



Interreg
France (Channel
Manche) England
Fonds européen de développement régional



Rapport d'étude

*Essai analytique sur le régime des vaches laitières
à la ferme de Trévarez (Finistère) et à Future Farm (Cornouailles
britanniques)*



Mars 2023



Document co-rédigé par Louise Rouxel, Elodie Tranvoiz et Claire Vételé (Chambre d'agriculture de Bretagne) et Paul Ward (Duchy College)

Table des matières

Rappel des objectifs	3
Exposé des motifs	3
1. Expérimentation dans le Finistère	4
Questions posées	5
Rappel de la méthodologie	6
Ration alimentaire testée et déroulement de l'expérimentation	6
Analyses et suivis réalisés	7
Outils de mesures des émissions de GES	8
Analyses technico-économiques.....	10
Résultats et discussion.....	11
Ingestions	11
Production laitière	16
Qualité du lait.....	19
Poids et notes d'état corporel (NEC).....	22
Emissions de méthane entérique	22
Bilans carbone	23
Conclusion générale et perspectives	25
Annexe 1 : Protocole année 1.....	27
Matériel et méthodes	27
Mesures et analyses, gestion des données.....	32
Annexe 2 : Protocole année 2.....	40
Matériel et méthodes	40
Mesures et analyses, gestion des données.....	44
Annexe 3 : Résultats des CAP2ER des rations.....	50
2. Expérimentations en Cornouailles	58
Introduction	58
Contexte.....	58
Méthodologie.....	63
Résultats.....	68
Production et qualité du lait	68
Nombre de cellules somatiques.....	69
Notation de l'état corporel	70
Émissions de méthane entérique	70
Récupération des émissions fugitives de méthane (Trenance)	70
Conclusions	71

Rappel des objectifs

Exposé des motifs

Des systèmes laitiers productifs et respectueux de l'environnement

La prise en compte des préoccupations environnementales en élevage herbivore est un enjeu stratégique majeur. Cet enjeu doit concilier à la fois des objectifs de production compatibles avec la notion de produits de qualité tout en respectant l'environnement.

Depuis plusieurs années, des travaux sont conduits en France et à l'étranger pour apprécier la contribution de l'élevage bovin aux émissions de gaz à effet de serre (Dollé et al., 2011). Ils permettent l'identification des différents postes d'émission par ordre d'importance : le méthane entérique (40 à 50 %), le méthane et le protoxyde d'azote liés à la gestion des déjections (20 %), le protoxyde d'azote associé à la gestion de l'azote (10 à 15 %), le gaz carbonique des consommations d'énergie directe et indirecte (20 %).

En 2013, la FAO (Gerber et al., 2013) a montré l'existence d'un potentiel réel de réduction des émissions de GES. Dans les élevages bovins, quelques 40 à 50 leviers ou pratiques ont été identifiés comme ayant un intérêt pour la réduction des émissions de GES, notamment :

- **Réduction des émissions de dioxyde de carbone liées aux intrants sur les élevages (engrais minéraux, concentrés, ...)** par l'augmentation de l'autonomie protéique, l'achat d'aliments à faible empreinte carbone (non liés à la déforestation, entraînant du déstockage de carbone), l'optimisation de la valorisation de l'herbe et des légumineuses pour produire du lait.
- **Réduction des émissions de protoxyde d'azote par le moindre recours aux engrais** minéraux de synthèse, l'introduction de légumineuses dans les assolements, la réduction des rejets azotés par le bon ajustement entre les apports protéiques et les besoins des animaux, ou l'amélioration de l'efficacité de l'azote des engrais organiques.

Objectifs poursuivis pour le projet ABCD

L'essai décrit ici s'insère dans le test de leviers techniques pour réduire l'empreinte Carbone du système laitier en agriculture conventionnelle de la station de Trévarez. Il s'intègre dans un projet Interreg France-Channel-Manche-Angleterre. Le secteur agricole, qui revêt une importance significative dans l'espace de la Manche, émet 23 % des gaz à effet de serre en Cornouailles et 32 % dans le Finistère. Dans le cadre de l'urgence climatique, ces régions aspirent à devenir des territoires neutres en carbone et la réduction des émissions de carbone dans l'industrie laitière devient donc une priorité absolue.

Agriculture Bas Carbone for Dairy farms (ABCD) vise ainsi à réduire l'empreinte carbone dans l'industrie laitière, très présente dans l'espace de la Manche.

1. Expérimentation dans le Finistère

L'expérimentation menée dans le Finistère à la ferme de Trévarez portera sur des troupeaux en agriculture conventionnelle, avec changement d'un facteur alimentaire dans l'objectif de diminuer les émissions de méthane en conservant la rentabilité économique. Cette expérimentation s'intéresse à la réduction des émissions indirectes de GES par le moindre recours aux concentrés alimentaires protéiques. Il s'agira d'évaluer l'intérêt de l'ensilage de maïs épi dans une ration à base d'ensilage d'herbe pour diminuer l'apport de correcteur azoté.

Renforcer l'autonomie protéique :

Cette stratégie alimentaire est favorable à l'optimisation de l'autonomie alimentaire et plus généralement du système et peut être une réponse partielle à une évolution du type « lait sans OGM ». L'enjeu est également économique au regard des économies en complémentation azotée permise par cette stratégie dans un contexte où ces systèmes présentent une forte sensibilité aux aléas des marchés auxquels les tourteaux sont très sensibles.

Aussi, l'expérimentation proposée ici vise-t-elle à étudier la réponse animale d'un troupeau laitier dont la ration classique à base d'ensilage de maïs + correcteur azoté acheté est remplacée par une ration plus autonome à base d'ensilage d'herbe de qualité + ensilage de maïs épi.

Intérêt de l'ensilage de maïs épi

Dans le contexte climatique de Trévarez, il n'est pas possible d'autoproduire de concentré azoté (de type oléo-protéagineux riche en MAT). Pour produire une source azotée « autonome », on doit se reposer en hiver sur des récoltes d'herbe à base de RGA, RGH, Trèfle blanc et Trèfle Violet fauchés à un stade précoce pour optimiser leur ingestibilité et leurs valeurs nutritives. Ils peuvent alors constituer la base de la ration distribuée. Toutefois, une ration à base d'ensilage d'herbe (EH), même précoce, reste limitée en apport d'UFL : il est donc intéressant de tester l'effet d'un apport complémentaire d'un aliment correctement pourvu en énergie. Le maïs pouvant être récolté sous deux formes, ensilage plante entière ou ensilage des épis, il peut être intéressant de comparer ces deux options qui impactent à la fois la valeur de l'aliment récolté (en énergie et en azote), les quantités de ration ingérées, mais aussi les surfaces à mettre en œuvre pour stocker les mêmes quantités totales d'UFL (ou à surfaces fixes, les quantités totales d'UFL récoltées pour nourrir le troupeau, cf tableau 1). L'apport de maïs épi est fréquemment rencontré dans les systèmes en agrobiologie ou herbagers qui disposent d'assez de surface pour récolter le maïs sous cette forme (une partie des UFL produites par la plante restant « au champ ») : l'objectif est de concentrer ces rations en énergie (Arvalis, 2020).

Tableau 1 : quantités d'UFL et PDI produites par ha selon le mode de récolte du maïs (valeurs INRA 2007)

	Hypothèse de rendement t MS/ha	UFL kg/ha	PDIN kg/ha	PDIE kg/ha	Surface nécessaire pour nourrir 60 VL pendant 3 mois à 5 kg MS/VL/j
Ensilage de maïs	9	8190	378	603	3 ha
Maïs Grain Humide	4,8	5860	305	465	5,7 ha
Ensilage de maïs épi	55 à 65% de l'ensilage = 5 à 5,8	5800	329	529	5 ha

Il est donc proposé de tester durant les hivers 2021/2022 et 2022/2023 la possibilité de réaliser une ration plus « autonome » et moins dépendante de l'achat de concentré azoté en comparant la ration hivernale type du troupeau Bas Carbone de Trévarez (ensilage de maïs à volonté + 4 kg MS d'EH précoce + 4 kg colza environ) avec une ration « ensilage d'herbe précoce à volonté + 5 kg MS d'ensilage de maïs épi + 1 kg de colza ».

Références :

Arvalis Info, 2020. Comment récolter et valoriser l'ensilage de maïs épi ? Paru le 17/9/2020. Disponible en ligne sur <https://www.arvalis-infos.fr>

Devun J., Brunshwig P., Guinot C. (2012) : Alimentation des bovins. Rations moyennes et autonomie alimentaire. Compte rendu final 00 12 39 005, Collection Résultats, Institut de l'Élevage, Paris, 45 p.

Dollé, J.-B., Agabriel, J., Peyraud, J.-L., Favardin, P., Manneville, V., Raison, C., Gac, A., Le Gall, A., 2011. Les gaz à effet de serre en élevage bovin : évaluation et leviers d'action. INRA Productions Animales 24 (5), 415–432.

Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A.; Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

INRA, 2010. Alimentation des bovins, ovins, caprins. Editions Quae, 312 p.

Questions posées

- Quelles sont les conséquences sur l'ingestion des vaches et leur production laitière (lait, taux) du remplacement d'une ration hivernale classique à base de 2/3 d'ensilage de maïs et 1/3 d'ensilage d'herbe par une ration à base d'ensilage d'herbe + 5 kg de MS d'ensilage de maïs épi ?
- Quelle économie de correcteur azoté est ainsi permise ? Quelle conséquence sur l'autonomie azotée ?
- Quels sont les impacts économiques (coût alimentaire et marge sur coût alimentaire) ?
- Quels sont les effets sur la productivité des surfaces et les émissions de CH4 par les animaux ?

Rappel de la méthodologie

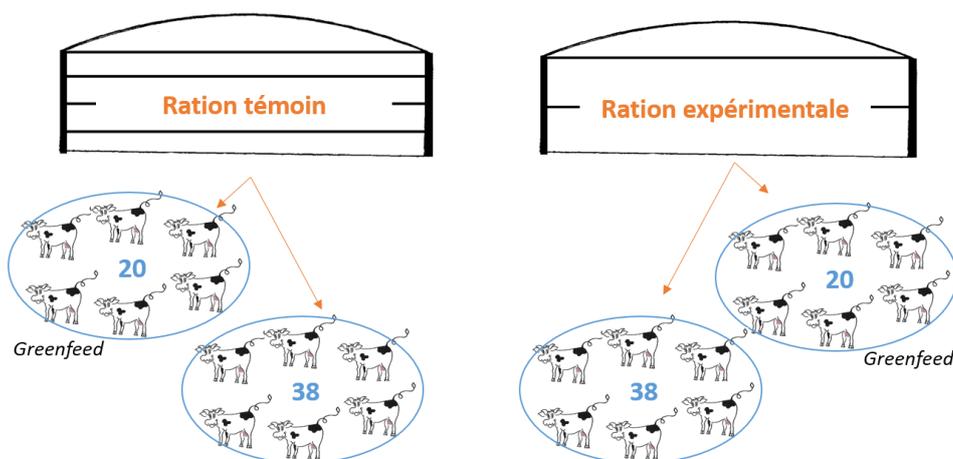
Ration alimentaire testée et déroulement de l'expérimentation

L'expérimentation portera sur l'essai d'une ration à base d'ensilage d'herbe à volonté et de 5 kg de maïs épi, comparée à une ration à base d'ensilage de maïs à volonté et de 4 kg d'ensilage d'herbe :

Lots	Témoin	Expé
Maïs fourrage	A volonté	/
Ensilage d'herbe	4 kg	A volonté
Maïs épi	/	5 kg
Colza	260 g / kg de maïs*	1 kg (Greenfeed)

* La quantité est ajustée en fonction des résultats d'analyses de fourrages

Pour l'essai hivernal 2021-2022, l'expérimentation mobilisera 116 vaches :



Quatre lots vont être constitués afin de pouvoir faire des mesures des émissions de méthane à l'aide de Greenfeed.

Les deux lots de 20 vaches sont issus du groupe vêlage d'automne et comportent 30% de primipares.

Les deux autres lots sont composées de 20 vaches issues du groupe vêlage d'automne qui resteront jusqu'à la fin de l'essai, et 18 vaches issues du groupe vêlage de printemps qui seront progressivement tarées.

Pour l'essai hivernal 2022-2023, l'expérimentation mobilisera 80 vaches réparties en deux lots équilibrés de 40 vaches.

Analyses et suivis réalisés

Production et qualité du lait

Les enregistrements de la production laitière sont biquotidiens grâce aux compteurs à lait.

En dehors des expérimentations, des échantillons individuels sont collectés à l'occasion d'une traite du matin et d'une traite du soir chaque semaine pour mesurer la matière grasse, la matière protéique ainsi que les cellules. Pendant l'expérimentation, ces collectes seront réalisées sur quatre traites chaque semaine, et l'urée sera mesurée une fois par semaine.

Poids et état des animaux

Le poids et l'état des vaches sont notés en début et en fin d'essai, ainsi qu'une fois par mois. Ils sont également notés le jour de la réforme si elle intervient en cours d'essai, et le jour du départ à l'abattoir.

Événements sanitaires et de reproduction

Tous les événements sanitaires (symptômes, maladies, traitements) et de reproduction seront enregistrés, notamment les mammites et boiteries.

Analyses alimentaires

Les analyses quantitatives réalisées sont les suivantes :

- pesée des quantités distribuées tous les jours et des refus 3 fois par semaine ;
- détermination de la matière sèche des ensilages distribués 1 fois par semaine ;
- détermination de la matière sèche des refus lors de leur pesée.

Les analyses qualitatives réalisées 2 fois par mois en période expérimentale (1 fois/mois sinon) :

- Analyses fourragères : matière sèche (MS), matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT), amidon (maïs), P, Ca, K, digestibilité enzymatique ;
- Analyses de conservation: pH, N-NH₃, N sol, C₂, C₃, C₄, alcools (estimation des produits de fermentation), analyse des teneurs en spores butyriques
- Refus : matière sèche (MS), matières minérales (MM), cellulose brut (CB), matières azotées totales (MAT).
- Colza : matière sèche (MS), matières minérales (MM), cellulose brut (CB), matières azotées totales (MAT), matières grasses (MG), P, Ca, K, N dégradable (méthode Aufrère). Analyse à chaque livraison.

