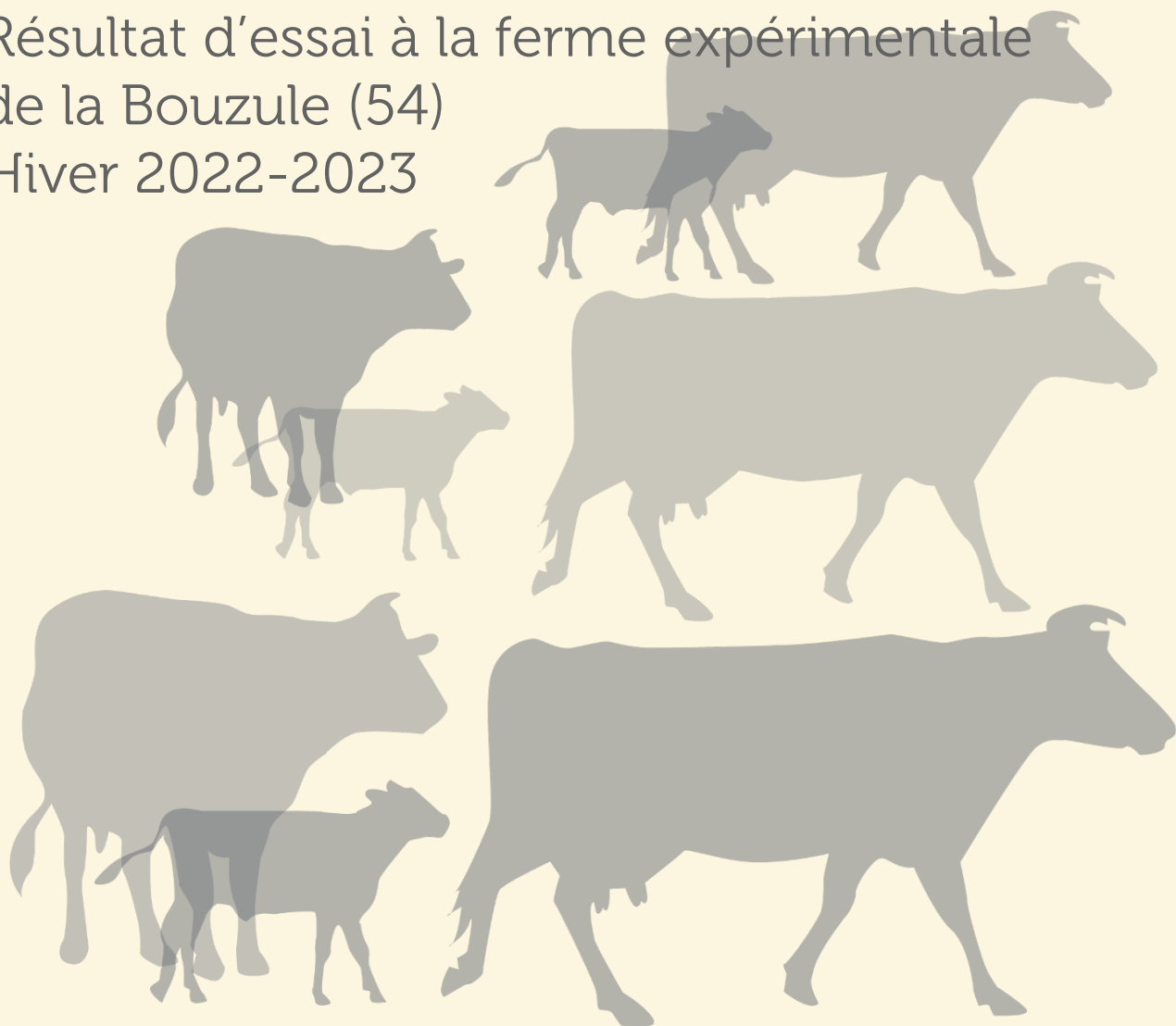


Approche zootechnique, économique et environnementale de l'utilisation de coproduits en mélange dans l'alimentation des vaches laitières

Résultat d'essai à la ferme expérimentale
de la Bouzule (54)
Hiver 2022-2023



Avec le soutien de :



Collection

Résultats

Responsable de la rédaction :

Alice BERCHOUX (Institut de l'Élevage)

Mathilde JOUFFROY (Institut de l'Élevage)

Equipe de rédaction :

Alice BERCHOUX (Institut de l'Élevage)

Mathilde JOUFFROY (Institut de l'Élevage)

Mise en page :

Institut de l'Élevage



Approche zootechnique, économique et environnementale de l'utilisation de coproduits en mélange dans l'alimentation des vaches laitières

Résultat d'essai à la ferme expérimentale de la Bouzule (54)

Hiver 2022-2023

Collection :

Résultats

Responsables de la rédaction :

Alice Berchoux et Mathilde Jouffroy (Institut de l'élevage)

Février 2025

Compte-rendu n° 00 25 302 001

Département Productions et Produits

Service Productions Laitières

Alice Berchoux et Mathilde Jouffroy (Institut de l'élevage)

Approche zootechnique, économique et environnementale de l'utilisation des coproduits en mélange dans l'alimentation des vaches laitières

Résultat d'essai à la ferme expérimentale de la Bouzule (54)

Résumé

Mot-clé : coproduit, silo unique, performances animales, émission de méthane, vache laitière

Le projet COPRAME a recensé au moins 2,4 millions de tonnes brutes de coproduits produits disponibles chaque année en Grand Est, valorisés à 98,5% en alimentation animale. Néanmoins, certains freins interrogent les éleveurs dont la difficulté de stockage de certains coproduits humides. Pour y faire face, outre de stocker les co-produits humides associés aux concentrés secs (correcteur, céréales) dans un seul et même silo, certaines exploitations vont plus loin en les associant aux fourrages de l'exploitation afin de n'avoir qu'un seul silo à gérer et ainsi, assurer de bonnes performances animales, maîtriser le coût alimentaire et réduire le temps de travail. Un essai a eu lieu sur la ferme expérimentale de la Bouzule (54) pour évaluer les intérêts de ce type de ration. L'essai a porté sur 46 vaches laitières de race Holstein scindées en 2 lots de 23 vaches réparties en blocs complets équilibrés recevant chacun une ration constituée des mêmes aliments mais stockés différemment : le lot témoin (T) a reçu une ration composée d'ensilage de maïs, d'ensilage d'herbe, de céréales autoproduites et d'un mélange de coproduits humides stockés dans des silos indépendants. Le lot essai (E) a reçu la ration avec l'ensemble des aliments stockés dans un silo unique. La période expérimentale a duré 10 semaines. Les résultats montrent que l'utilisation d'un silo unique permet de maintenir les performances zootechniques des animaux tout en diminuant l'ingestion, de réaliser un gain de temps de travail de 30 minutes/jour mais en contrepartie augmente les émissions de méthane des vaches laitières de 7,8%. Le silo unique semble être une méthode apportant des gains intéressants à l'éleveur en lui permettant de conserver les coproduits plus facilement.

Table des matières

Résumé	3
I. Contexte et objectifs de l'essai.....	1
II. Matériel et méthode.....	2
II.1. Durée de l'essai et dispositif expérimental	2
II.2. Matériel expérimental	2
II.2.1. Description du chantier de mélange	2
II.2.2. Critères d'allotement des animaux	2
II.2.3. Alimentation des animaux.....	3
II.3. Contrôles et analyses	4
II.3.1. Valeurs alimentaires et de conservation des aliments	4
II.3.2. Les quantités d'aliments consommés.....	5
II.3.3. La production laitière et la composition du lait.....	5
II.3.4. Etat corporel et sanitaire des animaux	5
II.3.5. Dosage de l'amidon dans les bouses.....	5
II.3.6. Emissions de méthane	5
II.3.7. Temps de confection et distribution de la ration	6
II.3.8. Budget partiel	6
II.3.9. Compétition feed-food.....	6
II.4. Traitement des données.....	6
III. Résultats	7
III.1. Evolution des conditions expérimentales	7
III.2. Une diminution de l'ingestion pour le lot E.....	7
III.3. Des performances zootechniques équivalentes entre lots	7
III.3.1 Production laitière.....	8
III.3.2 Taux butyreux et protéique	9
III.3.3. Cellules.....	9
III.3.4. Urée du lait	9
III.3.5. Etat corporel des animaux.....	9
III.4. Amidon dans les bouses.....	9
III.5. Analyse des refus	10
III.6. Les émissions de méthane sont en hausse pour le lot E.....	10
III.7. Une conservation équivalente entre les lots	10
III.8. Un gain de temps de travail d'astreinte en ration mélangée.....	10
III.9. Un gain économique possible	11
III.10. Compétition feed-food : 92 % de protéines consommées par le troupeau non consommables par l'homme	12
IV. Discussion.....	13

IV.1. L'influence de la méthode de stockage sur les paramètres de conservation	13
IV.2. Pas d'évolution significative des performances zootechniques.....	13
IV.3. Une réduction du temps de travail.....	13
IV.4. Un impact environnemental et social encore flou	14
V. Conclusion	14

I. Contexte et objectifs de l'essai

Générés par les industries agroalimentaires (IAA) qui produisent des denrées destinées à l'Homme, les coproduits contribuent à améliorer la durabilité des filières d'élevage tout en trouvant une voie de valorisation pour des volumes qui peuvent être importants.

