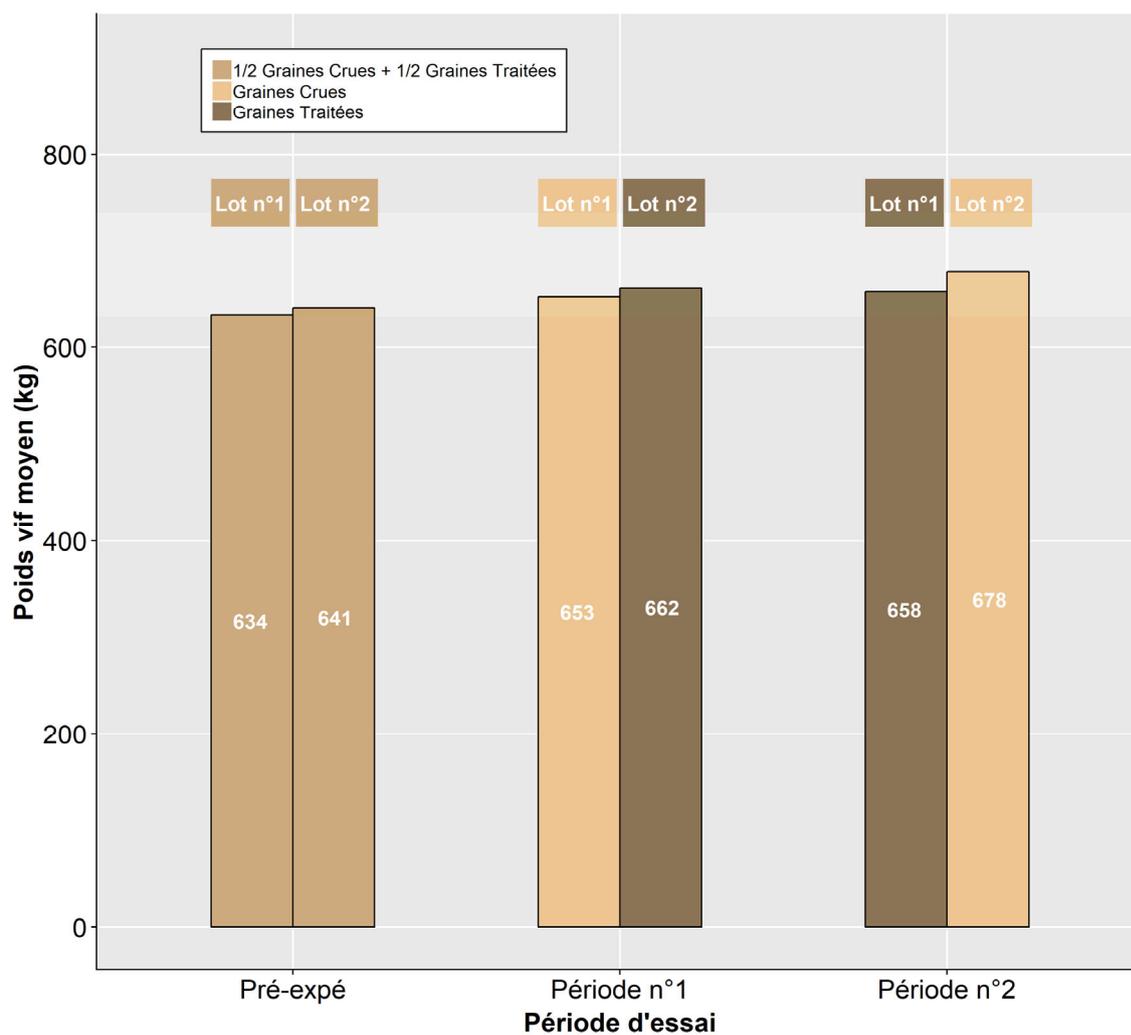


Figure 8: Poids vif moyen des vaches de Trévarez en fonction de la période d'essai et du type de graines de féverole-lin (90-10) distribué.

## Discussion

### **Valeurs nutritives des féveroles crues et traitées**

---

Les mélanges de graines de féverole et de lin (90-10) traités et crus présentaient des teneurs en MAT identiques. Le procédé de cuisson-extrusion a bien permis une protection de la dégradation des protéines dans le rumen puisque les PDIA sont passés de 50 à 145 g/kg MS, entraînant une hausse des PDIE de +88 g/kg MS des PDIE (101 à 189 g/kg MS) et une hausse des PDIN de + 42 g/kg MS (178 à 220 g/kg MS).