Les valeurs calculées issues de ces analyses de fourrages sont :

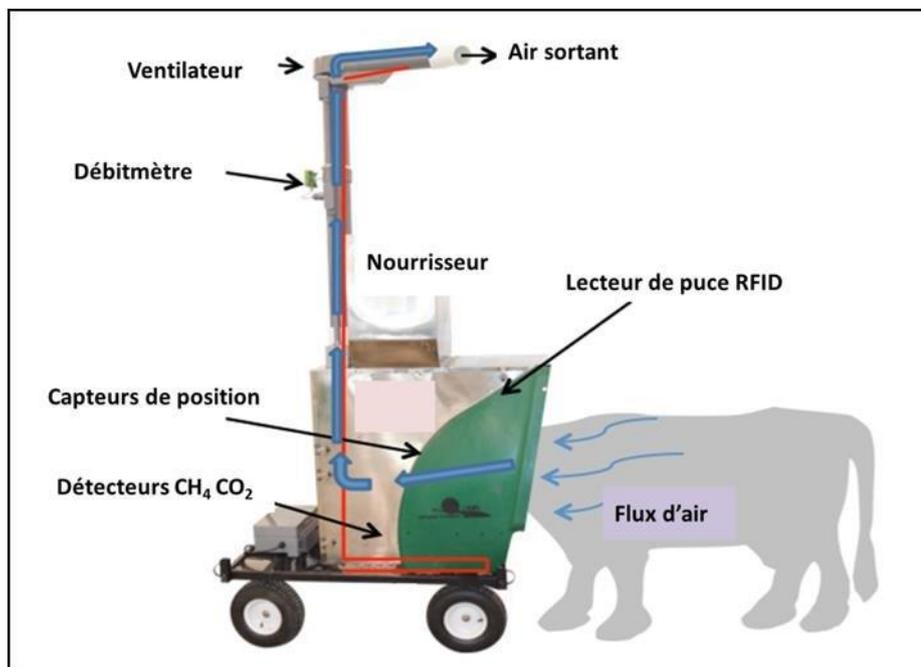
- La digestibilité de la matière organique
- La valeur énergétique
- Les valeurs azotées
- La valeur d'encombrement

Outils de mesures des émissions de GES

GreenFeed

(C-Lock, Rapid City, SD, USA)

Coût : 46 000 €



Il s'agit d'un distributeur d'aliment couplé à différents capteurs (composition gaz, position tête, anémomètre) :

- Durée des mesures : 3-4 minutes
- Capacité : 20 à 25 animaux
- Résultats : $\text{CH}_4 \text{ (g/j)} = \text{flux d'air} \times [\text{CH}_4]$

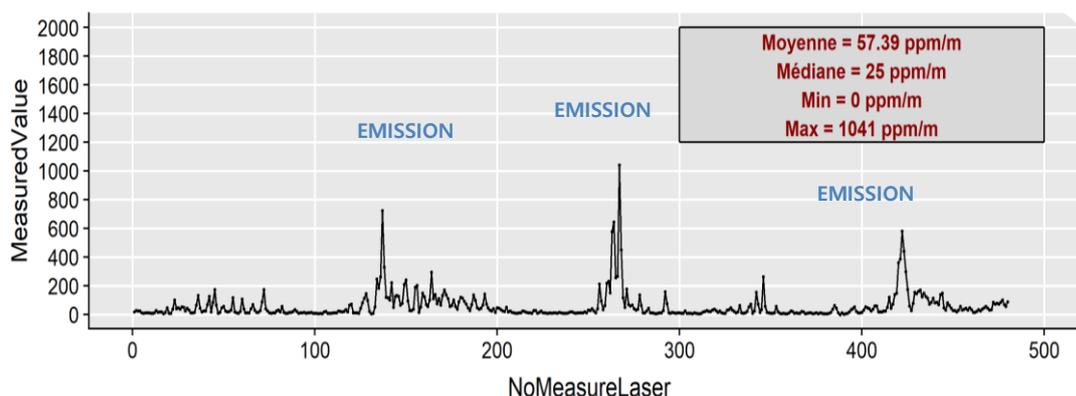
Laser Methane Detector

(Tokyo Gas Engineering Solutions, Ltd)

Coût : 4 000 €

Il s'agit d'un laser infrarouge spécifique CH₄ utilisé pour la détection de fuites de gaz :

- Utilisable en bâtiment comme au pâturage
- Durée des mesures : 4-5 minutes
- Résultats : CH₄ (ppm/m) de l'air expiré et éructé
- Modèle de conversion CH₄ (g/j) en cours de développement



Spectres MIR du lait

Il s'agit d'utiliser des équations de prédiction des émissions de CH₄ entérique en utilisant les analyses du spectre MIR (Medium Infra Red) du lait. Ces équations sont en cours de développement dans le cadre du programme METHABREED.

Des mesures seront réalisées pendant 3 semaines en février 2022 dans ce but.

Calcul du bilan carbone de chaque ration

L'outil CAP2ER niveau 1 est basé sur la collecte de 27 données d'élevage, alors que le niveau 2 est basé sur la collecte de 150 données d'élevage. Le calcul du bilan carbone de chaque ration, implique d'extrapoler les résultats à l'ensemble du troupeau et d'intégrer les données du reste de l'année (production laitière, cultures, alimentation). Cette simulation est réalisable sur un nombre réduit de données, d'où l'utilisation du CAP2ER niveau 1.

Analyses technico-économiques

	Station de Trévarez	Future Farm	Comparaison
Production laitière	L / vache / an L / ha	L / vache / an L / ha	OK
Lait à partir de fourrages*		L / vache / an	
Lait à partir de la ration équilibrée	L / vache / an		
Aliments concentrés	t / vache / an g / kg de lait € / 1 000 L	kg / vache / an kg / L	OK
Aliments achetés		£ / L	OK
Marge sur aliments achetés		£ / vache	
Coût alimentaire VL	€ / 1 000 L		
Marge sur coût alimentaire	€ / 1 000 L		
Marge brute	€ / 1 000 L	£ / ha	

**Fonction de la quantité d'énergie contenue dans l'aliment*

Résultats et discussion

Les résultats présentés ici sont des résultats bruts des deux années d'expérimentation hivernale comparant des lots ayant une ration alimentaire témoin (lots Témoin) et des lots ayant une ration alimentaire expérimentale (lots Expé). Les analyses statistiques ont été commandées à l'issue de la seconde expérimentation hivernale, mais les résultats n'ont pas encore été obtenus.

Ingestions

Les mesures d'ingestions sont obtenues par différence entre :

- la ration distribuée, pesée tous les jours et dont la quantité de matière sèche est mesurée une fois par semaine,
- et les refus, pesés trois fois par semaine avec mesures des quantités de matière sèche.

Ingestions 2021-2022

Valeurs alimentaires 2021/2022

Valeurs chimiques	% MS	MM g/kg MS	MO g/kg MS	MAT g/kg MS	Amidon g/kg MS	CB g/kg MS	Dig cellu %
Silo ensilage herbe	31.2	146	854	105.7		310	58.7
Silo maïs épi	55.2	17	984	78.9	662.1	57	85.4
Silo maïs	31.5	33	967	72.8	438.3	207	65.3

Valeurs alimentaires INRA 2018	DMO %	UEM	UEB	UEL	EB g/kg MS	NI	UFL	UFV	PDI g/kg MS	PDIA g/kg/MS	BPR g/kgMS
Silo ensilage herbe	64.2	1.46	1.19	1.11	4127	1.85	0.74	0.67	56	12	0
Silo maïs épi	80.4	1.56	0.76	0.72	4453	1.44	1.08	1.08	76	25	-44
Silo maïs	69.7	1.32	1.13	1.03	4500	1.44	0.86	0.86	59	11	-35

Concentrés		MS g/100g	MM Idele g/100g	MAT Idele g/100g	Matières grasses g/100g	CB Idele g/100g	DMO Idele %	DE1 %	EB Kcal/Kg	UFL UFL/kg	UFV UFV/kg	PDI g/kg	PDIA g/kg	BPR g/kg
Colza conv	sec	8.6	7.41	43.93	3.34	14.19	75.8	11.6	4620	0.99	0.94	179	128	198
Colza conv	brut		6.35	37.63	2.86	12.15			3957	0.85	0.81	153	110	170

Après réception des analyses des analyses chimiques, les valeurs alimentaires des fourrages ont été recalculées :

Ration témoin 1 Green Feed

Aliments	kg brut	Kg MS	UFL	PDIN	PDIE	UEL	P	Ca
Maïs	53.3	16.8	15.29	840	1193	17.3	30.2	33.6
		0.32	0.91	50	71	1.03	1.8	2
Ensilage herbe	11.1	3.5	2.55	311	252	3.8	9.7	20
		0.31	0.74	90	73	1.11	2.8	5.8
Total fourrages		20.3	17.8	1151	1445	21.1	39.9	54
Colza	5.1	4.4	5	1117	704	1.4	65.8	47.9
		0.86	0.99	219	138	0.28	12.9	9.4
Total four. + concentrés		24.6	22.9	2267	2148	22.55	106	102
Soit	par kg MS		0.93	92	87	0.92	4.3	4.1
	par UFL			99	94	0.99	4.6	4.4
Proportion de concentrés =		30%	Objectif :	concentré < 25% de la ration (base maïs ensilage)				
Rapport PDIE / UFL =		93.9	Objectif :	entre 95 et 100 g de PDI / UF				

Ration expérimentale 1 Green Feed

Aliments	kg brut	Kg MS	UFL	PDIN	PDIE	UEL	P	Ca
Maïs épi	9.7	5.4	5.83	326	524	3.9	9.6	10.7
		0.55	1.09	61	98	0.72	1.8	2
Ensilage herbe	42.7	13.3	9.86	1199	972	14.8	37.3	77.3
		0.31	0.74	90	73	1.11	2.8	5.8
Total fourrages		18.7	15.7	1525	1497	18.6	46.926	88
Colza	1.1	0.9	1.1	241	152	0.3	14.2	10.3
		0.86	0.99	219	138	0.28	12.9	9.4
Total four. + concentrés		19.6	16.8	1766	1648	18.94	61	98
Soit	par kg MS		0.86	90	84	0.97	3.1	5
	par UFL			105	98	1.13	3.6	5.9
Proportion de concentrés =		20%	Objectif :	concentré < 25% de la ration (base maïs ensilage)				
Rapport PDIE / UFL =		98.3	Objectif :	entre 95 et 100 g de PDI / UF				

Ration témoin 2

Aliments	kg brut	Kg MS	UFL	PDIN	PDIE	UEL	P	Ca
Maïs	50.3	15.9	14.43	793	1126	16.3	28.5	31.7
		0.32	0.91	50	71	1.03	1.8	2
Ensilage herbe	10	3.1	2.3	280	227	3.5	8.7	18
		0.31	0.74	90	73	1.11	2.8	5.8
Total fourrages		19	16.7	1073	1353	19.8	37.256	50
Colza	4.8	4.1	4.8	1051	662	1.3	61.9	45.1
		0.86	0.99	219	138	0.28	12.9	9.4
Total four. + concentrés		23.1	21.5	2124	2015	21.12	99	95
Soit	par kg MS		0.93	92	87	0.91	4.3	4.1
	par UFL			99	94	0.98	4.6	4.4
Proportion de concentrés =		31%	Objectif :	concentré < 25% de la ration (base maïs ensilage)				
Rapport PDIE / UFL =		93.8	Objectif :	entre 95 et 100 g de PDI / UF				

Ration expérimentale 2

Aliments	kg brut	Kg MS	UFL	PDIN	PDIE	UEL	P	Ca
Maïs épi	9.3	5.2	5.62	315	506	3.7	9.3	10.3
		0.55	1.09	61	98	0.72	1.8	2
Ensilage herbe	39.7	12.4	9.18	1116	905	13.8	34.7	71.9
		0.31	0.74	90	73	1.11	2.8	5.8
Total fourrages		17.6	14.8	1431	1411	17.5	44.008	82
Colza	1.1	0.9	1.1	241	152	0.3	14.2	10.3
		0.86	0.99	219	138	0.28	12.9	9.4
Total four. + concentrés		18.5	15.9	1672	1563	17.79	58	93
Soit	par kg MS		0.86	90	84	0.96	3.1	5
	par UFL			105	98	1.12	3.7	5.8
Proportion de concentrés =		21%	Objectif :	concentré < 25% de la ration (base maïs ensilage)				
Rapport PDIE / UFL =		98.3	Objectif :	entre 95 et 100 g de PDI / UF				

On observe une différence au niveau de la quantité d'énergie des rations, les apports en UFL de la ration expérimentale étant inférieurs à ceux de la ration témoin.

Les ingestions entre les lots Témoin 1 et Expé 1 (qui ont accès au GreedFeed - GF) puis entre Témoin 2 et Expé 2 sont équivalentes lors de la période pré-expérimentale. Voici les ingestions pendant la période expérimentale :

Ingestions période expérimentale (kg MS/VL/j)	Lot Témoin 1 GF	Lot Expé 1 GF	Lot Témoin 2	Lot Expé 2
Maïs ensilage	16.80	0.00	15.86	0.00
Ensilage d'herbe coupe fine	3.45	13.32	3.11	12.40
Maïs épi	0.00	5.35	0.00	5.16
Foin-mi fané	0.00	0.00	0.64	0.90
Colza	3.53	0.00	4.09	0.89
Colza (GF)	0.92	0.98	0.00	0.00
CMV	0.30	0.30	0.30	0.27
Sel	0.08	0.08	0.06	0.06
Total	25.08	20.03	24.06	19.67
Refus (%)	4.57	4.87	4.26	4.71

Durant la période expérimentale, l'écart d'ingestions entre les lots Témoin et les lots Expé est de + 5.05 kg de MS et de + 4.39 kg de MS pour les lots Témoin, respectivement.