Porté par Idele, le projet COPRAME (pour des COPROduits pour Améliorer la Multiperformance des Élevages bovin lait et viande de la région Grand Est) a démarré en 2021 par une enquête sur les gisements des coproduits et leurs valorisations en Grand-Est, coordonnée par Réséda, en partenariat avec Agria Grand Est et Idele. Elle met en évidence qu'environ 2,4 millions de tonnes brutes de coproduits sont générés chaque année par les IAA du Grand Est. Ces co-produits sont très variés dans leur nature, du fait de la variété des industries de la région tant en nature (de l'amidonnerie aux plats cuisinés, de la transformation de fruits aux industries laitières...) qu'en taille. En Grand-Est, on retrouve majoritairement les co-produits issus des sucreries (54 %), des amidonneries (27 %) et du secteur oléoprotéagineux (9 %).

Ces coproduits sont majoritairement valorisés par les élevages du Grand-Est (98,5%) en remplacement de certains aliments comme le tourteau de soja importé. Ils présentent de nombreux intérêts : maintien des performances animales, maîtrise du cout alimentaire, valorisation de l'économie circulaire, limitation de la compétition feed-food. Leur utilisation est aussi en adéquation avec les défis actuels et contraintes de production (réduction de l'empreinte environnementale, lait issu d'animaux nourris sans-OGM...).

Néanmoins, l'enquête menée dans le cadre du projet COPRAME a aussi mis en évidence des freins liés à leur utilisation et notamment à leur stockage. En effet, s'ils sont trop humides et mal stockés (vitesse d'avancement trop faible par exemple), les co-produits sont sujets à des pertes de matière, de valeurs alimentaires, et à des fermentations indésirables entraînant le développement de moisissures (Yelden *et al*, 2011 et Harding *et al*, 2012).

Une méthode de stockage proposant de mélanger tous les aliments de la ration et de les stocker dans un silo unique est proposée en prestation dans le Grand-Est pour éviter ces effets indésirables. En plus de pallier les problèmes de stockage, cette méthode permettrait une augmentation de la production laitière de 4% (Vanham Jean-batiste, 2017), une diminution des émissions de méthane (INRAE, 2020, non publié) et un gain de temps estimé entre 15 et 20 minutes lors de la distribution de la ration (Tirard, 2006).

Ainsi, l'action 2 du projet COPRAME prévoit d'évaluer la réponse des vaches laitières à une ration totale mélangée stockée en silo unique et contenant des co-produits. Dans ce cadre, un essai alimentaire a été réalisé sur la ferme expérimentale de la Bouzule pour évaluer la dynamique des paramètres de conservation des aliments ainsi que celle des performances animales, du temps de travail, de la performance environnementale (émissions de méthane, compétition feed-food, autonomie régionale) permise par l'utilisation de ce type de ration.

II. Matériel et méthode

II.1. Durée de l'essai et dispositif expérimental

L'essai réalisé à la Bouzule a comparé deux rations identiques au niveau de la composition des fourrages, des concentrés et des coproduits. L'essai porte sur 46 vaches en lactation scindées en 2 lots de 23 vaches (primipares et multipares) réparties en blocs complets équilibrés. La différence entre les rations était basée sur la méthode de stockage :

- Le lot témoin (lot T ou multi silo) recevait des aliments stockés dans des silos indépendants (fourrage, coproduits et céréales)
- Le lot expérimental (lot E ou MEL) recevait des aliments stockés dans un silo unique, c'est-à-dire que tous les aliments étaient mélangés dans un seul et même silo. L'essai a duré 12 semaines dont 2 semaines de pré-expérimentation.

II.2. Matériel expérimental

II.2.1. Description du chantier de mélange

La ration totale mélangée utilisée dans cet essai pour le lot E a été confectionnée par le prestataire Pollen un mois avant le début de l'essai. A l'aide d'une remorque mélangeuse de 45 m³, l'entreprise a mélangé les fourrages et céréales de l'exploitation (ensilage d'herbe et de maïs, foin, orge), et les co-produits humides achetés. La ration ainsi mélangée a été stockée dans un silo unique.

II.2.2. Critères d'allotement des animaux

L'allotement est réalisé à partir des critères suivants (cf. tableau 1) et par ordre de priorité :

- Le numéro de lactation : primipare, 2^{ème} vêlage, \geq 3^{ème} vêlage
- La date de vêlage (donc le stade physiologique en début d'essai)
- La production laitière : le lait brut, Taux Butyreux (TB) et Taux Protéique (TP) moyens des semaines précédentes
- Le poids vif

L'affectation des vaches de chaque bloc à un lot est réalisée par tirage au sort de façon que la randomisation des animaux soit réelle.

Tableau 1 : Performances zootechniques moyennes des deux lots

	Lot expérimental (1)	Lot témoin (2)
Effectif	23	23
Primipare	10	11
Multipare	13	12
Stade moyen de lactation (jour)	95	108
Lait brut (kg/j) Primipare	22,33 +/- 2,99	23,2 +/- 3,30
Lait brut (kg/j) Multipare	29,33 +/- 3,95	29,76 +/- 5,84
TP (g/kg) Primipare	33,03 +/- 1,61	32,04 +/- 1,87
TP (g/kg) Multipare	31,94 +/- 1,73	32,13 +/- 2,57
TB (g/kg) Primipare	42,88 +/- 6,29	40,24 +/- 4,35
TB (g/kg) Multipare	42,65 +/- 5,18	42,71 +/- 3,46

Un contrôle laitier effectué durant la période pré-expérimentale a permis de vérifier que la mise en lot avait été correctement réalisée.

II.2.3. Alimentation des animaux

Les fourrages expérimentaux

L'ensilage de maïs utilisé est récolté en 2022 pour les lots T et E. L'ensilage d'herbe (ray grass italien) récolté en 2022 est utilisé simultanément dans les lots T et E.

Les concentrés

Les concentrés sont présentés sous forme de coproduits régionaux achetés. Les coproduits sont livrés mélangés sur la ferme de la Bouzule (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Composition du mélange de coproduits distribués aux deux lots

Composition	% brut	% sec
Drêche Obernai	23,3	13,2
Corn gluten feed	25,0	25,3
Drêche de soja	22,7	10,9
Tourteau de colza	11,7	24,7
Tourteau de colza tanné	7,3	15,5
Soluble de maïs	10,0	10,4

Les rations

Le planning des périodes d'alimentations des deux lots est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3 : Planning des périodes d'alimentation

Périodes	Date début	Date fin	Nombre de semaines
Pré-expérimentation	30/12/2022	12/01/2023	2
Expérimentation	13/01/2023	31/03/2023	10

Les vaches disposaient d'une ration semi-complète renouvelée chaque matin, après la traite des animaux, et repoussée au cours de la journée.

La ration du lot E est distribuée en un temps contrairement à la ration du lot T, constituée en deux temps:

- 1. Pesée des fourrages introduits dans la mélangeuse distributrice,
- 2. Ajout du mélange de co-produits (excepté le concentré distribué au GreenFeed (GF)) et minéraux proportionnellement aux fourrages déjà présents dans la mélangeuse.

Les fourrages sont pesés par la balance intégrée dans la mélangeuse. Les concentrés sont pesés par la balance intégrée à la trémie avant d'être ajoutés aux fourrages dans la mélangeuse. A l'auge, la ration de base est pesée par lot avant la distribution par la balance intégrée au bac de distribution de la mélangeuse.