### **Des ingestions élevées**

---

L'ingestion ayant été mesurée à l'échelle de chaque lot, aucune analyse statistique n'a été réalisée.

Tout au long de l'essai, les ingestions moyennes des lots TC et CT sont identiques. L'ingestion moyenne s'élève à 24,6 kg MS/vache/jour au cours de la période 1. Elle augmente en période 2 pour s'élever en moyenne à 26,1 kg MS/vache/jour.

L'ingestion réellement mesurée est supérieure aux ingestions prévisionnelles. Par conséquent, les quantités totales d'énergie et de protéines ingérées sont supérieures aux prévisions. En prenant en compte les ingestions réelles des animaux et la différence de valeur protéique théorique entre les graines de féverole crues et toastées, les animaux ayant consommé les graines toastées ont ingéré 371 g de PDIE de plus que les animaux ayant consommé les graines crues. Cette différence représente une hausse théorique de 14,7 g/kg MS de la concentration en PDIE de la ration.

### **Réponses de production laitière**

---

Le traitement des graines de féverole (+10 % de graines de lin) n'a pas eu d'effet significatif sur la production de matières protéiques dans le lait bien que le taux protéique du lait soit significativement amélioré (+0,5 g/kg). Cette hausse du TP est compensée par une baisse significative de la production laitière (de - 0,9 kg/j) pour les vaches ayant reçu les graines traitées. Le traitement n'a pas d'effet sur le taux butyreux et la quantité de matières grasses et protéiques synthétisées.

D'après Brun-Lafleur (2009), l'efficacité marginale des PDI se situe à environ 20% pour des rations telles que celles testées lors de cet essai. Avec une hausse théorique de 371 g de PDIE, on pouvait donc espérer une augmentation de la synthèse des matières protéiques dans le lait proche de 74 g/j. Dans notre essai, les vaches alimentées avec les graines traitées ont produit 17 g/j de matières protéiques en moins sans que cela ne représente une différence significative.

L'absence d'effet du traitement sur les matières protéiques synthétisées dans le lait est en accord avec les résultats obtenus dans ce même projet et avec des rations très proches avec des graines de féveroles

ayant subie des traitements de toastage. En revanche, la hausse de TP associée à la baisse de la production laitière est en opposition avec la baisse de TP et l'absence de différence de productions laitières observées dans les deux essais précédents (Jurquet et al, 2020).

## **Effet de la période**

---

Le dispositif mis en œuvre pour cet essai était un dispositif en inversion. Il se composait de deux périodes de 5 semaines. Dans cet essai, on note un effet significatif de la période sur le lait brut, les matières protéiques, le taux protéique, le taux butyreux et le poids vif. Cet effet période traduit l'évolution du stade de lactation des vaches en essai.

## **Intérêt du process testé**

---

Dans cet essai, l'objectif était de mettre en évidence l'effet du traitement thermique des graines de féverole (associé à 10 % de graines de lin). Pour cela, les quantités de féveroles distribuées dans la ration étaient volontairement élevées (16,7% de la MSI, soit 4,7 kg brut/vache/jour). Cependant, aucun effet significatif n'a été mis en évidence sur la synthèse de matières protéiques. Cela peut s'expliquer par une surestimation de l'effet du traitement sur les valeurs protéiques du mélange de graines de féverole et de lin (90-10). Une faible efficacité marginale des PDI peut également être à l'origine de ce résultat.

## **Conclusion**

L'essai conduit à la ferme expérimentale de Trévarez sur 2 lots de 19 vaches laitières durant 12 semaines dans le cadre du projet DY+ avait pour but d'évaluer l'effet du process de cuisson-extrusion de graines de féverole (+10 % de graines de lin) développé par l'entreprise Valorex.

Les graines traitées utilisées avaient une valeur PDIA supérieure aux graines crues induisant une augmentation de la teneur calculée en PDIE (INRA 2007) de la ration de l'ordre de 15 g/kg MS.