Ingestions 2022-2023

Valeurs alimentaires 2022/2023

Valeurs chimiques	% MS	MM g/kg MS	MO g/kg MS	MAT g/kg MS	Amidon g/kg MS	CB g/kg MS	Dig cellu %
Silo ensilage herbe	29.1	139	861	144.0		250	65.5
Silo maïs épi	60.7	17	983	75.0	611.6	59	88.5
Silo maïs	34.5	26	974	54.0	349.1	203	70.3

Valeurs alimentaires INRA 2018	DMO %	UEM	UEB	UEL	EB g/kg MS	NI	UFL	UFV	PDI g/kg MS	PDIA g/kg/MS	BPR g/kgMS
Silo ensilage herbe	67.3	1.36	1.10	1.07	4197	1.99	0.79	0.72	62	18	33
Silo maïs épi	81.9	3.03	0.71	0.68	4468	1.44	1.13	1.12	64	12	-40
Silo maïs	71.0	1.28	1.06	0.98	4517	1.44	0.95	0.90	58	8	-52

Concentrés		MS g/100g	MM Idele g/100g	MAT Idele g/100g	Matières grasses g/100g	CB Idele g/100g	DMO Idele %	DCS Idele %	DE1 %	EB Kcal/Kg	UFL UFL/kg	UFV UFV/kg	PDI g/kg	PDIA g/kg	BPR g/kg
Colza conv	sec	8.655	7.48	35.96	3.49	15.75	82.6	74.0		4268	0.89	0.84	158	107	142
Colza conv	brut		6.48	31.12	3.02	13.63			9.25	3694	0.77	0.73	137	93	123

Après réception des analyses des analyses chimiques, les valeurs alimentaires des fourrages ont été recalculées :

Ration témoin

Aliments	kg brut	Kg MS	UFL	PDIN	PDIE	UEL	P	Ca
Maïs	42.5	14.7	13.94	734	1042	14.4	26.4	29.3
		0.35	0.95	50	71	0.98	1.8	2
Ensilage herbe	12.3	3.6	2.84	323	262	3.8	10.1	20.8
		0.29	0.79	90	73	1.07	2.8	5.8
Total fourrages		18.3	16.8	1057	1304	18.2	36.458	50
Colza	4.1	3.6	3.2	900	567	1.1	53	38.6
		0.87	0.77	219	138	0.28	12.9	9.4
Total four. + concentrés		21.8	19.9	1957	1871	19.36	89	89
Soit	par kg MS		0.91	90	86	0.89	4.1	4.1
	par UFL			98	94	0.97	4.5	4.5
Proportion de concentrés =		30%	Objectif :	concentré < 25% de la ration (base maïs ensilage)				
Rapport PDIE / UFL =		93.8	Objectif :	entre 95 et 100 g de PDI / UF				

Ration expérimentale

Aliments	kg brut	Kg MS	UFL	PDIN	PDIE	UEL	P	Ca
Maïs épi	8.3	5.1	5.72	309	496	3.4	9.1	10.1
		0.61	1.13	61	98	0.68	1.8	2
Ensilage herbe	42.1	12.3	9.68	1103	894	13.1	34.3	71.1
		0.29	0.79	90	73	1.07	2.8	5.8
Total fourrages		17.3	15.4	1411	1390	16.5	43.408	81
Colza	1	0.9	0.8	219	138	0.3	12.9	9.4
		0.87	0.77	219	138	0.28	12.9	9.4
Total four. + concentrés		18.2	16.2	1630	1528	16.83	56	91
Soit	par kg MS		0.89	90	84	0.93	3.1	5
	par UFL			101	95	1.04	3.5	5.6
Proportion de concentrés =		21%	Objectif :	concentré < 25% de la ration (base maïs ensilage)				
Rapport PDIE / UFL =		94.5	Objectif :	entre 95 et 100 g de PDI / UF				

On observe une différence au niveau de la quantité d'énergie des rations, les apports en UFL de la ration expérimentale étant inférieurs à ceux de la ration témoin, même si la différence est moins importante que l'année précédente.

Ingestions période expérimentale kg de MS/j/VL	Lot témoin	Lot expérimental
Ensilage de maïs	14.67	
Ensilage d'herbe	3.59	12.25
Ensilage de maïs épi		5.06
Tourteau de colza	3.56	0.89
CMV	0.3	0.3
Sel	0.04	0.04
Total	22.16	18.54
% de refus	4.36	4.69

Pendant la période expérimentale, il y a eu un écart de + 3.62 kg de MS en faveur du lot témoin.

Conclusion sur les ingestions des deux hivers

Pour les deux hivers il y a une baisse d'ingestion pour le lot expérimental :

2021-2022 : +5.05 et +4.39 kg MS/j/VL pour le lot témoin

2022-2023 : +3.62 kg MS/j/VL pour le lot témoin

Le fait que l'ensilage d'herbe soit plus encombrant dans le rumen peut expliquer cette différence.

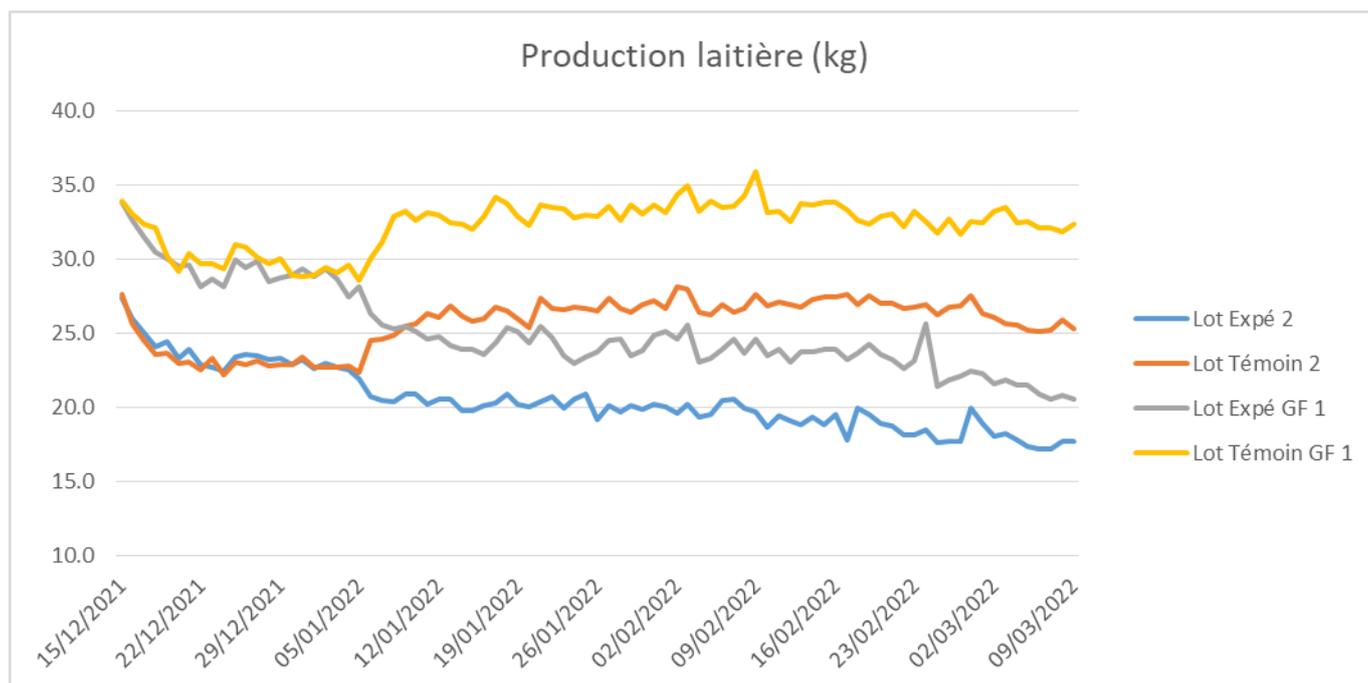
De plus, l'ensilage d'herbe apporte moins d'énergie à la ration, et le maïs épi semble ne pas avoir pu compenser ce déficit.

Production laitière

Production laitière 2021-2022

Production laitière (kg)	Moyenne période pré-expérimentale	Moyenne période expérimentale
Lot Expé 1 GF	29.6	23.7
Lot Témoin 1 GF	30.3	32.9
<i>Ecart entre les deux lots (T-E)</i>	<i>+0.7</i>	<i>+9.1</i>
Lot Expé 2	23.6	19.5
Lot Témoin 2	23.4	26.4
<i>Ecart entre les deux lots (T-E)</i>	<i>-0.2</i>	<i>+6.9</i>

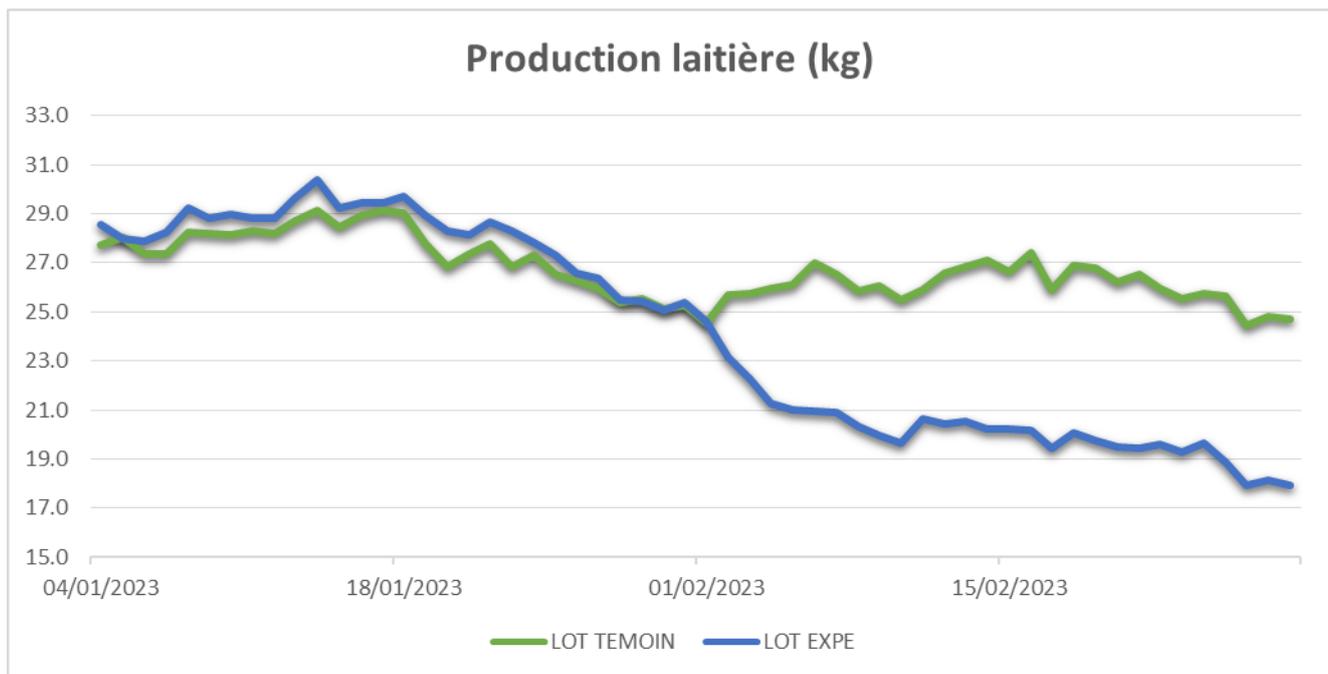
Les premiers résultats semblent montrer une production laitière inférieure des lots Expé par rapport à celle des lots Témoin (-7.2 et -8.4kg de lait).



Production laitière 2022-2023

Production laitière (kg)	Moyenne période de transition 04/01/23 au 17/01/23	Moyenne période pré-expérimentale 18/01/23 au 31/01/23	Moyenne période expérimentale 01/02/23 au 28/02/23
Lot témoin	28.3	26.6	26.0
Lot expérimental	29.0	27.2	20.2
Ecart (E-T)	0.7	0.6	-5.8

Les résultats du deuxième hiver semble montrer une différence entre le lot témoin et expérimental, la production laitière moyenne pendant la période expérimentale étant inférieure de 5.8 kg de lait à celle du lot témoin.



Conclusion sur la production laitière des deux hivers

Sur les deux hivers, nous observons une différence sur la production laitière :

2021-2022 : +7.2 et +8.4 kg pour le lot témoin

2022-2023 : +5.8 kg pour le lot témoin

Les lots témoins semblent produire plus de lait que les lots expérimentaux. Les différences d'ingestion et de valeur énergétique en faveur du lot témoin peuvent expliquer ces résultats.

Une étude menée en 2020 sur la station expérimentale de la Jaillière (Arvalis, 2020) opposait trois régimes alimentaires pendant 8 semaines sur 51 vaches Prim'Holstein en milieu de lactation. Le régime témoin était constitué de 55% de maïs ensilage et 18% d'ensilage d'herbe préfané et enrubanné et l'un des régimes testés était composé de 59% d'ensilage d'herbe préfané et enrubanné et de 31% de maïs épi, soit les mêmes proportions de fourrages que dans la présente expérimentation. Par contre les concentrés distribués n'étaient pas les mêmes, ni en mêmes quantités.

Dans cet essai, la différence l'ingestion et de production laitière entre les deux n'était pas significative, le fait d'avoir utilisé de l'ensilage d'herbe préfané pourrait expliquer ce résultat.

Qualité du lait

Qualité du lait 2021-2022

Matière utile



La variabilité des résultats des taux protéique et butyreux ne permettent pas une interprétation des résultats sans analyse statistique.