Les rations pré-expérimentale et expérimentale sont établies de façon à couvrir les besoins des vaches laitières dans le contexte habituellement rencontré à la ferme expérimentale de la Bouzule. L'équilibre recherché est de 100 g PDI/UFL. Les rations expérimentales ont été validées par tous les membres du projet COPRAME sur proposition de la ferme expérimentale de la Bouzule, d'IDELE et du BTPL.

Les rations de pré-expérimentation sont construites pour qu'aucun lot ne soit particulièrement avantageé lors du passage vers sa ration expérimentale. Dans cet essai, la composition des rations étant identique, chaque lot reçoit la ration du lot T (Tableau 4). Les rations de la période expérimentale ont été

constituées de telle sorte que la ration du lot T et la ration du lot E présentent la même concentration énergétique et la même proportion en concentrés.

Tableau 4 : Composition des rations semi-complètes des périodes pré-expérimentale et expérimentale

	Pré-expé	Expérimentation	
		Lot T	Lot E
Quantités consommées (kg MS) pour VL de 650 kg PV			
Ensilage de maïs	8	8	8
Ensilage d'herbe	6,6	6,6	6,6
Foin de graminées	1,34	1,34	1,34
Mélange de coproduits	4,32	4,32	4,32
Orge	1,72	1,72	1,72
AMV 0/28/5	0,15	0,15	0,15
total	22,13	22,13	22,13
Bilan quotidien			
UFL (/j)	19,37	19,37	19,37
PDIN (g/j)	2076	2076	2076
PDIE (g/j)	2053	2053	2053
% concentrés	29%	29%	29%
Densité protéique de la ration			
PDIE / UFL (g)	106	106	106
Lait couvert par la ration (kg)			
UFL	27,3	27,3	27,3
PDIN	30,7	30,7	30,7
PDIE	30,2	30,2	30,2

En complément, le concentré GF dosant 16 % de MAT est du wheatfeed/Milurex et a été distribué individuellement par les Greenfeed pour l'ensemble des VL. La même quantité d'aliment distribué au distributeur automatique de concentré (DAC) a été attribuée aux deux vaches d'un même binôme en début d'essai, et cette quantité est restée fixe tout au long de l'essai.

II.3. Contrôles et analyses

II.3.1. Valeurs alimentaires et de conservation des aliments

Pour les fourrages, une prévision de la valeur des ensilages à la mise en silo est 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 pour l'ensilage de maïs et MS, MM, MAT, CB, MG, P, Ca, digestibilité cellulase de la MS pour l'ensilage d'herbe (Tableau 5).

Les prélèvements sont effectués par les salariés de la ferme expérimentale de La Bouzule et les analyses réalisées par le Laboratoire Agronomique Normand (LANO).

Les valeurs nutritives du mélange de coproduits ont été établis à partir des résultats d'analyse de chacun des coproduits pondéré de leur poids respectif dans le mélange. Les valeurs nutritives de l'orge, du tourteau colza et du tourteau colza tanné ont été établis à partir des tables de référence INRA 2018. Ces valeurs d'analyse ont permis de constituer la ration totale mélangée, elle-même analysée par la suite.

Au cours de l'essai, deux échantillons de chaque ration de base sont réalisés et identifiés, directement après la distribution de la ration sur la table d'alimentation des vaches. L'échantillon est constitué à partir d'un prélèvement de 250 g de la ration de base. Des analyses de conservation sont faites : pH, acide acétique, acide butyrique, acide ammoniacal par le laboratoire LANO.

Tableau 5 : Valeurs alimentaires des fourrages de l'essai

	Ensilage de maïs	Ensilage d'herbe	Ration totale mélangée (E)
MS (%)	36	60	45
MAT (g/kgMS)	69	173	158
CB (g/KgMS)	247	257	210
Amidon	321	/	190
Dégradabilité théorique de l'azote (%)	75	71	
UFL (/kgMs)	0,92	0,98	0,90
PDI	60	86	91
BalProRu	-38	32	13

II.3.2. Les quantités d'aliments consommés

L'ingestion est mesurée par lots et correspond au différentiel entre la pesée de la ration distribuée et la pesée des refus par lot. Les quantités de fourrages et des concentrés distribuées quotidiennement à chaque lot étaient systématiquement pesées par le personnel de la ferme lors de la préparation des rations. Les refus de chacun des lots ont également été pesés chaque jour par le stagiaire. Durant l'essai, un prélèvement a été effectué pour analyser la matière sèche, la matière azotée totale, la cellulose brute et l'amidon des refus des deux lots.

II.3.3. La production laitière et la composition du lait

La quantité de lait brut est mesurée à chaque traite (14 traites par semaine) ; les mesures sont transformées en données hebdomadaires via le logiciel R. Des prélèvements de lait sont réalisés par le contrôle laitier SEENOREST chaque semaine en complément. Le taux butyreux, protéiques, le taux cellulaire et le taux d'urée seront analysés par le laboratoire chaque semaine à partir d'échantillons contenant 50% du lait de la traite du soir et 50% du lait de la traite du lendemain matin, selon le protocole du contrôle laitier. Les analyses de lait ont été effectuées par le laboratoire d'analyses laitières URIANE.

II.3.4. Etat corporel et sanitaire des animaux

La pesée des animaux est prévue une première fois en début d'essai et une deuxième fois en fin d'essai. Tous les événements sanitaires ont été quotidiennement enregistrés.

II.3.5. Dosage de l'amidon dans les bouses

Pour chaque lot, les prélèvements de fèces sont réalisés trois fois durant l'essai, sur la moitié des vaches en essai puis poolés à l'échelle du lot. Pour se faire, les prélèvements réalisés par fouille, à la même heure à chaque sous-période, sont mis dans un gobelet individuel pour chaque vache en veillant à prélever des quantités équivalentes pour chaque animal. L'ensemble des prélèvements individuels sont regroupés par lot, mélangés et homogénéisés. Les analyses chimiques réalisées sont : teneurs en eau résiduelle, fibres Van Soest (NDF, ADF, ADL), amidon enzymatique et MAT. Elles sont réalisées auprès du laboratoire d'analyse d'Idele.

II.3.6. Emissions de méthane

Les émissions de méthane sont mesurées durant tout l'essai à l'aide de deux GreenFeeds (C-Lock, Rapid City) fournis par Idele et installés dans la stabulation des vaches laitières en libre accès. Ces appareils permettent de réaliser des mesures "spot" d'émissions de méthane entérique à différents moments de la journée dans le but de reconstituer par la suite une journée "type". Ils sont composés d'un distributeur automatique d'aliment permettant d'attirer les animaux dans l'appareil et d'un système d'analyse de l'air (analyseurs infrarouges, aspirateur et analyseur de flux d'air) mesurant la quantité de méthane émis par l'animal pendant qu'ils s'alimentent. Ils sont paramétrés pour distribuer jusqu'à 1kg de wheatfeed par vache et par jour en 4 visites maximum. Une durée d'interdiction de 3h entre chaque visite est appliquée pour avoir une bonne répartition des visites des animaux tout au long de la journée. Les deux GreenFeeds sont entretenus selon le plan d'entretien et de contrôle du constructeur. Pour l'analyse, les

données sont rassemblées en périodes. Une période comprend environ 20 données de Greenfeed soit environ 2 semaines.

II.3.7. Temps de confection et distribution de la ration

Le temps de travail journalier a été enregistré sur trois semaines au cours de l'essai. Les tâches suivantes ont été chronométrées : la constitution du mélange complet, la préparation de la ration journalière comprenant le débâche des silos, le chargement de la mélangeuse et le temps de distribution.

II.3.8. Budget partiel

Sur la durée de l'essai, l'impact du changement de mode de stockage est évalué à travers un budget partiel où charges en plus et moins et produits en plus et moins sont estimés.

II.3.9. Compétition feed-food

La compétition feed food des rations testées est évaluée via le logiciel ERADAL qui reprend l'ensemble des aliments consommés par le troupeau laitier ainsi que les produits qui découlent de l'atelier (lait et co-produit viande).

II.4. Traitement des données

Le traitement de données a été réalisé à l'aide du logiciel R, avec l'accompagnement du service Data'Stat de l'IDELE (R Core Team, 2020). Les variables étudiées (lait brut, TB, TP, urée, taux de leucocytes) et d'émissions de CH₄ ont été résumées en calculant leurs moyennes sur la période pré-expérimentale (2 contrôles) et la période expérimentale (10 contrôles) pour chacun des animaux. Les résultats de la production et de la composition du lait, de gain de poids vif et d'émissions de CH₄ des 2 traitements expérimentaux sont traités par analyse de covariance.