Cependant, les résultats obtenus lors de l'essai n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet du traitement les quantités de matières protéiques synthétisées dans le lait. Cela s'explique probablement par la faible efficacité marginale des PDI. Les vaches ont produit plus de lait mais moins riche en protéines lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées que lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues (-0,9 g/kg de lait et +0,5g/kg de TP).

Enfin, cet essai permet de démontrer qu'il est possible d'atteindre de hauts niveaux de production avec des rations à base d'ensilage de maïs sans tourteau de soja, en associant le maïs ensilage à des légumineuses et des protéagineux.

*ANNEXE 1 Valeurs moyennes des analyses d'aliments réalisées*

<b>Par kg MS</b>	Ensilage de maïs	Luzerne déshydratée	féverole NT	féverole T	colza 35 CX0040	paille blé FP0020	Uralim cv0010*0,8
Nb analyses	4	3	2	2	-	-	-
Humidité (%)		9,7	12,0	8,9	11,3	12	2
MS (%)	36,5	90,3	88,0	91,1	88,7	88	98
MM (%)	3,1	13,3	4,1	4,2			
MO (%)		86,7	95,9	95,8	92,1	92	
MAT (g/kg MS)	62,5	194	280,0	278	380	35	2300
CB (g/kg MS)	195,1	245,0	102	104	139	420	
Dig. cellulosique (%)	66,7	62,1	85,2	84,2			
Dig. Enzym. (%)							
Matières grasses (g/kg MS)		28,7	65,3	60,3			
Phosphore (g/kg MS)	1,6				12,9	1,0	
Calcium (g/kg MS)	1,3				9,4	2,0	
LysDi tables (%PDIE)	7,03	6,74	7,41	7,28	6,84	7,45	
MetDi tables (%PDIE)	2,17	1,7	1,48	1,2	1,55	2,2	
DMO (%)	70,6	65,1	93,4	89,4	77	42	
U.F.L. (/kg MS)	0,90	0,72	1,18	1,13	0,96	0,43	
P.D.I.A. (g/kg MS)	14	60	50	145	103	11	
P.D.I.N. (g/kg MS)	40	123	178	220	247	22	1178
P.D.I.E. (g/kg MS)	67	97	101	189	155	44	
Amidon (g/kg MS)	309						
NDF (g/kg MS)	464						

**Collection**  
**Résultats**

**Edité par :**  
**l'Institut de l'Élevage**

149 rue de Bercy  
75595 Paris Cedex 12  
[www.idele.fr](http://www.idele.fr)  
Novembre 2020

**Dépôt légal :**  
4e trimestre 2020  
© Tous droits réservés  
à l'Institut de l'Élevage  
Réf. 0020 302 059  
ISSN 1773-4738



# Effet du traitement thermique de graines protéagineuses sur les performances des vaches laitières

## Résultats d'essai

L'essai conduit à la ferme expérimentale de Trévarez sur 2 lots de 19 vaches laitières durant 12 semaines dans le cadre du projet DY+ avait pour but d'évaluer l'effet du process de cuisson-extrusion de graines de féverole (+10 % de graines de lin) développé par l'entreprise Valorex.

Les graines traitées utilisées avaient une valeur PDIA supérieure aux graines crues induisant une augmentation de la teneur calculée en PDIE (INRA 2007) de la ration de l'ordre de 15 g/kg MS.

Cependant, les résultats obtenus lors de l'essai n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet du traitement sur les quantités de matières protéiques synthétisées dans le lait. Cela s'explique probablement par la faible efficacité marginale des PDI. Les vaches ont produit plus de lait mais moins riche en protéines lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines traitées que lorsqu'elles étaient alimentées avec des graines crues (-0,9 g/kg de lait et +0,5g/kg de TP).

Enfin, cet essai permet de démontrer qu'il est possible d'atteindre de hauts niveaux de production avec des rations à base d'ensilage de maïs sans tourteau de soja, en associant le maïs ensilage à des légumineuses et des protéagineux.

### Avec le soutien financier :



### Contact :

[julien.jurquet@idele.fr](mailto:julien.jurquet@idele.fr)  
[valerie.brocard@idele.fr](mailto:valerie.brocard@idele.fr)

Novembre 2020  
Réf. 0020 302 059  
ISSN 1773-4738

[www.idele.fr](http://www.idele.fr)