Cellules

Cellules / ml (*1 000)	Moyenne période pré-expérimentale	Moyenne période expérimentale
Lot Expé 1 GF	149.3	93.1

Lot Témoin 1 GF	79.6	28.1
Lot Expé 2	110.3	81.1
Lot Témoin 2	120.5	141.9

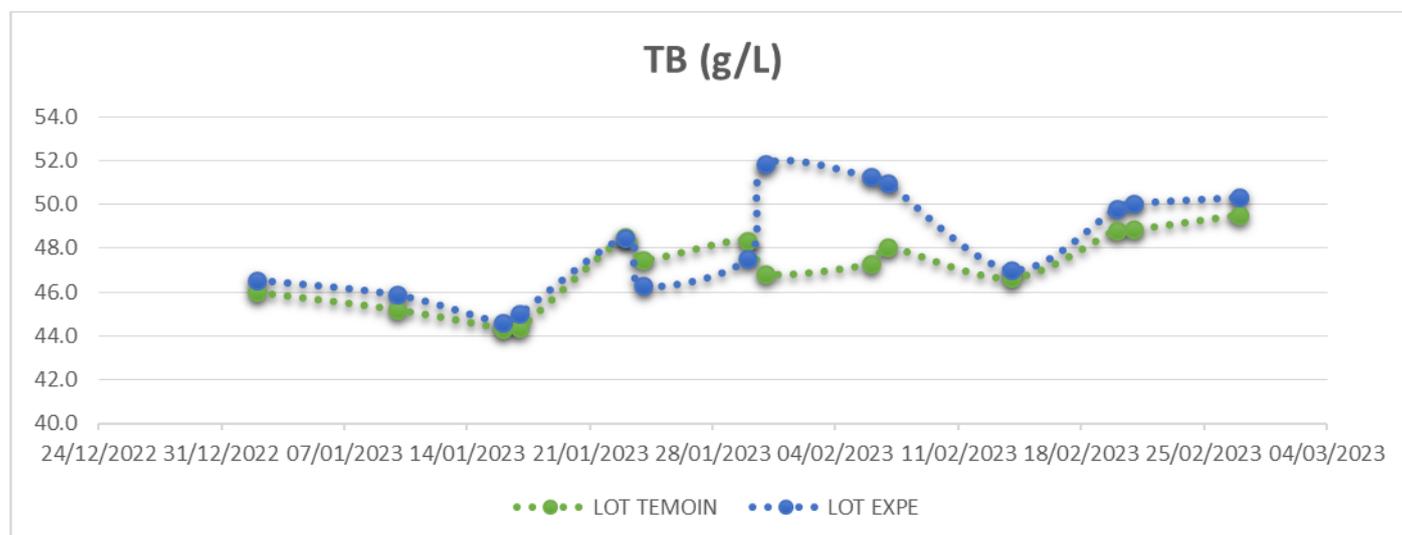
Dans trois des quatre lots la moyenne des leucocytes diminue entre la période pré-expérimentale et la période expérimentale. Seul, la moyenne du lot Témoin 2 augmente entre ces 2 périodes.

Qualité du lait 2022-2023

Matière utile

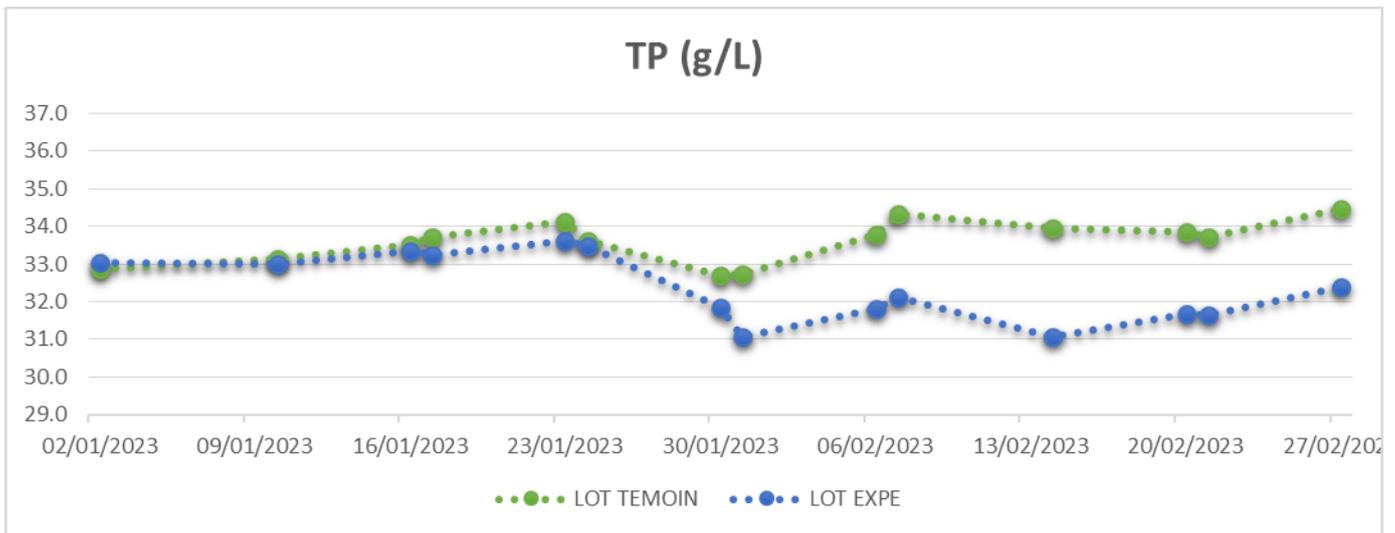
TB (g/L)	Moyenne période de transition 04/01/23 au 17/01/23	Moyenne période pré-expérimentale 18/01/23 au 31/01/23	Moyenne période expérimentale 01/02/23 au 28/02/23
Lot témoin	45.0	47.8	48.3
Lot expérimental	45.5	48.5	50.2
Ecart (E-T)	0.5	0.7	1.9

Le taux butyreux semble supérieur pour le lot expérimental, l'écart étant faible, il faut attendre les résultats des analyses statistiques pour tirer des conclusions.



TP (g/L)	Moyenne période de transition 04/01/23 au 17/01/23	Moyenne période pré-expérimentale 18/01/23 au 31/01/23	Moyenne période expérimentale 01/02/23 au 28/02/23
Lot témoin	33.3	33.3	34.1
Lot expérimental	33.2	32.5	31.9
Ecart (E-T)	-0.1	-0.8	-2.2

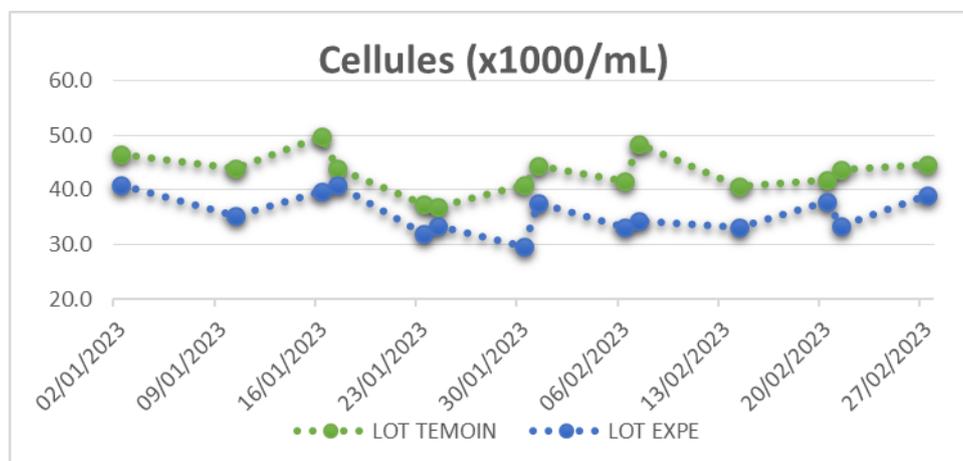
Le taux protéique semble supérieur pour le lot témoin, ici aussi il faut attendre les résultats des analyses statistiques pour tirer des conclusions.



Cellules

Cellules / ml (*1 000)	Moyenne période de transition 04/01/23 au 17/01/23	Moyenne période pré-expérimentale 18/01/23 au 31/01/23	Moyenne période expérimentale 01/02/23 au 28/02/23
Lot témoin	46.1	39.9	43.5
Lot expérimental	39.2	33.2	36.7
Ecart (E-T)	-6.9	-6.7	-6.8

Le taux cellulaire semble supérieur pour le lot témoin.



Conclusion sur la qualité du lait des deux hivers

Les résultats précédents montrent des différences potentielles entre les deux rations, mais des analyses statistiques sont nécessaires pour le confirmer.

On peut quand même mettre en avant la différence entre le lot témoin et le lot expérimental au niveau du taux protéique. Le TP apparaît plus faible pour le lot expérimental.

L'étude menée sur la station expérimentale de la Jaillière a montré une diminution significative du TP pour le lot expérimental. Cette diminution peut s'expliquer par une moins bonne valorisation énergétique de la ration. Les mêmes résultats sont observés sur l'essai ABCD bien que la différence entre les deux lots soit moindre.

Poids et notes d'état corporel (NEC)

Poids et NEC 2021-2022

Poids (kg)	Moyenne des écarts fin-début période expérimentale
Lot Expé 1 GF	-2
Lot Témoin 1 GF	+ 27
Lot Expé 2	-7
Lot Témoin 2	+ 40

NEC	Moyenne période expérimentale
Lot Expérimental 1 GF	1.6
Lot Témoin 1 GF	1.8
Lot Expérimental 2	2.1
Lot Témoin 2	2.4

La reprise de poids semble meilleure dans les lots Témoin que dans les lots Expé.

Les moyennes des NEC durant l'essai semblent légèrement plus élevées dans les lots Témoin.

Poids et NEC 2022-2023

Poids (kg)	Moyenne des écarts fin-début période expérimentale
Lot Témoin	+ 9.3
Lot Expé	- 0.3

NEC	Moyenne période expérimentale
Lot Témoin	1.61
Lot Expé	1.66

La reprise de poids et la NEC semblent équivalentes que ce soit pour le lot témoin ou le lot expérimental.

Conclusion sur le poids et la NEC des deux hivers

La reprise de poids et la NEC semblent meilleures pour les lots témoins sur le premier hiver. En revanche, il n'y a pas de différence entre les deux lots sur le deuxième hiver. L'étude menée sur la station expérimentale de la Jaillière a montré que la reprise d'état du lot expérimental était inférieure au lot témoin.

Emissions de méthane entérique

g CH ₄ /VL/j	15/12/21	29/12/21	12/01/22	26/01/22	09/02/22	23/02/22	Moyenne période expérimentale
	au 28/12/21	au 11/01/22	au 25/01/22	au 08/02/22	au 22/02/22	au 08/03/22	
Lot Expé 1 GF	446.8	477.5	466.7	492.5	487.6	440.4	471.8
Lot Témoin 1 GF	456.3	441.5	443.3	459.9	512.5	498.1	478.5

Les données d'émissions de méthane entérique présentées ici sont des moyennes sur deux semaines. Ces données doivent être analysées statistiquement par l'Institut de l'élevage, pour qui il s'agira de choisir le pas de temps adapté ainsi que l'échelle, animal ou lot, qui sera la plus pertinente pour ces analyses. À noter que les appareils ont essuyés quelques dysfonctionnements en fin d'essai, ce qui, associé aux différences d'ingestion et de production entre les deux lots pourrait rendre difficile la mise en lumière d'un effet de la ration.

Faute de moyens suffisants, nous n'avons pas souhaité poursuivre avec une étude basée sur des mesures au Laser Methane Detector. Nous attendons les conclusions de l'étude menée sur les analyses du spectre MIR du lait dont certaines mesures ont été réalisées à Trévezé pendant 3 semaines en février 2022.

Bilans carbone

Bilans carbone des rations	Ration témoin		Ration expé	
	2022	2023	2022	2023
Emissions par L (kg eq. CO ₂)	0.83	0.83	0.87	0.86
Stockage par L (kg CO ₂)	0.08	0.08	0.10	0.09
Empreinte carbone du lait (kg eq. CO ₂ / L)	0.75	0.75	0.77	0.77
Emissions liées aux fermentations entériques (kg eq. CO ₂)	0.51	0.51	0.54	0.53
Empreinte carbone du lait hors fermentations entériques (kg eq. CO ₂ / L)	0.24	0.24	0.23	0.24
Emissions par ha (kg eq. CO ₂)	6 915	6 874	6 280	6 247
Stockage par ha (kg CO ₂)	666	663	722	654
Emissions totales (t eq. CO ₂)	823	818	785	781
Stockage total (t CO ₂)	79	79	90	82

Les résultats des bilans carbone sont pratiquement identiques entre les deux années. Bien que les émissions totales de l'atelier lait soient plus faibles pour la ration expérimentale (-4.5%), et le stockage total plus important (+3.5%), ceux-ci, rapportés à une production laitière inférieure, conduisent à une empreinte carbone du lait plus importante pour la ration expérimentale par rapport à la ration témoin, soit une augmentation de 2.5%.

L'aliment utilisé étant à base de colza, la réduction de sa consommation a moins d'impact que s'il s'agissait de soja, la diminution des émissions est de seulement 0.01 kg eq CO2 par litre de lait corrigé. Les émissions liées à la fermentation entérique et à la gestion des effluents, qui sont principalement liées au nombre d'animaux présents, rapportées au litre de lait, augmentent par voie de conséquence.

L'empreinte carbone du lait hors fermentations entériques montre qu'en faisant abstraction des émissions liées aux animaux se trouve être la même pour les deux rations.

Enfin, rapportés aux surfaces agricoles utilisées, le bilan carbone de la ration expérimentale est légèrement meilleur que celui de la ration témoin.

Les résultats des CAP2ER sont fournis en [annexe 3](#).

Conclusion générale et perspectives

Cette première analyse des données brutes nous donne seulement des tendances. Aucune conclusion définitive ne peut être tirée avant d'avoir réalisé les études statistiques associées.

Sur l'hiver 2021-2022, la mauvaise qualité de l'ensilage d'herbe (11% de MAT) a été d'abord désignée comme ayant conduit à une production laitière inférieure pour le lot ayant la ration expérimentale.

Sur l'hiver 2022-2023, l'ensilage d'herbe fut de meilleure qualité (17% de MAT). En revanche, la réponse en lait était encore inférieure pour le lot expérimental. Les écarts d'ingestions en faveur du lot témoin, et le manque d'UFL de la ration expérimentale sembleraient expliquer ces résultats.

Les données sur la qualité du lait et l'état des animaux laissent apparaître quelques différences entre les deux lots. L'analyse statistique qui sera menée par l'Institut de l'élevage mettra en perspective la significativité des résultats.

Le calcul des différents indicateurs technico-économiques sera réalisé prochainement.

Avec un prix du tourteau de colza à 276 €/t, l'étude menée sur la station expérimentale de la Jaillière a montré une diminution du coût alimentaire de la ration expérimentale, mais elle a aussi montré une moins bonne marge sur coût alimentaire liée à la moins bonne valorisation du lait.

Ici, les premières estimations du coût alimentaire, basées sur les résultats de la première année et un prix du tourteau de colza de 368€/t, sont de 68€/1000L pour la ration expérimentale contre 95€/1000L pour la ration témoin, mais cela ne couvre pas la perte globale liée à la diminution de production (-20000€ avec un prix du lait à 390€/1000L).