III. Résultats

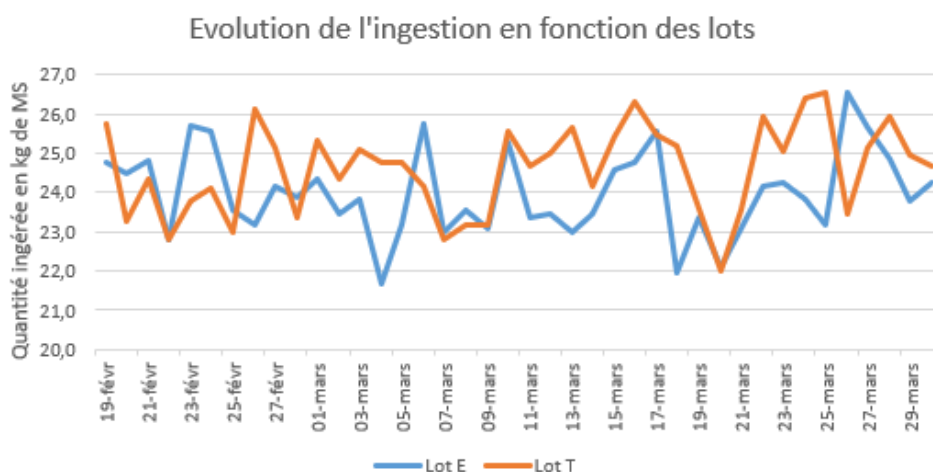
III.1. Evolution des conditions expérimentales

L'analyse de la phase expérimentale a été divisée en deux périodes. Durant la première période d'expérimentation, la ration distribuée a été totalement ingérée par les vaches des lots T et E. Aucun refus n'était observé et le technicien n'a augmenté les quantités qu'à partir du 18 février. L'analyse statistique est donc séparée en deux périodes : la période d'alimentation restreinte du 13 janvier 2023 au 18 février 2023 et la période d'alimentation à volonté du 19 février 2023 au 31 mars 2023.

III.2. Une diminution de l'ingestion pour le lot E

L'ingestion a été estimée par lot et sur la période d'alimentation à volonté. L'ingestion des vaches du lot T est en moyenne de 24,6 kg de MS et de 24 kgMS pour le lot E. Il existe une différence d'ingestion entre les deux lots d'environ 0,6 kg de MS ingéré en moins pour le lot E (t-test, p=0,01). Il existe au niveau de l'ingestion une différence très variable en fonction des lots et du jour comme le montre la figure 1.

Figure 1 : Evolution de l'ingestion des deux lots de vaches pendant l'essai



III.3. Des performances zootechniques équivalentes entre lots

L'évaluation des performances zootechniques des animaux selon le traitement porte sur 2 lots de 23 animaux. Le tableau 6 présente les effets de la ration sur les performances zootechniques des animaux.

Tableau 6 : Valeurs des performances animales moyennes en période pré-expérimentale et expérimentale des deux lots

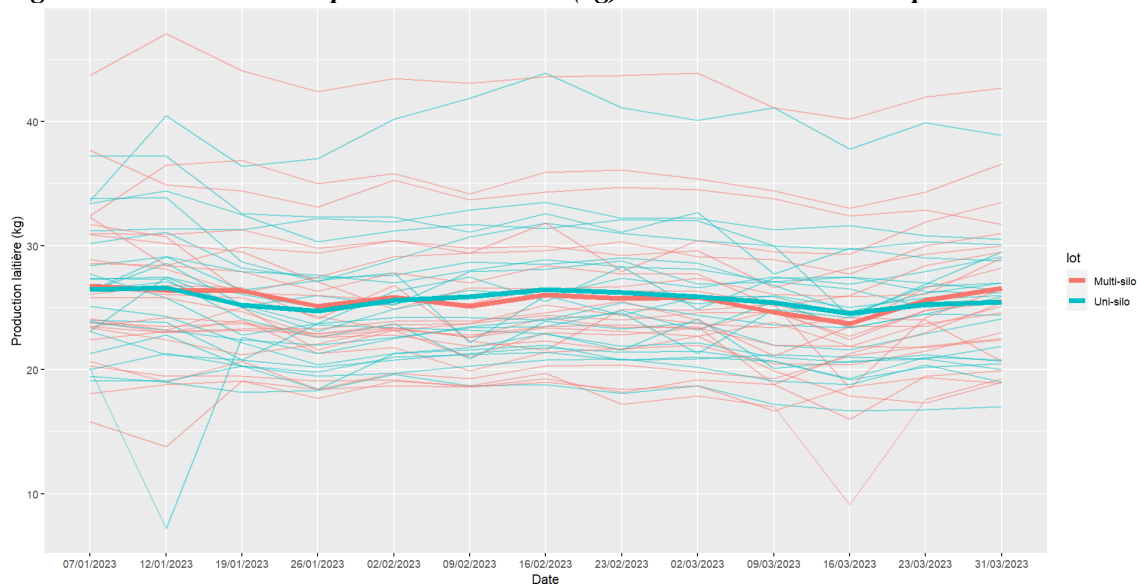
Variable à expliquer	Période d'alimentation	Lot T	Lot E	Différence	pvalue
Performances lactières (kg lait)	Restreinte	25,7 kg +/- 6,06	25,7 kg +/- 5,13	0 kg	0,71
	À volonté	25,3 kg +/- 6,02	25,5 kg +/- 4,90	+0,2 kg	0,92
TB (g/kg lait)	Restreinte	43,8 g/kg +/- 4,73	44,3 g/kg +/- 5,18	+0,5 g/kg	0,49
	À volonté	43,6 g/kg +/- 6,15	44,8 g/kg +/- 5,04	+1,2 g/kg	0,42

TP (g/kg lait)	Restreinte	32,8 g/kg +/- 2,79	32 g/kg +/- 2,43	-0,8 g/kg	1
	À volonté	33,1 g/kg +/- 2,83	33 g/kg +/- 2,38	-0,1 g/kg	0,80
Cellules (log10(milliers/mL))	Restreinte	4,25 +/- 1,09	3,36 /- 0,64	- 0,89	X
	À volonté	4,22 +/- 1,02	3,47 +/- 0,66	- 0,75	X
Urée (mg/L)	Restreinte	197 +/- 39	200 +/- 40	+ 3	X
	À volonté	256 +/- 43	251 +/- 39	-5	X
Émission de méthane (g/j)	Restreinte	392 +/- 58	385 +/- 67	-7 g/j	0,5171
	À volonté	391 +/- 59	420 +/- 54	+29 g/j	0,0176*
Méthane par kg de lait (g/kg de lait)	À volonté	15,3	16,6	1,3 g/kg de lait	0,0112*

III.3.1 Production laitière

Le graphique 2 présente l'évolution de la variable production laitière hebdomadaire issue des compteurs à lait.

Figure 2 : Evolution de la quantité de lait brut (kg) des deux lots de vaches pendant l'essai

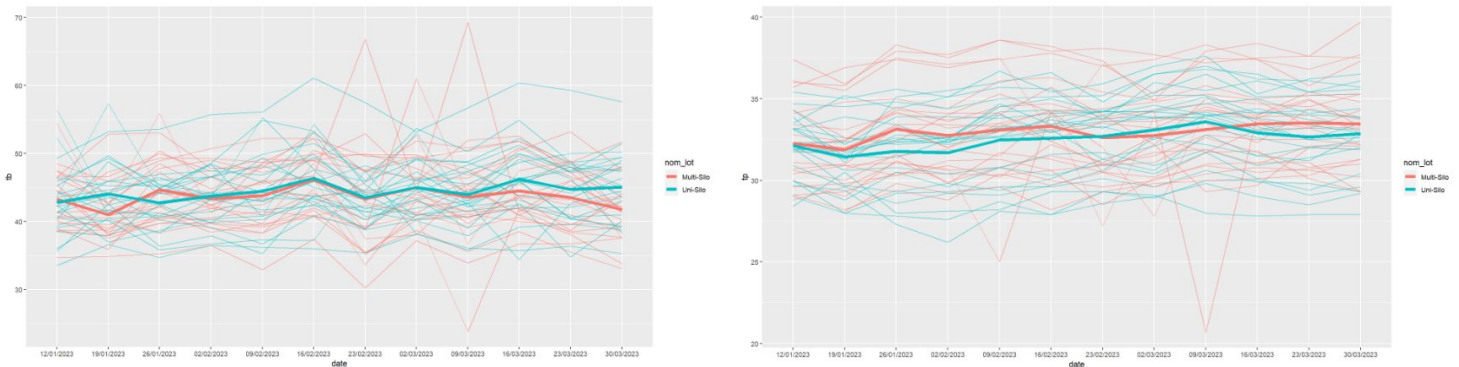


Durant la période d'alimentation restreinte, la production laitière du lot T est de 25,7 (+/-6,06) kg/j contre 25,7 (+/-5,13) kg/j pour le lot E soit une différence de 0 kg. Pour la période d'alimentation à volonté, les moyennes sont 25,3 (+/- 6,02) kg/j pour le T et 25,5 (+/-4,90) kg/j pour le lot E soit une différence de +0,2 kg/j en faveur du lot E. Les données des compteurs à lait indiquent qu'il n'y a pas de différence de production laitière entre le lot T et le lot E que ce soit pour la période alimentation restreinte (p-value = 0,714, student test) ou à volonté (p-value = 0,922, student test).

III.3.2 Taux butyreux et protéique

Les graphiques 3 et 4 présentent l'évolution des variables taux protéique et taux butyreux hebdomadaire.

Figures 3 et 4 : Evolution du TB (à gauche) et TP (à droite) en g/kg des deux lots de vaches pendant l'essai



Le taux butyreux sur la période d'alimentation restreinte, est de 43,8 (+/-4,73) g/kg de lait pour le lot T et de 44,3 (+/-5,18) g/kg de lait pour le lot E soit une différence de +0,5 g/kg en faveur du lot E. Sur la période d'alimentation à volonté, les moyennes sont de 43,6 (+/- 6,15) g/kg pour le lot T et de 44,8 (+/- 5,04) g/kg pour le lot E soit une différence de +1,2 g/kg en faveur du lot E. Les différences sont non significatives pour la période d'alimentation à volonté (p-value = 0,421, student test) et pour la période d'alimentation restreinte (p-value = 0,497, student test).

Le taux protéique lors de la période d'alimentation restreinte est de 32,8 (+/- 2,79) g/kg de lait pour le lot T contre 32 (+/- 2,43) g/kg de lait pour le lot E soit une différence +0,8 g/kg en faveur du lot T. Pour la période d'alimentation à volonté, les moyennes sont 33,1 (+/- 2,83) g/kg pour le lot T et 33 (+/-2,38) g/kg pour le lot E soit une différence de +0,1 g/kg en faveur du lot T. Il n'y a pas de différence significative du taux protéique entre le lot T et le lot E que ce soit sur la période d'alimentation restreinte (p-value = 1, student test) ou à volonté (p-value = 0,799, student test).

III.3.3. Cellules

Pour la période d'alimentation restreinte, la moyenne de cellules est de 4,25 (+/-1,09) log(milliers/mL) pour le lot T et 3,36 (+/-0,64) log(milliers/mL) pour le lot E. Concernant la période d'alimentation volonté, la moyenne de cellules est de 4,22 (+/-1,02) log(milliers/mL) pour le lot T et 3,47 (+/-0,66) log(milliers/mL) pour le lot E. Un test de Student indique que durant la période pré-expérimentale, les deux lots sont différents (p-value = 0,0064). L'analyse du taux de cellules ne peut pas être approfondie par une analyse inférentielle, en effet ce paramètre n'a pas été pris en compte dans les critères d'allotement.

III.3.4. Urée du lait

Pour la période d'alimentation restreinte, la moyenne d'urée est de 197 (+/-39) mg/L pour le lot T et de 200 (+/-40) mg/L pour le lot E. Concernant la période à volonté, la moyenne d'urée est de 256 (+/-43) mg/L pour le lot T et de 251(+/-39) mg/L pour le lot E. Un test de Student indique que durant la période pré-expérimentale les deux lots sont différents (p-value = 0,0044). L'analyse du taux d'urée ne peut pas être approfondie par une analyse inférentielle, ce paramètre n'a pas été pris en compte dans les critères d'allotement.

III.3.5. Etat corporel des animaux

L'état corporel des animaux a peu évolué entre le début et la fin de l'essai. Les vaches du lot T ont perdu en moyenne 6,1 kg et les vaches du lot E ont perdu en moyenne 7,8 kg soit une différence de 1,7 kg. Cette différence n'est pas significative (p-value 0,8199, student test).

III.4. Amidon dans les bouses

L'amidon dans les bouses n'a pas été analysé par contrainte technique.

III.5. Analyse des refus

Les refus montrent des valeurs alimentaires semblables entre lots (38.5 à 40%de MS, 161 à 162g/kgMS de MAT et 148 à 150 g/kgMS d'amidon).

III.6. Les émissions de méthane sont en hausse pour le lot E

Les émissions de méthane (Tableau 6) durant la période d'alimentation restreinte du lot T est de 392 (+/- 57,5) g/j et de 385 (+/-66,7) g/j pour le lot E soit une différence de +7 g/j supplémentaires pour le lot T. Pour la période d'alimentation à volonté, les émissions du lot T atteignent 391 g/j et 420 g/j pour le lot E soit une différence de +29 g/j supplémentaires pour le lot E. La différence n'est pas significative pour la période d'alimentation restreinte (p-value =0,5171, student test) mais elle est significative pour la période d'alimentation à volonté (p-value =0,0176, student test).

Ramenées à l'unité de production, les émissions sont aussi plus élevées pour le lot E : 16,6 g/kg lait contre 15,3 g/kg lait pour le lot T.

III.7. Une conservation équivalente entre les lots

Les valeurs de conservation témoignent d'une forte variabilité sur la durée de l'essai, notamment pour le comptage des spores butyriques (tableau 7). Les paramètres de conservation de la ration totale mélangée sont inférieurs aux références contrairement à l'ensilage d'herbe (valeurs en rouge supérieures aux références).

Tableau 7 : Valeurs de conservation moyennes des rations (en rouge, le dépassement des valeurs de conformité -INRAE)

	pH	Acide acétique (g/kg)	Acide butyrique (g/kg)	Azote ammoniacal/Azote total (%)	Spore (spore/g)
Ration lot T Semaine du 23 janvier 2023	4,23	20,3	0,39	6,33	1500
Ration lot T Semaine du 6 mars 2023	4,19	21,62	1,64	6,86	24000
Ration lot E Semaine du 23 janvier 2023	4,10	25,3	2,32	8,03	1500
Ration lot E Semaine du 6 mars 2023	4	40,5	2,11	10,25	150
Borne d'analyse	[3,7-4,2]	[10-30]	[0-5]	[5-15]	/

L'analyse de conservation (Tableau 7) montre un pH autour de 4 pour les deux rations avec très peu d'évolution. L'acide acétique dans le lot T est situé autour de 20 g/kg alors que le lot E présente une évolution en passant de 25,3 g/kg à 40,5 g/kg. Concernant la quantité de spores butyriques, pour le lot T, la quantité de spores était mauvaise au départ et a continué à augmenter avec le temps. Elle atteint 24 000 spores/g alors que pour le lot E, elle était mauvaise au départ mais elle a diminué avec le temps jusqu'à 150 spores/g.

III.8. Un gain de temps de travail d'astreinte en ration mélangée

Pour 10 semaines d'essai et 23 VL dans chaque lot, la ration expérimentale du lot E a demandé 20h pour la confection du silo unique pour 107 Tonnes brutes de ration totale mélangée (cf. tableau 8).

Le débâchage hebdomadaire des silos est trois fois plus chronophage pour le lot T à l'échelle de l'essai car il y a trois silos à débâcher (herbe, coproduits et maïs) au lieu d'un pour le lot E. La distribution de la ration est aussi plus longue pour le lot T.

Ainsi, le temps passé à la confection du mélange est compensé par le temps gagné lors du débâchage hebdomadaire des silos et de la distribution de la ration. Le lot E permet d'économiser 21h pour la durée de l'essai (13min/jour).

En ne considérant que le temps d'astreinte, le lot E permet d'économiser 41h de temps de travail (débâchage hebdomadaire des silos et distribution de la ration) soit 30min/jour.