Malgré une augmentation de l'autonomie protéique évidente, les autres facteurs à prendre en compte, comme le conclue l'étude menée à la Jaillière, sont la mobilisation de surfaces supplémentaires et le temps de travail que représente la récolte d'ensilage d'herbe précoce.

Les éleveurs du réseau CRAB qui utilisent du maïs épi vont être invités à alimenter ces résultats de leur expérience.

Concernant les bilans carbone des rations, la question principale est de savoir quel est l'indicateur que l'on choisit d'utiliser, selon l'objectif à atteindre, notamment lorsque l'on parle de neutralité carbone. S'agit-il de compenser la totalité des émissions, y compris celle des animaux ? Dans quel cas, la neutralité carbone du lait ne sera jamais atteinte. Par contre, l'étude des bilans carbone des élevages du groupe finistérien (voir annexe 6 du document de méthodologie d'accompagnement) nous a révélé que certains élevages arrivent à compenser, par du stockage de carbone (sols, haies), la totalité des émissions liées à la gestion des effluents et des surfaces et liées aux énergies directes (carburant et électricité) et indirectes (fabrication et transport d'intrants). Il s'agit de systèmes basés principalement sur l'herbe

et avec une production laitière autour de 4000 L vendus par VL. Néanmoins, ces résultats sont susceptibles d'évoluer avec les adaptations progressives des méthodes de calculs des bilans carbone.

Pour terminer, la variabilité annuelle de la qualité des ensilages d'herbe est l'une des contraintes principales de ce type de fourrage, d'où l'intérêt que de telles expérimentations soient menées sur plusieurs années consécutives de manière à avoir des résultats représentatifs.

Annexe 1 : Protocole année 1

Matériel et méthodes

A - Conduite globale de l'expérimentation

Cet essai portera la réduction des émissions indirectes de GES par le moindre recours aux concentrés protéiques achetés, permis par le remplacement de la ration habituelle du troupeau à base majoritaire d'ensilage de maïs + tourteau de colza par une ration « plus autonome » à base d'ensilage d'herbe + ensilage de maïs épi.

L'objectif est de conduire 4 lots de vaches en lactation en comparaison :

- deux lots témoins (lots T) recevant la ration habituelle du troupeau à base d'ensilage de maïs à volonté + 4 kg MS d'ensilage d'herbe + 260 g de tourteau de colza/kg MS de maïs ;
- et deux lots expérimentaux (lots E) recevant une ration à base d'ensilage d'herbe précoce à volonté + 5 kg de MS d'ensilage de maïs épi (EME) + 1 kg de tourteau de colza.

Le dispositif sera reconduit deux années consécutives (2021/22 et 2022/23), notamment pour tenir compte de la variabilité fourragère possible (qualité des ensilages).

B - Le Déroulement de l'essai zootechnique

1 - Dispositif expérimental de l'essai

Essai analytique sur vaches laitières pendant 4 mois environ, et répétable sur 2 années.

L'expérimentation se déroulera en :

- Une pré-expérimentation de 3 semaines sur régime commun à l'étable (15/12/21 au 04/01/2022) ;
- Puis une phase d'expérimentation de 10 semaines (05/01 au 16/03/2022) en quatre lots physiques séparés, 2 lots T recevant la ration T, et 2 lots E recevant la ration E (voir plus bas).

2 - Logement et traite

Les animaux en essai seront logés dans la même stabulation libre à logettes permettant la séparation en quatre lots physiques via un système de barrières. Deux lots physiques pourront accéder à un dispositif de mesure des émissions de GES (GreenFeed, cf C.). La traite sera effectuée pour les quatre lots dans la même salle de traite 2*10 TPA. Les animaux resteront à l'étable durant tout l'essai. La localisation des lots dans l'étable pour l'hiver 2021/2022 figure en annexe 4.

3 - Les animaux en essai

Les vaches laitières Prim'Holstein en essai seront réparties en quatre lots physiques séparés, deux lots Témoins (lots T1 et T2) et deux lots Expérimentaux (lots E1 et E2). Les lots T1 et E1 seront logés dans les zones de l'étable équipées de GreenFeed (GF, cf C.) pour évaluer les émissions de GES. Les lots T2 et E2 ne pourront pas accéder aux GF.

Durant l'hiver 2021-2022, 4 lots d'animaux seront composés de la manière suivante :

- Lot T1 : 20 VL de vêlages d'automne avec Greenfeed ; lot à composition fixe, vaches en lactation durant tout l'essai ;
- Lot E1 : 20 VL de vêlages d'automne avec Greenfeed ; lot à composition fixe, vaches en lactation durant tout l'essai ;
- Lot T2 : Composé de 50% des autres VL du troupeau (entrées et sorties d'animaux selon vêlages et tarissements) ; pas de Greenfeed
- Lot E2 : Composé de 50% des autres VL du troupeau (entrées et sorties d'animaux selon vêlages et tarissements) ; pas de Greenfeed

Description des lots	T1	T2	E1	E2
Ration	Témoin	Témoin	Expérimentale	Expérimentale
Mesures GES au GF	Oui	Non	Oui	Non

L'essai sera conduit en blocs complets équilibrés. Les blocs seront hiérarchisés par parité (Primipares / Multipares). Deux mises en lots distinctes seront réalisées (pour réaliser les blocs, des couples seront créés : appariement des lots T1 et E1 entre eux, et appariement des lots T2 et E2 entre eux) :

Pour les vaches des lots T1 et E1 :

En 2021/22, les 2 lots T1 et E1 seront constitués de 20 VL ayant vêlé (6 primipares et 14 multipares), et donc présentes durant tout l'essai. La mise en lots 2021/22 figure en annexe 1.

La mise en lots sera réalisée en prenant en compte les critères suivants :

- date de vêlage 2021
- parité : 1, 2, 3 et plus
- production : LB, TB, TP, dans le mois précédant l'allotement (01 au 28/11) ;
- poids et état : dernière mesure effectuée (17/11/21)
- Facteurs à contrôler: âge au premier vêlage pour les primipares

Pour les vaches des lots E2 et T2 :

En 2021/22, les 2 lots T2 et E2 seront constitués de maximum de 38 VL chacun. Une partie de ces animaux seront présents pendant tout l'essai et mis en lots comme décrit ci-dessus (7 P et 13 M dans chaque lot T2 et E2). S'y ajouteront pour une durée variable des animaux présents partiellement pour cause de vêlage ou tarissement (18 vaches dans chaque lot : 7P et 11 M).

La mise en lots de ces animaux sera réalisée en prenant en compte les critères suivants :

- date de vêlage 2021 (stade de lactation) ou 2022 (attendue)
- date de tarissement attendue
- parité : P et M ;
- production : LB dans les 4 semaines précédant l'allotement ;
- poids et état : dernière mesure effectuée (17/11/21).

La mise en lots 2021/22 figure en annexes 2 et 3.

Récapitulatif de la composition des lots physiques hiver 2021/22

	parité	T1	E1	T2	E2
VL présentes tout l'essai	P	6	6	7	20
	M	14	14	13	13
	Total	20	20	20	20
VL présentes partiellement	P			7	7
	M			11	11
	Total			18	18
Effectif max	Total	20	20	38	38

4 - L'alimentation

Régimes expérimentaux

2*2 lots seront conduits en comparaison :

- deux lots témoins (lots T1 et T2) recevant la ration habituelle du troupeau à base d'ensilage de maïs (EM) à volonté + 4 kg MS d'ensilage d'herbe précoce + 260 g de tourteau de colza/kg MS de maïs ;
- et deux lots expérimentaux (lots E1 et E2) recevant une ration à base d'ensilage d'herbe précoce à volonté + 5 kg de MS d'ensilage de maïs épi (EME) + 1 kg de tourteau de colza.

L'ensilage d'herbe des 4 lots sera identique (ensilage d'herbe coupe fine récolté précocement en 2021). Le maïs utilisé sera uniquement issu des récoltes 2021 (EM et EME). L'EME est stocké en silo taupinière.

Complémentation azotée

L'objectif est d'atteindre dans les deux lots un niveau d'équilibre énergie/azote de ration totale de 95 g PDIE/UFL. Pour cela, du tourteau de colza 35¹ sera apporté à raison de 260 g /kg MS de maïs dans les deux lots Témoins (pas de correction nécessaire pour la fraction EH coupe fine). Le tourteau de colza 35 sera apporté à raison de 1 kg/VL/j dans les deux lots Expérimentaux.

Pour le lot E1, le colza sera apporté intégralement au GreenFeed ; pour le lot E2, il sera mélangé à la ration de base à l'auge. Pour le lot T1, 1 kg de colza sera apporté au GreenFeed et le complément dans la ration de base à l'auge.

Régimes comparés en 2021

	Lots Témoins T1 et T2	Lots Expérimentaux E1 et E2
EH kg MS/vl/j	4	A volonté
EM kg MS/vl/j	A volonté	0
EME kg MS/vl/j	0	5
Tourteau de Colza 35* kg/vl/j	260 g/ kg MS EM	1

* les quantités seront ajustées en fonction des résultats d'analyses des fourrages

Mode d'apport des aliments

	Mode d'apport
Ensilage d'herbe	Ration complète mélangée à l'auge
Ensilage de maïs	
Ensilage de maïs épi	
Minéral	
Tourteau de colza	Voir tableau ci-dessous
Sel	blocs à lécher

Mode d'apport du tourteau de colza

Lot	T1	E1	T2	E2
T Colza au GF	1	1	0	0
T Colza à l'auge	(260 g/kg MS EM) -1	0	260 g/kg MS EM	1

Complémentation minérale

300 g minéral 7-21-5 par VL et par jour

Pour les minéraux, la pesée précise des quantités apportée se fera en seau sur balance de précision, puis les seaux seront versés dans la remorque mélangeuse. Pour les autres aliments, la pesée s'effectue via les pesons de la mélangeuse.

5 - Conduite animale

Tous les événements sanitaires et de reproduction seront enregistrés.

¹ Dans le cadre de la démarche globale Bas carbone et de la recherche d'autonomie protéique nationale, le tourteau de colza est privilégié par rapport au tourteau de soja

Etat corporel

Objectif : entre 3 et 3,5 au vêlage

Gestion de la reproduction

En 2021, des vaches ayant vêlé à l'automne 2021 seront intégrées aux lots T1 et E1 :

- Période de vêlage : 24/08 au 3/12
- Période d'IA : 26/11 au 28/02

En 2021, des vaches ayant vêlé au printemps 2021 seront intégrées aux lots T2 et E2 :

- Période de vêlage : 01/03 au 07/06
- Période d'IA : 24/05 au 30/08

En 2021, des vaches dont le vêlage est prévu au printemps 2022 seront intégrées aux lots T2 et E2 :

- Période de vêlage attendue : 01/03 au 31/05/22

Tarissements et vêlages

Les animaux retenus dans les lots T1 et E1 seront présents et en lactation sur toute la durée de l'essai. Dans les lots T2 et E2, lorsqu'une vache devra être tarie, l'autre vache du bloc le sera également. Lors des vêlages, les vaches réintégreront leur lot de départ.

Santé globale du troupeau

Sur les deux lots, un diagnostic rumination² et un diagnostic « remplissage de rumen »³ seront réalisés une fois par mois.

C - Volet environnement : évaluation des émissions de GES

Mesures des émissions avec les Greenfeed (C- Lock)

Les émissions de méthane des vaches seront mesurées dans les lots T1 et E1 à l'aide d'un GreenFeed (C-Lock, Rapid City, SD, USA). Cet appareil permet de réaliser de nombreuses mesures « spot » (2-3 minutes), sur 25-30 vaches, durant une période donnée, pour estimer de façon fiable et répétable leurs émissions de méthane individuelle sur une journée (en grammes/jour). Il s'agit d'un distributeur automatique de concentré couplé à un système d'analyse de l'air qui permet de quantifier le méthane émis par l'animal lorsqu'il s'y alimente. L'appareil identifie chaque animal grâce

² Pages 15 à 18 et page 90 du document ci-dessous :

<http://inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/229471-eedc5-resource-guide-boiteries.html>

³ Grille page 107 du livre : « l'observation du troupeau bovin : voir, interpréter, agir »

Auteurs : Joop Lensink et Hélène Lerustre - Editions France agricole, chapitre : « les indicateurs de la conduite alimentaire ». 1ère édition 2006.

à sa boucle électronique et lui distribue petit à petit la quantité d'aliment souhaité pour qu'il maintienne sa tête à l'intérieur de l'auge suffisamment de temps pour la mesure.

Les vaches seront autorisées à réaliser 4 visites maximum au GreenFeed par jour espacées de minimum 3h durant toute la durée de l'expérimentation. Elles recevront 7 drops d'aliment (colza) espacés de 30 s à chacune des visites (soit 1 kg de colza maximum par jour).

Evaluation des émissions de CH₄ à l'aide des spectres MIR

Evaluation par modélisation à partir des échantillons individuels prélevés sur 2 traites consécutives pendant 3 semaines (26/1, 2/2 et 9/2 sur les vaches des deux lots T1 et E1).

Les émissions de CH₄ seront estimées grâce à une équation développée dans le cadre du projet OptiMIR, qui sera appliquée aux spectres moyen infrarouge de chaque échantillon de lait. Cette équation est composée de 1060 coefficients qui, multipliés par la valeur d'absorbance à chacune des 1060 longueurs d'onde du spectre, permettent de calculer la quantité de CH₄ émise par chaque vache le jour du prélèvement de lait.

Mesures et analyses, gestion des données

A - Mesures et analyses réalisées

Ration de base à l'auge (ensilages, colza, CMV) :

- Finesse de hâchage du maïs au silo (tamis secoueur) et du mélange distribué à l'auge ;
- pesée des quantités distribuées tous les jours et des refus 3 fois par semaine ;
- détermination de la MS des ensilages distribués 1 fois par semaine (étuve 48h à 80°C) ;
- détermination de la MS des refus lors de leur pesée ;

Production laitière :

- enregistrement de la production laitière bi quotidienne (compteurs à lait en salle de traite) ;
- prélèvement d'échantillons pour détermination des taux et des comptages cellulaires durant 4 traites consécutives chaque semaine, pour analyse des variables suivantes : TP, TB, cellules et urée.