Tableau 8 : Temps de travail pour l'alimentation du troupeau entre les deux lots

10 semaines (84 jours) et 23 VL/lot	Lot E (temps en h/j)	Lot témoin (temps en h/j)
Confection du silo de mélange	20 h	
Débâchage des silos et re-bâchage du silo unique lors du chantier de mélange	4h à 2 pers. de débâchage = 8h (la veille du mélange)	
Durée du mélange : appui du prestataire	2h pers. Pour 2h = 4h	
Tassement final et rebâchage	2h à 4 pers. = 8h	
Bâchage du mélange de coproduits POLLEN		2 livraisons/mois x 1h = 6 h
Débâchage hebdomadaire des silos	6 h	20 h
	Silo unique : 30 min /semaine	herbe : 40 min/semaine maïs : 40 min/semaine Mélange de co-produits : 20min/semaine
Distribution des rations	28 h	49 h
	20 min /machine	35 min /machine
Total temps d'astreinte (débâchage et distribution des rations)	34h	75h
Total temps de rationnement	54h	75h

III.9. Un gain économique possible

Comme les résultats précédents l'ont montré, il n'y a pas de variation de la production laitière ni des taux. Dans notre calcul de budget partiel, il n'y a donc pas de produits en plus ni en moins. Au final, l'éleveur en utilisant la méthode de stockage en silo unique peut envisager faire une économie de près 500 € pour 3 mois et 23 VL.

Tableau 9 : Budget partiel

Produits en plus – Charges en moins	Produit en moins – Charges en plus
Produits en plus	Produits en moins
/	/
Charges en moins	Charges en plus
<ul style="list-style-type: none"> Mécanisation et main d'œuvre (astreinte – débâchage et distribution de la ration) : 20,30 €/h * 41 h de travail = 832.30 € Coût d'alimentation réduit (réduction de l'ingestion) : 176.62€ 	<ul style="list-style-type: none"> Prestation de mélangeuse : 3 €/T MB * 106,8 T MB = 320,50 € Mécanisation et main d'œuvre (appui au prestataire) : 40,60 €

	<ul style="list-style-type: none"> • Main d'œuvre pour débâchage et rabâchage du mélange complet : 9,11 €/h * 16 h de travail = 145,76 €
Bilan : 1 008.92 €	Bilan : 506.86€

III.10. Compétition feed-food : 92 % de protéines consommées par le troupeau non consommables par l'homme

Les rations du lot E et T mobilisent 0,5 kg de protéines végétales consommables par l'homme pour produire 1 kg de protéines animales consommables par l'homme. L'efficacité protéique nette de la ration est 1,5. L'efficacité énergétique nette est de 1.

IV. Discussion

IV.1. L'influence de la méthode de stockage sur les paramètres de conservation

L'interprétation des analyses de conservation a été réalisée grâce aux barèmes d'ensilage d'herbe et de maïs provenant d'Arvalis ou de l'INRA (tableau 7). Les analyses de conservation sur le silo unique présentent des résultats dans les fourchettes conseillées pour le pH, l'acide butyrique et l'acide ammoniacal sur l'azote total. Par contre, l'acide acétique la ration du lot E est supérieure aux barèmes (40,5 g/kg > 30 g/kg). Les résultats nous indiquent donc un problème de fermentation et donc d'appétence.

Concernant les spores, pour le lot E, il n'y a pas eu de développement de spores, signe d'un bon ensilage et d'une bonne conservation du mélange. A contrario, le lot T présente une augmentation significative des spores. Un problème de conservation dans les silos est à envisager sur au moins un des trois silos (d'herbe, de maïs ou de coproduit). Or, les prélèvements ont été effectués sur la ration distribuée, nous empêchant d'apprécier la source de contamination. Pour les prochains essais, il serait donc intéressant de réaliser des mesures de conservation par silos.

Il faudrait aussi vérifier ces résultats lors d'un nouvel essai en période estivale où les risques d'échauffement des silos sont plus importants. En effet, l'essai ayant été réalisé sur une courte durée et en période hivernale, l'hypothèse d'une meilleure stabilité de la ration et d'une meilleure conservation permise par une vitesse d'avancement plus élevée n'a pas pu être vérifiée.

IV.2. Pas d'évolution significative des performances zootechniques

L'analyse statistique montre des performances laitières similaires entre le lot témoin et le lot expérimental. Ces résultats nous permettent de dire que dans notre expérience, la méthode de stockage n'a pas eu d'influence sur les performances zootechniques de production laitière, TB et TP. D'autres expériences ont pourtant mis en évidence une augmentation de la production laitière. Ainsi, dans un essai sur la ferme du lycée de Rethel, une augmentation de 4 % a été observée (Vanham, 2017). Un essai conduit par l'INRAE pour l'entreprise Tereos (non publié) confirme également ce résultat en observant une augmentation de la production laitière.

Par ailleurs, notre essai montre un niveau d'ingestion plus faible pour le lot E (-0,6 kg/VL). Les vaches du lot E ingèrent donc moins d'aliments pour une production de lait identique, montrant de ce fait une meilleure efficacité alimentaire. Ce résultat est en accord avec les résultats d'autres essais (Tereos non publié ; Vanham, 2017) qui remarquent une diminution de l'ingestion lors de l'utilisation d'une ration provenant d'un silo unique.

Néanmoins, dans notre essai, la séparation en deux périodes d'alimentation a affecté les résultats finaux du fait d'une réduction du nombre de données utilisables dans le modèle d'analyse inférentielle par rapport au protocole initialement prévu.

IV.3. Une réduction du temps de travail

Même si la confection d'un silo unique demande un temps de travail supplémentaire en amont et de payer une prestation de services pour réaliser le mélange (3-8€/ T brute mélangé) (Vanham, 2017), l'utilisation d'un silo unique pour l'alimentation des vaches laitières permet d'économiser du temps de travail d'astreinte.

Le chantier de mélange représente une surcharge ponctuelle de travail (20h), compensée par une baisse du temps de distribution quotidien. Cette méthode de stockage implique une forte mobilisation de personnel lors du chantier de mélange (débâchage des silos, re-bâchage du mélange) mais une simplification des tâches lors de la distribution. Quotidiennement, l'éleveur n'aura qu'à peser le nombre de rations nécessaires pour nourrir le troupeau sans réaliser une pesée dans chaque silo. Il peut donc être envisagé de faire appel à l'entraide entre éleveurs lors de la réalisation du mélange, comme pour les chantiers d'ensilage tandis que la distribution de la ration, en tant que tâche simplifiée, pourra être déléguée plus facilement en cas d'absence de l'éleveur sur l'exploitation. Pour gagner du temps de travail, le silo de mélange peut être confectionné en même temps que la récolte de maïs pour éviter de

débâcher le silo de maïs. Néanmoins, il faudra s'assurer ensuite de la fermentation de l'ensemble des éléments constituant le silo unique.

L'utilisation d'un silo unique possède un autre avantage dans la distribution de la ration. En effet, les éléments étant tous réunis il est possible d'utiliser une simple désileuse pour distribuer la ration. L'éleveur aura seulement besoin d'investir dans un godet desileur et pas dans une mélangeuse.

IV.4. Un impact environnemental et social encore flou

Durant la période d'alimentation à volonté, le lot E émet plus de méthane que le lot T. Le niveau d'émissions moyen du lot E est supérieur de 7% au lot T (en g/j) et de +8% (en g/kg lait). Le mode de stockage en silo unique provoque donc une augmentation des émissions de méthane chez les vaches laitières contrairement à l'essai conduit par INRAE et Tereos où les émissions (g/kg lait) sont réduites de 8% (non publié). Or, la composition en co-produits était différente entre les deux essais.

Au niveau de la compétition feed-food, les rations du lot E et T permettent de consommer plus de protéines non consommables par l'homme (92%) que par rapport à la moyenne nationale (89%) (Rouillé et al., 2019).

V. Conclusion

L'étude menée dans le cadre du projet COPRAME visait à évaluer les performances techniques, économiques et environnementales de l'incorporation de coproduits dans la ration des vaches laitières ainsi qu'étudier leur mode de conservation (seul ou associés à de l'ensilage de maïs et d'herbe).

La technique de mélange n'a pas d'incidence sur les performances laitières des VL malgré une baisse d'ingestion des VL recevant le mélange complet. D'un point de vue environnemental, la ration mélangée semble provoquer des émissions de méthane plus élevées. Toutefois, une analyse plus approfondie prenant en compte l'ensemble du cycle de vie des coproduits pourrait révéler des impacts environnementaux plus complexes, notamment en ce qui concerne les émissions de CO₂ liées au transport et la production des matières premières.

Économiquement, l'utilisation de coproduits dans la ration a été avantageuse du fait du gain de temps de travail. La ration totale mélangée avec co-produits permet donc de gagner en temps de distribution de la ration chaque jour, de réduire les charges de mécanisation (délégation du chantier de mélange à une entreprise extérieure puis un godet désileur suffit à distribuer la ration) et d'assurer une régularité dans la composition de la ration.