Poids et état des animaux :

- poids et état en début (novembre 2021), à chaque changement de régime, et en fin d'essai ;
- les animaux seront pesés et notés chaque mois.
- pesée et note d'état le jour de la réforme si elle intervient en cours d'essai.

Evénements sanitaires et de reproduction :

- tous les événements sanitaires (symptômes, maladies, traitements) et de reproduction seront enregistrés.

B - Analyses des aliments (annexe 6)

Fourrages distribués : 2 fois par mois

- analyse fourragère : MS, MM, MAT, CB, amidon (maïs), DE1, DCS, DMO ;
- refus : MS, MM, CB, MAT du mélange restant 1 fois tous les 15 jours ;

Concentrés (colza) : Analyse à chaque livraison ou à minima 1 fois par mois : MS, MM, MAT, CB, MG, Ca, P, N dégradable (méthode Aufrère).

C - Entretien des GreenFeed

- Changement des filtres à minima chaque semaine et dès que besoin ;
- Calibration des Green Feed à faire 2 fois par mois.

Le calendrier des analyses et mesures durant l'essai figure en annexe 5.

D - Stockage et traitement des données

L'ensemble des données recueillies sera stocké sur les logiciels Iconnect (santé), Aladin_idele (vêlages, tarissements, réformes, production laitière, reproduction) et sur des tableurs Excel complémentaires pour certaines données spécifiques.

Les traitements statistiques seront réalisés à l'aide du logiciel SAS / Windows, en collaboration avec le service Biométrie de l'Institut de l'Elevage.

Annexe 1. Mise en lots 2021/2022 : lots E1 et T1, vaches présentes durant tout l'essai, avec GreenFeed

Lot E1

lot T1

lot expé -gf78										lot témoin-gf79									
n° trav	date vêl	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC		n° trav	rg lact	ours lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	cel	poids	nec	
4890	08/10/2021	54	24,38	37,77	29,50	53,00	570,00	1,50	6L	4905	01/10/2021	61	24,79	35,10	29,63	27,00	567,00	1,00	
4893	11/09/2021	81	25,67	39,40	31,80	9,67	616,00	3,50	7L	4898	04/09/2021	88	25,75	38,83	31,97	21,00	593,00	2,50	
4873	18/09/2021	74	22,76	39,83	30,97	24,67	583,00	2,25	7L	4896	07/09/2021	85	23,71	41,37	31,07	10,00	578,00	2,50	
4906	18/10/2021	44	20,69	45,57	34,30	85,33	547,00	3,25	6L	4872	12/09/2021	80	20,20	46,90	32,13	26,67	557,00	2,75	
4903	16/09/2021	76	24,42	39,07	30,23	12,33	582,00	2,50	7L	4865	06/11/2021	25	24,77	40,50	34,55	45,50	578,00	2,50	
4895	26/10/2021	36	22,59	41,90	34,43	72,33	501,00	2,50	7L	4904	24/10/2021	38	23,01	45,63	31,97	18,00	551,00	2,75	
Primi A	01/10/2021	61	23,4	40,6	31,9	43	567	2,58		Primi B	29/09/2021	63	23,7	41,4	31,9	25	571	2,3	
A-B	2	-2	-0,3	-0,8	0,0	18	-4,17	0,3											
n° trav	date vêl	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC		n° trav	rg lact	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC	
4751	14/09/2021	78	34,28	36,53	34,10	18,67	683,00	1,25	HE7	4724	11/09/2021	81	34,35	35,63	29,27	31,00	694,00	1,00	
4737	17/09/2021	75	29,89	42,13	35,63	20,00	526,00	1,00	HE7	4748	27/10/2021	35	32,02	48,20	35,77	47,33	592,00	1,50	
4710	15/09/2021	77	31,25	47,93	30,67	16,33	645,00	1,25		4787	31/10/2021	31	29,68	40,53	36,17	1036,33	720,00	2,50	
Multi A	44454,3	76,7	31,8	42,2	33,5	18	618	1,2		Multi B	44482,00	49,00	32,02	41,46	33,73	372	669	1,7	
A-B	-27,67	27,67	-0,2	0,7	-0,3	-353	-51	-0,50											
n° trav	date vêl	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC		n° trav	rg lact	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC	
117	24/09/2021	68	34,53	39,70	31,00	142,00	719,00	2,50		4615	16/10/2021	46	34,22	37,93	31,53	13,67	657,00	1,00	
4693	08/09/2021	84	29,48	35,23	30,30	13,00	577,00	1,25		4587	04/11/2021	27	32,87	38,45	32,40	82,00	661,00	1,50	
4444	24/10/2021	38	34,74	52,30	34,90	19,00	696,00	2,75		4539	20/10/2021	42	35,20	50,43	33,40	242,00	783,00	1,25	
4446	27/10/2021	35	29,99	41,65	36,50	305,00	697,00	0,50		4373	22/09/2021	70	32,99	35,13	30,27	166,50	805,00	1,50	
4385	03/11/2021	28	35,79	47,80	36,20	33,00	795,00	2,25		4388	13/09/2021	79	35,86	37,17	31,73	11,33	778,00	1,50	
4560	15/09/2021	77	37,29	43,73	30,00	27,67	695,00	1,25		4626	20/09/2021	72	37,56	45,50	32,30	45,33	679,00	1,50	
4554	15/10/2021	47	38,36	46,97	31,90	16,33	654,00	1,50		4171	20/10/2021	42	38,88	48,03	31,73	26,67	723,00	1,00	
4490	22/09/2021	70	40,81	51,10	33,90	44,00	667,00	1,25		4395	04/11/2021	27	38,99	49,75	36,60	1284,50	755,00	1,50	
4472	19/10/2021	43	40,54	46,83	32,30	352,33	783,00	1,50		4582	20/10/2021	42	38,92	42,20	32,83	15,33	735,00	1,50	
4503	19/10/2021	43	39,04	44,00	30,87	7,00	682,00	2,25		4500	03/10/2021	59	42,26	43,23	27,47	20,33	671,00	1,00	
4447	11/09/2021	81	40,89	35,00	30,83	52,33	827,00	1,75		4598	25/10/2021	37	43,99	40,23	34,10	23,33	701,00	2,50	
Multi A	06/10/2021	55,8	36,5	44,0	32,6	92	708	1,7		Multi B	12/10/2021	49,36	37,4	42,6	32,2	176	723	1,43	
A-B	-6,45	6,45	-0,9	1,5	0,4	-84	-14	0,27											
Total	01/10/2021	60,3	35,5	43,6	32,8	76	689	1,6		Total	12/10/2021	49,3	36,3	42,3	32,5	218	711	1,5	
multi	-11,0	11,0	-0,8	1,3	0,3	-141	-22	0,11											
Total	01/10/2021	60,5	31,9	42,7	32,5	66	652	1,9		Total	08/10/2021	53,4	32,5	42,0	32,3	160	669	1,7	
	-7,1	7,1	-0,6	0,7	0,2	-93	-17	0,2											

Annexe 2. Mise en lots 2021/2022 : lots E2 et T2, vaches présentes durant tout l'essai, pas de GreenFeed

Lot E2

lot T2

lot expé									lot essai G	lot témoin								
n° trav	date vél	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC		n° trav	rg lact	ours lactatior	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	cel	poids	nec
4843	13/04/2021	246,00	18,53	51,63	35,80	17,51	551,00	2,50	0	4807	04/04/2021	255,00	18,31	53,83	36,38	64,41	621,00	2,25
4911	11/10/2021	65,00	20,15	42,10	31,33	100,60	522,00	1,75	6	4922	23/11/2021	22,00	18,11	50,70	36,50	4137,00	613,00	3,25
4889	29/08/2021	108,00	18,31	39,20	32,05	93,04	592,00	3,25	7	4868	09/09/2021	97,00	18,62	39,30	33,38	32,16	617,00	2,50
4909	01/11/2021	44,00	21,69	48,13	35,10	119,60	520,00	2,50	7	4869	20/10/2021	56,00	22,11	40,05	31,25	16,02	590,00	2,50
4871	20/11/2021	25,00	22,95	46,50	37,90	1066,11	600,00	3,25	6	4695	17/04/2020	607,00	22,26	52,40	38,58	37,59	673,00	2,75
4888	04/10/2021	72,00	23,94	43,65	32,05	23,55	635,00	3,25	6	4879	27/09/2021	79,00	24,15	46,10	33,58	18,83	688,00	3,50
4892	10/09/2021	96,00	26,00	47,80	33,90	73,59	593,00	2,50	6	4886	24/08/2021	113,00	27,48	36,75	32,30	217,03	536,00	1,50
Primi A	12/09/2021	94	21,7	45,6	34,0	213	573	2,71		Primi B	22/06/2021	176	21,6	45,6	34,6	646	620	2,6
A-B	82	-82	0,1	0,0	-0,5	-433	-46	0,1										
n° trav	date vél	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC		n° trav	rg lact	our lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC
4761	03/11/2021	42,0	31,8	38,5	34,8	14,5	694,0	1,3	HE7	4732	16/11/2021	29,0	26,0	37,5	35,2	213,9	591,0	1,3
4601	08/09/2020	463,0	21,9	42,4	39,4	95,6	653,0	2,8	HE7	4679	09/03/2021	281,0	22,5	51,6	42,3	22,4	676,0	1,8
4622	28/03/2021	262,0	24,7	53,8	35,4	21,9	613,0	1,3		4694	23/03/2021	267,0	25,5	43,7	34,7	35,2	571,0	1,3
4687	28/05/2021	201,0	30,2	39,5	33,5	13,0	637,0	1,5		4569	22/10/2020	419,0	29,1	40,8	34,9	15,0	656,0	1,5
Multi A	44303,0	242,0	27,1	43,5	35,8	36	649	1,7		Multi B	44296,00	249,00	25,77	43,38	36,74	72	624	1,4
A-B	7,00	-7,00	1,3	0,2	-1,0	-35	26	0,25										
n° trav	date vél	jour lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC		n° trav	rg lact	our lactation	lb 4 sem	TB 4 sem	TP 4 sem	CEL	POIDS	NEC
4480	29/04/2021	230,00	20,19	51,13	36,35	147,17	640,00	1,50		4549	01/06/2021	197,00	21,73	47,55	33,68	118,53	625,00	1,25
4517	01/12/2020	379,00	23,08	47,60	38,50	98,18	814,00	2,50		4364	11/12/2020	369,00	22,30	52,33	39,80	95,75	667,00	1,75
4511	17/04/2021	242,00	26,81	41,95	36,23	40,22	564,00	1,50		4063	29/04/2021	230,00	27,63	40,20	32,70	183,89	719,00	2,00
4471	02/05/2021	227,00	27,72	47,85	35,30	90,65	670,00	1,25		4380	16/04/2021	243,00	27,28	48,18	37,48	281,02	898,00	3,00
4558	07/06/2021	191,00	28,97	42,18	35,10	43,88	619,00	2,25		4103	08/05/2021	221,00	31,63	42,83	32,23	29,78	759,00	1,50
4399	08/04/2020	616,00	29,39	47,43	38,20	35,03	791,00	2,75		4551	03/04/2021	256,00	30,63	41,78	35,70	70,67	675,00	1,75
4285	30/11/2021	15,00	28,40							4453	03/12/2021	12,00	24,60					
4365	23/03/2021	267,00	34,07	41,78	32,57	141,57	735,00	3,00		4192	28/04/2021	231,00	32,88	45,00	33,05	80,70	713,00	1,50
4495	04/09/2021	102,00	39,63	40,27	30,73	22,13	685,00	1,25		4465	07/11/2021	38,00	38,16	45,27	34,13	49,61	677,00	0,75
Multi A	06/04/2021	252,1	28,7	45,0	35,4	77	690	2,0		Multi B	29/05/2021	199,67	28,5	45,4	34,8	114	717	1,69
A-B	-52,44	52,44	0,2	-0,4	0,5	-36	-27	0,31										
Total	10/04/2021	249,0	28,2	44,5	35,5	64	676	1,9		Total	14/05/2021	214,8	27,7	44,7	35,5	100	686	1,6
multi	-34,2	34,2	0,5	-0,2	0,0	-36	-9	0,29										
Total	03/06/2021	194,7	25,9	44,9	35,0	119	638	2,2		Total	27/05/2021	201,1	25,5	45,0	35,1	301	661	2,0
	6,4	-6,4	0,4	-0,1	-0,2	-182	-23	0,2										

Annexe 3 : Mise en lots 2021/2022 : lots E2 et T2, vaches présentes partiellement durant l'essai. Pas de GF

Lot E2

lot T2

n° trav	date vél	Jour lactation	Date de tarissement théorique	Lait	Poids	Date de tarissement proposé	Couple	n° trav	date vél	Jour lactation	Date de tarissement théorique	Lait	Poids	Date de tarissement proposé	Couple
4801	18/10/2020	423	02/01/2022	19	653	05/01/2022	1	4731	08/09/2020	463	09/01/2022	21	759	05/01/2022	1
4816	10/04/2021	249	08/01/2022	17	559	05/01/2022	2	4827	31/03/2021	259	13/01/2022	21	565	05/01/2022	2
4852	01/05/2021	228	20/01/2022	21	643	19/01/2022	3	4803	27/03/2021	263	16/01/2022	19	605	19/01/2022	3
4835	17/04/2021	242	17/01/2022	22	590	19/01/2022	4	4839	31/03/2021	259	28/01/2022	25	591	19/01/2022	4
4805	25/03/2021	265	24/01/2022	20	584	26/01/2022	5	4794	07/03/2021	283	31/01/2022	21	596	26/01/2022	5
4773	08/05/2021	221	24/01/2022	24	699	26/01/2022	6	4839	31/03/2021	259	28/01/2022	25	591	26/01/2022	6
4785	19/03/2021	271	11/02/2022	21	559	16/02/2022	7	4849	16/05/2021	213	20/02/2022	16	534	16/02/2022	7
4684	29/03/2021	261	03/01/2022	23	698	05/01/2022	8	4632	24/03/2021	266	13/01/2022	16	596	05/01/2022	8
4552	16/04/2021	243	11/01/2022	29	694	12/01/2022	9	4651	13/04/2021	246	13/01/2022	33	717	12/01/2022	9
4689	11/04/2021	248	14/01/2022	25	650	12/01/2022	10	4665	18/03/2021	272	16/01/2022	25	607	12/01/2022	10
4685	03/03/2021	287	20/01/2022	24	657	19/01/2022	11	4454	06/05/2021	223	25/01/2022	31	763	19/01/2022	11
4556	09/11/2020	401	30/01/2022	22	717	02/02/2022	12	4379	30/09/2020	441	31/01/2022	22	741	02/02/2022	12
4682	25/03/2021	265	30/01/2022	24	620	02/02/2022	13	4678	10/03/2021	280	01/02/2022	30	604	02/02/2022	13
4719	24/02/2021	294	18/03/2022	15	743	? 05/01/22	14	4562	21/10/2020	420	03/02/2022	14	787	? 05/01/22	14
4391	11/04/2021	248	04/02/2022	26	772	09/02/2022	15	4077	29/04/2021	230	10/02/2022	28	766	09/02/2022	15
4293	03/03/2021	287	08/02/2022	24	695	09/02/2022	16	4545	20/04/2021	239	14/02/2022	28	691	09/02/2022	16
4494	25/11/2020	385	18/02/2022	22	681	23/02/2022	17	4704	19/03/2021	271	24/02/2022	28	684	23/02/2022	17
4637	09/12/2020	371	01/03/2022	21	696	02/03/2022	18	4455	04/06/2021	194	06/03/2022	33	720	02/03/2022	18
				22,12	662							24,09	662		

Annexe 4 : Localisation des lots dans l'étable (2021/22)

Localisation dans l'étable :

Côté Fosse	Lot E2	Lot T2	Lot E1	Lot T1	Côté salle de Traite
	Pas de GF	Pas de GF	GF	GF	
	Auge				

Annexe 5. Calendrier des mesures et analyses prévues.