Pour finir, le silo unique offre la possibilité de stocker des coproduits locaux qui, pour certains, se conservent difficilement seul et favorise donc la diminution de la compétition feed/food en misant sur l'économie circulaire et la relocalisation de la production des aliments d'élevage.

Références :

Agreste, 2021. Recensement agricole 2020. Une agriculture régionale relativement préservée malgré la poursuite de la baisse démographique, n°6. Disponible sur : https://www.prefectures-regions.gouv.fr/grand-est/content/download/90552/580635/file/2021-06-etudes%20RA_grand-est_vf.pdf [consulté le 13/04/2023]

Agribalyse, 2022. Alimentation animale. Base de données agribalyse version 3.1 partie alimentation animale. Disponible sur le site : <https://data.ademe.fr/datasets/agribalyse-31-detail-par-ingredient> [consulté le 08/08/2023]

ARPEEGE, 2022. Du champ à l'auge : quels leviers pour plus d'autonomie protéique et énergétique en Grand Est. Disponible sur le site : https://ardennes.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Grand-Est/049_Inst-Acal/RUBR-productions-agricoles/ARPEEGE/Nuancier_ARPEEGE_compressed.pdf [consulté le 13/04/2023]

Bachelet A., 2022. Décarbonation de l'élevage 8% d'émission de méthane en moins avec la solution Pulp'mix d'après l'INRAE, Web-agri. Disponible sur le site : https://www.web-agri.fr/coproduits/article/210090/8-pourcents-d-emission-de-methane-en-moins-avec-la-solution-pulp-mix-selon-l-inrae?utm_source=dlvr.it&utm_medium=facebook [consulté le 13/04/2023]

Beever, D.E., Sutton, J.D., Thomson, D.J., Napper, D.J. and Gale, D.L., 1988. Comparison of molassed and unmolassed sugar beet feed and barley as energy supplements on nutrient digestion and supply in silage fed cows. *Animal Production*, 46, p.490.

Begin E., Hostiou N., Jacquot A-L., 2022. Fiche 2- Conditions de travail et temps libre dans les grandes exploitations laitières. Idele. Disponible sur le site : https://idele.fr/orgue/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F4cfd6123-c2d6-4130-b13b-668b96248a0e&cHash=62660e6099492cbb0d8e4e2baff95b95 [consulté le 22/08/2023]

Berchoux A., Renaud B., Lannuzel K., 2021. Gisement et valorisations des coproduits des entreprises agroalimentaires, rapport d'enquête. Disponible sur le site : <https://www.iaa-lorraine.fr/wp-content/uploads/2021/11/202111-COPRAME-Rapport-enquete-Coproduits.pdf>

Berthiaume R., Baillargeon J., 2013. Les sept règles d'or pour réussir un ensilage de qualité. Le producteur de lait québécois. Disponible sur le site : https://www.agrireseau.net/bovinslaitiers/documents/valacta_lplq_2013-05_Les%20sept%20r%C3%A8gles%20d'or%20pour%20r%C3%A9ussir%20un%20ensilage%20de%20qualit%C3%A9.pdf [consulté le 10/08/2023]

Boschiero B., 2017. Chiffres clés, Chambre d'agriculture Grand-Est, études économiques. Disponible sur le site https://moselle.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Grand-Est/049_Inst-Acal/RUBR-chambre/4_pages_GrandEst_fevrier_2017.pdf [consulté le 13/04/2023]

Bourgeois S., 2016. Pulpes et coproduits locaux dans un silo unique. Réussir bovins viande. Disponible sur le site : <https://www.reussir.fr/bovins-viande/pulpes-et-coproduits-locaux-dans-un-silo-unique> [consulté le 13/04/2023]

Chapoutot P., Tran G., Heuze V., Berchoux A., Rouille B., Sauvart D., 2022. Optim'Al v2, un outil d'optimisation alliant « économie » et « autonomie protéique » pour le calcul des rations des vaches laitières selon le système INRA 2018. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants.

Clarke S., Hilborn D., 2018. Fiche technique : bien gérer les effluents d'ensilage. Disponible sur le site : <https://docplayer.fr/115819334-Bien-gerer-les-effluents-d-ensilage-s-clarke-ing-et-d-hilborn-ing.html> [consulté le 13/04/2023]

Clinquart A., Micol D., Brundseaux C., Dufrasne I., Istasse L., 1995. Utilisation des matières grasses chez les bovins à l'engraissement. *Productions Animales*, 8 (1), p.29-42.

Delisle C., Bignon E., 2017. De la betterave ensilée pour les bovins, Réussir bovin viande. Disponible sur le site : <https://www.reussir.fr/bovins-viande/de-la-betterave-ensilee-pour-les-bovins> [consulté le 17/03/2023]

Doreau M., Martin C., Eugène M., Popova M., Morgavi D-P., 2011. Levier d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants, *INRA Production Animal*, 24, p.461-474.

Duynie Feed, Nettoyage du silo. Disponible sur le site : <https://www.duynie.com/fr-BE/services/abonnement-silo/nettoyage-du-silo/> [consulté le 13/04/2023]

Gautier L. Bore R., Rouille B., 2022. Test d'un protocole d'estimation du méthane entérique, avec le Laser Methane Detector, pour des vaches laitières au pâturage. *Rencontre Recherche Ruminants*, 26, p.293-296

Golecky J., 2004. Using draff in nutrition of grazed dairy cows. *Land Use System in Grassland Dominated Regions*, p1083. Disponible sur le site : https://www.europeangrassland.org/fileadmin/documents/Infos/Printed_Matter/Proceedings/EGF2004_GSE_vol9.pdf

Groupe Economie du Bétail, 2023. Le revenu des exploitations Bovins lait 2022. Idèle. PowerPoint. Diaporama disponible sur le site : <https://idele.fr/detail-article/le-revenu-des-exploitations-bovins-lait-2022> [consulté le 22/08/2023]

Harding J., Cornelius J., Rolfe K., Shreck A., Erickson G., Klopfenstein T., 2012. Effect of storage method on nutrient composition and dry matter loss of wet distillers grains, *Nebraska Beef cattle report*, p.60. Disponible sur le site : <https://beef.unl.edu/7d2edbcc-d53f-44ee-850f-0dbd95a01eca.pdf>

INRAE, CIRAD, AFZ, 2023. Composition et valeurs nutritionnelles des matières premières pour bovins, ovins, caprins, porcs, volailles, chevaux, lapins et salmonidés. Disponible sur le site : <https://feedtables.com/fr> [consulté le 23/08/2023]

Interbev, 2018. Atlas grand-Est de l'élevage herbivore. Disponible sur le site : <https://www.la-viande.fr/sites/default/files/article/telechargements/fichiers/Atlas%20Grand-Est.pdf> [consulté le 13/04/2023]

Josie A., Darrell R., Rick J., Galen E., 2008. Economics associated with the storage of ethanol co-products for the purpose of inclusion in cattle rations, *University of Nebraska Lincoln*. Disponible sur le site : <https://beef.unl.edu/d92e2859-8abe-4256-a91c-400430a95483.pdf>

La France Agricole, 2007. Bien-être animal, hebdomadaire n°3169, p36-37. Disponible sur le site : <http://www.pollendirect.fr/presse/documents/7-doc.pdf> [consulté le 13/04/2023].

Laisse S., Baumont R., Dusart L., Gaudré D., Rouille B., Benoit M., Veysset P., Remond D., Peyraud J-L., 2018. L'efficacité nette de conversion des aliments par les animaux d'élevage : une nouvelle approche pour évaluer la contribution de l'élevage à l'alimentation humaine. *INRA Production Animale*, 31, p.269-288.

La-région-GrandEst, 2022. Panorama des filières agricoles, agroalimentaire et forestières. Disponible sur le site : <https://www.grandest.fr/wp-content/uploads/2022/09/6027-plaqu-panorama-agri-2022-logo-bd.pdf> [consulté le 13/04/2023]

Magaron, 2023. Drêche de Brasserie. Fiche produit. Disponible sur le site: <https://www.margaron.fr/alimentation-animale/dreche-de-brasserie> [consulté le 23/08/2023]

Maiga H. A., Bauer M. L., Dahlen C. R. Badaruddin M., Scholljegerdes E. J., 2011. Mustard bran in lactating dairy cow diets. American Dairy Science Association, 94, p.3054-3062

Martin C., Morgavi D., Doreau M-M., Jouany J-P., 2006. Comment réduire la production de méthane chez les ruminants ? Fourrages, 187, p.283-300.