Date	Période	Pesée et NEC VL	Changement filtre Green Feed	Contrôle individuel	Photo refus
15/12/2021	Pré-expé		X	2X	X
22/12/2021	Pré-expé		X	2X	X
29/12/2021	Pré-expé		X	2X	X
05/01/2022	Expé	X	X	2X	X
12/01/2022	Expé		X	2X	X
19/01/2022	Expé		X	2X	X
26/01/2022	Expé		X	2X	X
02/02/2022	Expé	X	X	2X	X
09/02/2022	Expé		X	2X	X
16/02/2022	Expé		X	2X	X
23/02/2022	Expé		X	2X	X
02/03/2022	Expé	X	X	2X	X
09/03/2022	Expé		X	2X	X
16/03/2022	Expé	X	X	2X	X

Annexe 6 : critères demandés aux laboratoires lors des analyses

CRITERES DEMANDES ANALYSES FOURRAGES

Nature du fourrage	<u>herbe pâturée</u> Nature du fourrage	<u>maïs vert pour ensilage</u> Nature du fourrage
Date de réception		Date de réception
Type d'échantillon		Type d'échantillon
<u>modalité</u>		<u>modalité</u>
Code labo <u>Idele</u>		Code labo <u>Idele</u>
MS <u>Idele</u> %		MS <u>Idele</u> %
MM <u>Idele</u> g/kg MS		MM <u>Idele</u> g/kg MS
MO <u>Idele</u> g/kg MS		MO <u>Idele</u> g/kg MS
MAT <u>Idele</u> g/kg MS	g/kg MS	MAT <u>Idele</u> g/kg MS
CB <u>Idele</u> g/kg MS		Amidon g/kg MS
DCS <u>Idele</u> %		CB <u>Idele</u> g/kg MS
DMO <u>Idele</u> %		DCS <u>Idele</u> %
UEM UEM/kg MS		DMO <u>Idele</u> %
UEB UEB/kg MS		UEM UEM/kg MS
UEL UEL/kg MS		UEB UEB/kg MS
EB Kcal/Kg MS		UEL UEL/kg MS
NI		EB Kcal/Kg MS
UFL UFL/kg MS		NI
UFV UFV/kg MS		UFL UFL/kg MS
PDI g/kg MS		UFV UFV/kg MS
		PDI g/kg MS
		MS
PDIA g/kg MS		PDIA g/kg MS
BPR g/kg MS		BPR g/kg MS

Annexe 2 : Protocole année 2

Matériel et méthodes

A - Conduite globale de l'expérimentation

Cet essai portera la réduction des émissions indirectes de GES par le moindre recours aux concentrés protéiques achetés, permis par le remplacement de la ration habituelle du troupeau à base majoritaire d'ensilage de maïs + tourteau de colza par une ration « plus autonome » à base d'ensilage d'herbe + ensilage de maïs épi.

L'objectif est de conduire 2 lots de vaches en lactation en comparaison :

- 1 lot témoin (lot T) recevant la ration habituelle du troupeau à base d'ensilage de maïs à volonté + 5 kg MS d'ensilage d'herbe + 260 g de tourteau de colza/kg MS de maïs ;
- 1 lot expérimental (lot E) recevant une ration à base d'ensilage d'herbe précoce à volonté + 5 kg de MS d'ensilage de maïs épi (EME) + 1 kg de tourteau de colza.

Le dispositif est reconduit une deuxième année, notamment pour tenir compte de la variabilité fourragère possible (qualité des ensilages).

B - Le Déroulement de l'essai zootechnique

1 - Dispositif expérimental de l'essai

Essai analytique sur vaches laitières pendant 2 mois.

L'expérimentation se déroulera en :

- Une phase de transition de 2 semaines sur régime commun à l'étable (04/01/2023 au 17/01/2023) ;
- Ensuite, une pré-expérimentation de 2 semaines sur régime commun (18/01/2023 au 31/01/2023) ;
- Puis une phase d'expérimentation de 4 semaines (01/02/2023 au 28/02/2023) en deux lots physiques séparés, le lot T recevant la ration T, et le lot E recevant la ration E (rations décrites ultérieurement).

2 - Logement et traite

Les animaux en essai seront logés dans la même stabulation libre à logettes permettant la séparation en deux lots physiques via un système de barrières. La traite sera effectuée pour les deux lots dans la même salle de traite 2x10 TPA. Les animaux resteront à l'étable durant tout l'essai. La localisation des lots dans l'étable pour l'hiver 2022/2023 figure en annexe 1.

3 - Les animaux en essai

Les vaches laitières Prim'Holstein en essai seront réparties en deux lots physiques séparés :

- Lot T : 40 vaches de vêlages d'automne (principalement) et de printemps ; lot à composition fixe, vaches en lactation durant tout l'essai ;
- Lot E : 40 vaches de vêlages d'automne (principalement) et de printemps ; lot à composition fixe, vaches en lactation durant tout l'essai ;

Les vêlages de printemps retenus concernent uniquement les vaches dont le tarissement sera réalisé après le 15/03/2023 (fin de l'essai : 28/02/2023).

Ainsi les vaches de chaque lot seront présentes sur toute la durée de l'essai. La mise en lot 2022-2023 figure en annexe 2.

L'essai sera conduit en blocs complets équilibrés. Les blocs seront hiérarchisés par parité (primipares/multipares) :

Pour les vaches du lot T :

Le lot T sera constitué de 29 vaches ayant vêlé à l'automne 2022 (9 primipares et 20 multipares) et de 11 vaches ayant vêlé au printemps 2022 (3 primipares et 8 multipares).

Pour les vaches du lot E :

Le lot E sera constitué de 29 vaches ayant vêlé à l'automne 2022 (9 primipares et 20 multipares) et de 11 vaches ayant vêlé au printemps 2022 (3 primipares et 8 multipares).

La mise en lots sera réalisée en prenant en compte les critères suivants :

- date de vêlage 2022 (stade de lactation) ou 2023 (attendue)
- date de tarissement attendue
- parité : 1, 2, 3 et plus
- production : lait, TB, TP, dans le mois précédant l'allotement (01 au 31/12) ;
- poids et état : dernière mesure effectuée (21/12/2022)
- *Facteurs à contrôler* : âge au premier vêlage pour les primipares

Récapitulatif de la composition des lots physiques hiver 2022/2023 :

	Vêlages de printemps		Vêlages d'automne		
	Primipares	Multipares	Primipares	Multipares	TOTAL
Lot T	3	8	9	20	40
Lot E	3	8	9	20	40

4 - L'alimentation

Régimes expérimentaux :

2 lots seront conduits en comparaison :

- Lot T recevant la ration habituelle du troupeau à base d'ensilage de maïs (EM) à volonté + 5 kg MS d'ensilage d'herbe précoce + 260 g de tourteau de colza/kg MS de maïs ;
- Lot E recevant une ration à base d'ensilage d'herbe précoce à volonté + 5 kg de MS d'ensilage de maïs épi (EME) + 1 kg de tourteau de colza.

L'ensilage d'herbe des 2 lots sera identique (ensilage d'herbe coupe fine récolté précocement en 2022). Le maïs utilisé sera uniquement issu des récoltes 2022 (EM et EME).

Complémentation azotée :

L'objectif est d'atteindre dans les deux lots un niveau d'équilibre énergie/azote de ration totale de 95g PDIE/UFL. Pour cela, du tourteau de colza 35 sera apporté à raison de 260 g /kg MS de maïs dans le lot témoin. Le tourteau de colza 35 sera apporté à raison de 1 kg/VL/j dans le lot expérimental. Les quantités seront ajustées en fonction des résultats d'analyses des fourrages.

Complémentation minérale :

300 g minéral 3-26-4 par vache et par jour.

Pour les minéraux, la pesée précise des quantités apportée se fera en seau sur balance de précision, puis les seaux seront versés dans la remorque mélangeuse. Pour les autres aliments, la pesée s'effectue via les pesons de la mélangeuse.

Mode d'apport des aliments :

Ration complète mélangée à l'auge

Régimes 2022-2023 :

TRANSITION	Lots T et E
EH kg MS/vl/j	5
EM kg MS/vl/j	15
EME kg MS/vl/j	0
Tourteau de Colza kg brut/vl/j	4
Minéral 3-26-4 kg/vl/j	0.3

PRE EXPERIMENTATION	Lots T et E
EH kg MS/vl/j	9
EM kg MS/vl/j	9
EME kg MS/vl/j	2
Tourteau de Colza kg brut/vl/j	2.4
Minéral 3-26-4 kg/vl/j	0.3

EXPERIMENTATION	Lot T	Lot E
EH kg MS/vl/j	5	15
EM kg MS/vl/j	15	0
EME kg MS/vl/j	0	5
Tourteau de Colza kg brut/vl/j	4	1
Minéral 3-26-4 kg/vl/j	0.3	0.3

5 - Conduite animale

Tous les événements sanitaires et de reproduction seront enregistrés.

Etat corporel

Objectif : entre 3 et 3,5 au vêlage

Gestion de la reproduction

Les vaches ayant vêlé à l'automne 2022 seront intégrées aux lots T et E :

- Période de vêlage : 28/08/22 au 06/12/22
- Période d'IA : 25/11/2022 au 01/03/2023

Les vaches ayant vêlé au printemps 2022 seront intégrées aux lots T et E :

- Période de vêlage 2022 : 03/03/2022 au 07/06/2022
- Période d'IA : 27/05/2022 au 05/09/2022
- Période de vêlage 2023 attendue : 13/03/2023 au 08/06/2023

Tarissements et vêlages

Les animaux retenus dans les deux lots ont été choisis pour suivre tout l'essai. Il se peut que des tarissements soient réalisés précocement en fonction de l'animal. Lorsqu'une vache devra être tarie, l'autre vache du bloc le sera également.

C - Volet environnement : évaluation des émissions de GES

Calcul Automatisé des Performances Environnementales en Elevage de Ruminants :

CAP'2ER évalue les impacts environnementaux à l'échelle d'un élevage de ruminants par atelier. Cet outil d'aide à la décision permet aux conseillers de statuer l'empreinte carbone d'une exploitation, d'identifier des marges de progrès et de construire des plans d'actions.

Dans le cadre du projet ABCD 2022-2023, un CAP'2ER fut réalisé afin de quantifier les émissions de GES de la ration « autonome ». Ainsi, nous pourrions comparer l'empreinte carbone des deux rations et compléter les résultats de production.

Mesures et analyses, gestion des données

A - Mesures et analyses réalisées

L'annexe 3 récapitule les mesures réalisées

- **Ration de base à l'auge (ensilages, colza, minéral) :**
 - Finesse de hachage du maïs au silo (tamis secoueur) à chaque changement de régime ;
 - Pesée des quantités distribuées tous les jours et des refus 3 fois par semaine ;
 - Détermination de la MS des ensilages distribués 1 fois par semaine (étuve 48h à 80°C) ;
 - Détermination de la MS des refus lors de leur pesée.

- **Production laitière :**
 - Enregistrement de la production laitière bi quotidienne (compteurs à lait en salle de traite) ;
 - Prélèvement d'échantillons pour détermination des taux et des comptages cellulaires durant 4 traites consécutives chaque semaine pour analyse des variables suivantes : TP, TB, cellules et urée.

- **Poids et état des animaux :**
 - Double pesée et état en début (21/12/2022), à chaque changement de régime, et en fin d'essai ;
 - Pesée et note d'état le jour de la réforme si elle intervient en cours d'essai.

- **Événements sanitaires et de reproduction :**

- Tous les événements sanitaires (symptômes, maladies, traitements) et reproduction seront enregistrés.

B - Analyses des aliments (annexe 4)

- **Fourrages distribués :**

- Analyse fourragère : MS, MM, MAT, CB, amidon (maïs), DE1, DCS, DMO : 2 fois par mois ;
- Refus : MS, MM, CB, MAT du mélange restant : 2 fois par mois.

- **Concentrés (colza) :**

- Analyse à chaque livraison ou à minima 1 fois par mois : MS, MM, MAT, CB, MG, Ca, P, N dégradable (méthode Aufrère).

C - Stockage et traitement des données

L'ensemble des données recueillies sera stocké sur les logiciels Iconnect (santé), Aladin_idele (vêlages, tarissements, réformes, production laitière, reproduction) et sur des tableurs Excel complémentaires pour certaines données spécifiques.

Les traitements statistiques seront réalisés à l'aide du logiciel SAS / Windows, en collaboration avec le service Biométrie de l'Institut de l'Élevage.