Martin C., Boré R., Rouille B., 2021. Emission de méthane entérique comment les réduire ? Conférence Grand Angle Lait. Disponible sur le site : https://idele.fr/fileadmin/user_upload/GAL2021_Emissions_de_methane_comment_les_reduire_vf.pdf [consulté le 22/08/2023]

McGinn S-M., Chung Y-H., Beauchemin K-A., Iwaasa A-D., Grainger C., 2009. Use of corn distillers' dried grains to reduce enteric methane loss from beef cattle. Canadian Journal of Animal Science, 89, p.409-413.

Mijanur Rahman M., Mat K., Ishigaki G., Akashi R., 2021. A review of okara (soybean curd residue) utilization as animal feed : Nutritive value and animal performance aspects. Animal science Journal. Disponible sur le site : <http://myscholar.umk.edu.my/bitstream/123456789/2054/1/A%20review%20of%20okara%20%28soybean%20curd%20residue%29%20utilization%20as%20animal%20feed%20Nutritive%20value%20and%20animal%20performance%20aspects..pdf>

Morel d'Arleux F., Le Liboux P., Besancenot J-M., Galloo J-B., 1996. Utilisation de pulpe de betterave surpressé par les vaches laitières, Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants, 3, p.111

Moreau R., Grenier E., Quéméré P., Willequet F., 1994. Influence de taux croissant d'incorporation de CORAMI en association à une « purée » de pomme de terre sur les performances zootechniques du porc charcutier. Journées de la recherche porcine, p.221-226.

Peucelle A., 2022. Des coproduits de plus en plus convoités. Web-agri. Disponible sur le site : <https://www.web-agri.fr/coproduits/article/207109/valorisation-des-coproduits-de-l-industrie-agroalimentaire> [consulté le 06/08/2023]

Radutza D., Willequet F., Maafa M., 1998. Qualité sanitaire des co-produits utilisés dans l'alimentation porcine : cas de la « purée-pelure » issue de la transformation de la pomme de terre. Journées recherche porcine en France, 30, p.259-264.

Réséda, 2017. Rapport inti'enquête, gisements et valorisations des coproduits des industries agroalimentaire.

Réséda, 2019. Rapport d'enquête, gisements et valorisation des coproduits des entreprises agroalimentaires.

Rouille B., Lamy J-M., Tissier L., Coulomier D., 2011. Utilisation de drêche de distillerie de blé dans l'alimentation des vaches laitières, Rencontre autour des recherches sur les Ruminants, 18, p.132

Santana R. A. V., Brito A. F., Moura D. C., Galvão J. G. B., Barbosa F. A., Oliveira A. S., Pereira A. B. D., Reis S. F., Souza I. A., Juntwait K. A., 2016. Okara meal can completely replace soybean meal in diets of early to mid lactation dairy cow. Journal of Animal Science, 94, P.683.

Schmidely P., Lapiere O., Tristant D., 2004. Substitution totale du tourteau de soja par du tourteau de colza pour des vaches laitières hautes productrices, Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 11, p.274.

Schoy D., 2018. Un atout alimentaire et financier dont les volumes ne cessent de croître. Web-agri. Disponible sur le site : <https://www.web-agri.fr/coproduits/article/134812/les-volumes-de-coproduits-ne-cessent-de-croitre> [consulté le 26/04/2023]

Tirard S., 2006. Deux expériences des éleveurs du réseau être : moins de 30 minutes par jour pour alimenter le troupeau, Chambres d'agriculture de Bretagne, Cap-élevage, N°9. Disponible sur le site : [https://www.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/08317/\\$File/2%20exp%C3%A9riences%20des%20%C3%A9leveurs%20du%20r%C3%A9seau%20Etre%20-%20Moins%20de%2030%20mn%20par%20jour%20pour%20alimenter%20le%20troupeau.pdf?OpenElement](https://www.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/08317/$File/2%20exp%C3%A9riences%20des%20%C3%A9leveurs%20du%20r%C3%A9seau%20Etre%20-%20Moins%20de%2030%20mn%20par%20jour%20pour%20alimenter%20le%20troupeau.pdf?OpenElement) [consulté le 13/04/2023]

Uijtewaal. A., 2019. Comment diagnostiquer rapidement l'état de conservation de l'ensilage. Arvalis. Disponible sur le site : <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/un-diagnostic-rapide-de-letat-de-conservation-de-lensilage-de-mais> [consulté le 21/08/2023]

University of Nebraska , 2011a. Storage methods for Ethanol Co-products -Spoilage and loss considerations. Series of video Disponible sur le site : <https://www.sare.org/resources/storage-methods-for-ethanol-co-products/> [consulté le 13/04/2023].

University of Nebraska , 2011b. Storage methods for Ethanol Co-products - Mixing with forages. Series of video Disponible sur le site : <https://www.sare.org/resources/storage-methods-for-ethanol-co-products/> [consulté le 13/04/2023].

Vanham J-B., 2017. Incidences technico-économiques de la mise en place du système ration mélangée pour l'alimentation des vaches laitières. Etude économique.

Vergonjeanne R., 2012. Calculez votre prix d'intérêt. Web-agri. Disponible sur le site : <https://www.web-agri.fr/conduite-elevage/article/83820/calculez-votre-prix-d-interet> [consulté le 15/05/2023]

Vergonjeanne R., 2013. Patrice Gerardin a testé le mélange au silo de maïs. Web-agri. Disponible sur le site : <https://www.web-agri.fr/conduite-elevage/article/89804/patrice-gerardin-a-teste-le-melange-au-silo-de-mais> [consulté le 13/04/2023]

Yelden J., Buckner C., Rolfé K., Christensen D., Klopfenstein T., Erickson G., 2011. Nutrient composition of spoiled and non-spoiled wet byproducts mixed and stored with straw, Nebraska beef cattle report. Disponible sur le site : <https://beef.unl.edu/b20e9ae7-6ca6-4a01-8ada-013e2f598543.pdf>

Collection
Résultats

Edité par :
l'Institut de l'Élevage

149 rue de Bercy
75595 Paris Cedex 12
www.idele.fr
Décembre 2024

Dépôt légal :

1er trimestre 2025
© Tous droits réservés
à l'Institut de l'Élevage
Réf. 0025 302 001
ISSN 1773-4738



Approche zootechnique, économique et environnementale de l'utilisation de coproduits en mélange dans l'alimentation des vaches laitières

Résultat d'essai à la ferme expérimentale de la Bouzule (54) - Hiver 2022-2023

Le projet COPRAME a recensé au moins 2,4 millions de tonnes brutes de coproduits produits disponibles chaque année en Grand Est, valorisés à 98,5% en alimentation animale. Néanmoins, certains freins interrogent les éleveurs dont la difficulté de stockage de certains coproduits humides. Pour y faire face, outre de stocker les co-produits humides associés aux concentrés secs (correcteur, céréales) dans un seul et même silo, certaines exploitations vont plus loin en les associant aux fourrages de l'exploitation afin de n'avoir qu'un seul silo à gérer et ainsi, assurer de bonnes performances animales, maîtriser le cout alimentaire et réduire le temps de travail. Un essai a eu lieu sur la ferme expérimentale de la Bouzule (54) pour évaluer les intérêts de ce type de ration.

L'essai a porté sur 46 vaches laitières de race Holstein scindées en 2 lots de 23 vaches réparties en blocs complets équilibrés recevant chacun une ration constituée des mêmes aliments mais stockés différemment : le lot témoin (T) a reçu une ration composée d'ensilage de maïs, d'ensilage d'herbe, de céréales autoproduites et d'un mélange de co-produits humides stockés dans des silos indépendants. Le lot essai (E) a reçu la ration avec l'ensemble des aliments stockés dans un silo unique. La période expérimentale a duré 10 semaines. Les résultats montrent que l'utilisation d'un silo unique permet de maintenir les performances zootechniques des animaux tout en diminuant l'ingestion, de réaliser un gain de temps de travail de 30 minutes/jour mais en contrepartie augmente les émissions de méthane des vaches laitières de 7,8%. Le silo unique semble être une méthode apportant des gains intéressants à l'éleveur en lui permettant de conserver les coproduits plus facilement.

Avec le soutien financier :

Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE
Liberté Qualité Proximité

Contact :

alice.berchoux@idele.fr
mathilde.jouffroy@idele.fr

Février 2025

Réf. 00 25 302 001

ISSN 1773-4738

www.idele.fr