Annexe 1 : Localisation des lots dans l'étable 2022-2023

Localisation dans l'étable :

Côté Fosse	Lot hors essai	Lot T	Lot E	Côté salle de Traite
	Auge			

Annexe 2 : Mise en lots 2022/2023 : lots T et E

Lot T

Lot E

LOT TEMOIN									
Vache	date vêlage	Rang	Lait	TB	TP	Cellules	Poids	NEC	Bloc
5010	16/09/2022	1	26.4	43.1	33.4	27	538	1.50	1
4940	17/03/2022	1	21.2	41.7	35.6	16	591	2.00	2
5012	23/10/2022	1	21.2	43.1	33.8	29	518	1.75	3
5006	07/10/2022	1	21.9	36.6	30.1	252	538	1.75	4
5013	07/09/2022	1	22.4	45.9	33.6	55	556	1.50	5
5022	17/10/2022	1	26.7	37.0	30.2	30	611	1.50	6
4953	18/04/2022	1	21.4	51.1	37.1	452	628	1.75	7
4992	25/10/2022	1	19.3	44.2	33.0	14	604	2.00	8
4970	05/03/2022	1	20.5	48.2	35.0	100	710	2.25	9
4997	19/09/2022	1	22.3	46.6	33.3	49	539	2.00	10
4993	25/09/2022	1	23.9	44.6	31.7	15	588	1.75	11
5039	08/10/2022	1	19.2	51.3	38.3	38	503	1.75	40

PRIMI TEMOIN	15/08/2022	1.0	22.1	44.2	33.7	46.3	574.5	1.8	
TEMOIN-EXPE	-7.8	0.0	-0.2	1.8	1.6	12.6	-5.1	0.0	

LOT EXPERIMENTAL									
Vache	date vêlage	Rang	Lait	TB	TP	Cellules	Poids	NEC	Bloc
5001	21/09/2022	1	27.8	42.9	30.1	38	608	2	1
4986	21/03/2022	1	21.2	36.6	35.9	81	642	1.75	2
5003	21/09/2022	1	23.5	44.8	33.0	20	663	2	3
5033	21/09/2022	1	22.0	37.6	34.1	22	589	1.75	4
5024	23/09/2022	1	21.8	45.6	34.2	21	571	2.25	5
5011	28/10/2022	1	28.1	39.5	28.8	70	568	1.25	6
4982	07/05/2022	1	18.9	49.5	35.4	121	624	2	7
5002	23/10/2022	1	22.0	43.9	30.0	22	561	1.75	8
4960	14/04/2022	1	20.3	46.3	34.5	32	555	2.5	9
5025	11/09/2022	1	21.0	44.9	32.7	21	552	1.5	10
5043	17/11/2022	1	22.4	44.7	31.0	30	551	1.75	11
5036	12/10/2022	1	20.7	35.4	27.0	19	492	1.5	40

PRIMI EXPE	23/08/2022	1.0	22.3	42.4	32.1	33.7	579.6	1.8	
-------------------	-------------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	------------	--

LOT TEMOIN									
Vache	date vêlage	Rang	Lait	TB	TP	Cellules	Poids	NEC	Bloc
4903	30/09/2022	2	24.3	44.7	36.5	27	676	2.00	12
4904	17/10/2022	2	29.2	40.7	30.8	9	595	1.75	13
4898	30/08/2022	2	29.9	43.0	33.8	26	625	1.75	14
4893	14/09/2022	2	31.5	43.0	32.8	15	669	2.50	15
4865	15/10/2022	2	25.8	44.3	32.6	20	587	1.75	16
4827	10/03/2022	2	24.1	46.8	39.8	106	632	2.00	17
4807	19/05/2022	2	22.6	53.3	36.5	69	658	2.00	18
4773	22/03/2022	2	27.3	35.4	31.1	78	763	2.00	19
4873	26/10/2022	2	32.5	40.3	30.3	22	651	2.50	20
4293	11/04/2022	6	26.0	41.8	34.4	187	651	1.25	21
4455	17/04/2022	5	26.6	41.4	35.3	101	745	1.50	22
4637	01/05/2022	3	26.4	60.6	38.9	23	746	1.75	23
4687	03/06/2022	3	27.8	45.8	33.4	41	648	1.75	24
4582	16/09/2022	4	18.4	42.7	34.5	57	767	3.00	25
4503	17/10/2022	5	37.5	38.1	30.0	197	693	1.75	26
4626	05/09/2022	4	32.2	43.5	31.6	57	689	1.50	27
4444	15/09/2022	5	31.7	45.1	33.3	48	685	1.50	28
4395	13/10/2022	5	30.9	47.9	31.6	210	747	1.25	29
4569	16/09/2022	4	35.8	39.0	30.1	23	679	1.50	30
4373	20/09/2022	6	36.8	43.6	29.5	168	801	1.50	31
4192	11/09/2022	6	38.7	45.5	30.9	26	704	1.25	32
4554	06/11/2022	4	36.5	45.6	31.9	21	688	1.75	33
4385	19/11/2022	6	31.8	52.5	34.6	146	758	2.00	34
4761	24/10/2022	3	32.5	42.5	29.9	17	708	1.25	35
4724	23/10/2022	3	35.7	40.9	28.6	51	748	1.50	36
4446	13/11/2022	5	39.5	42.5	29.3	38	700	1.00	37
4500	07/11/2022	5	42.6	37.8	27.5	21	671	1.50	38
4665	18/03/2022	3	25.3	36.4	31.0	82	627	1.50	39

MULTI TEMOIN	18/08/2022	3.4	30.2	43.5	32.4	46.5	687.6	1.7	
TEMOIN-EXPE	3.5	0.2	-0.4	-1.8	-1.1	-6.0	12.0	0.1	

LOT EXPERIMENTAL									
Vache	date vêlage	Rang	Lait	TB	TP	Cellules	Poids	NEC	Bloc
4906	26/09/2022	2	24.3	47.9	34.3	25	618	2.00	12
4896	21/10/2022	2	29.4	42.8	33.6	191	637	1.75	13
4886	29/08/2022	2	29.8	39.6	35.2	233	597	1.25	14
4892	10/10/2022	2	31.0	49.6	32.5	29	643	1.75	15
4879	20/09/2022	2	25.6	49.9	34.8	22	743	1.50	16
4795	01/04/2022	2	23.0	52.3	38.6	34	665	1.75	17
4849	18/04/2022	2	22.3	50.3	38.3	49	568	1.75	18
4785	10/04/2022	2	25.1	45.6	37.0	41	628	1.50	19
4843	03/09/2022	2	26.8	44.9	33.6	22	642	1.50	20
4391	09/04/2022	5	25.3	47.3	35.6	272	756	1.75	21
4454	01/04/2022	5	30.1	38.0	33.0	57	746	1.75	22
4545	11/04/2022	4	25.4	57.1	37.0	213	659	2.00	23
4558	07/06/2022	4	30.4	47.6	35.4	36	699	1.75	24
4693	19/09/2022	3	26.6	39.1	30.4	40	561	1.25	25
4710	31/10/2022	3	38.2	47.9	32.4	29	713	1.50	26
4615	29/08/2022	4	29.1	43.1	32.8	60	664	1.25	27
4490	15/09/2022	4	32.9	50.7	32.9	69	700	1.25	28
4694	29/09/2022	3	32.2	44.2	31.9	17	646	1.50	29
117	14/09/2022	7	34.7	35.8	30.0	76	707	1.75	30
4380	19/09/2022	5	38.9	47.5	32.9	33	858	1.75	31
4447	28/08/2022	5	37.3	42.4	33.2	29	815	1.25	32
4622	06/11/2022	3	36.2	46.7	28.7	21	668	1.75	33
4453	02/12/2022	5	35.3	54.7	36.4	499	691	2.00	34
4732	30/10/2022	3	34.5	42.7	30.6	13	586	1.25	35
4587	22/10/2022	4	37.3	33.7	28.1	19	669	1.75	36
4751	23/11/2022	3	39.5	45.2	33.6	23	732	1.75	37
4495	13/10/2022	5	45.5	39.1	28.6	172	702	1.50	38
4689	15/03/2022	3	24.5	49.6	38.3	185	695	1.75	39

MULTI EXPE	15/08/2022	3.2	30.6	45.2	33.4	52.5	675.6	1.6	
-------------------	-------------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	------------	--

Annexe 3 : Calendrier des mesures et analyses prévues

Date	Période	Pesée et NEC	Contrôle individuel	Finesse de hachage	MS et pesée refus	MS des ensilages	Analyse fourrages et refus	Analyses colza
21/12/2022		X						
03/01/2023			2X					
04/01/2023	Transition			X	X	X	X	
06/01/2023	Transition				X			
09/01/2023	Transition				X			
10/01/2023	Transition		2X					
11/01/2023	Transition				X	X		
13/01/2023	Transition				X			
16/01/2023	Transition				X			
17/01/2023	Transition	X	2X					
18/01/2023	Pré-expé			X	X	X	X	X
20/01/2023	Pré-expé				X			
23/01/2023	Pré-expé				X			
24/01/2023	Pré-expé		2X					
25/01/2023	Pré-expé				X	X		
27/01/2023	Pré-expé				X			
30/01/2023	Pré-expé				X			
31/01/2023	Pré-expé	X	2X					
01/02/2023	Expé			X	X	X	X	
03/02/2023	Expé				X			
06/02/2023	Expé				X			
07/02/2023	Expé		2X					
08/02/2023	Expé				X	X		
10/02/2023	Expé				X			
13/02/2023	Expé				X			
14/02/2023	Expé		2X					
15/02/2023	Expé				X	X	X	X
17/02/2023	Expé				X			
20/02/2023	Expé				X			
21/02/2023	Expé		2X					
22/02/2023	Expé				X	X		
24/02/2023	Expé				X			
27/02/2023	Expé				X			
28/02/2023	Expé	X	2X					
01/03/2023					X			

Annexe 4 : Critères demandés aux laboratoires lors des analyses

CRITERES DEMANDES ANALYSES FOURRAGES

	<u>herbe pâturée</u>		<u>maïs vert pour ensilage</u>
Nature du fourrage	Nature du fourrage		
Date de réception			Date de réception
Type d'échantillon			Type d'échantillon
<u>modalité</u>			<u>modalité</u>
Code labo <u>Idele</u>			Code labo <u>Idele</u>
MS <u>Idele</u> %			MS <u>Idele</u> %
MM <u>Idele</u> g/kg			MM <u>Idele</u> g/kg MS
MS			MO <u>Idele</u> g/kg MS
MO <u>Idele</u> g/kg MS			MAT <u>Idele</u> g/kg MS
MAT <u>Idele</u> g/kg MS			Amidon g/kg MS
CB <u>Idele</u> g/kg MS			CB <u>Idele</u> g/kg MS
DCS <u>Idele</u> %			DCS <u>Idele</u> %
DMO <u>Idele</u> %			DMO <u>Idele</u> %
UEM UEM/kg MS			UEM UEM/kg MS
UEB UEB/kg MS			UEB UEB/kg MS
UEL UEL/kg MS			UEL UEL/kg MS
EB Kcal/Kg MS			EB Kcal/Kg MS
NI			NI
UFL UFL/kg MS			UFL UFL/kg MS
UFV UFV/kg MS			UFV UFV/kg MS
PDI g/kg MS			PDI g/kg MS
PDIA g/kg MS			MS
BPR g/kg MS			PDIA g/kg MS
			BPR g/kg MS

Annexe 3 : Résultats des CAP2ER des rations



Ration témoin 2022

- 0 Niveau 1



Diagnostic CAP2ER® réalisé par : - - 15/03/2023

MON ATELIER LAIT

Système de référence : Plaine >30% maïs



MON TROUPEAU					
Lait vendu corrigé	Vaches laitières	Production par vache	Production par ha	Age au 1 ^{er} vêlage	Chargement apparent
1 001 103	125	8 100	8 508	25,0	1,4
litres		LVL	L/ha SFP lait	mois	UGB/ha SFP lait



MES SURFACES					
SAU Lait*	SFP lait	Prairies permanentes	Prairies temporaires	Linéaires de haies	Azote organique
119	119	20	50	15 624	136
ha	ha	ha	ha	mètres	kg N/ha SAU Lait**

Intrants consommés par l'atelier



Contributions positives de mon atelier



*SAU lait = SFP de l'atelier lait + ha de cultures autoconsommées par l'atelier laitier

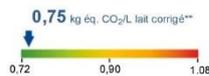
**ParFAIRIV®, CEREOPA

MON EMPREINTE CARBONE

Empreinte carbone nette

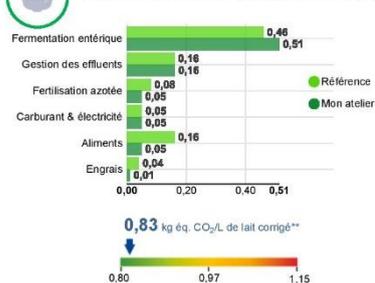


10% de mes émissions de GES* sont compensées par le stockage de carbone

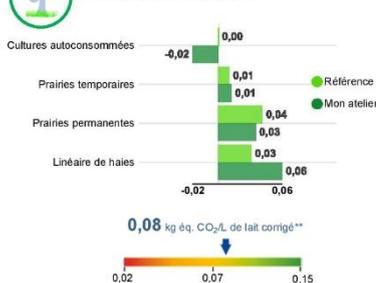


**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

Emissions de GES* (CH₄, N₂O et CO₂)



Stockage de carbone



Comparaison par rapport à un système fourrageur équivalent
Diagnostic CAP2ER® Niveau 1 - Version 8.2.7 du 11/2022

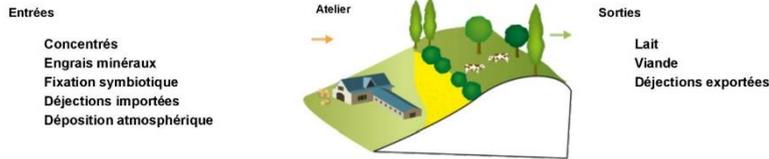


- 0 Niveau 1 Ration témoin 2022



MA GESTION DE L'AZOTE

Bilan de l'azote simplifié à l'échelle de l'atelier



La différence entre les entrées et les sorties est appelée excédent du bilan.



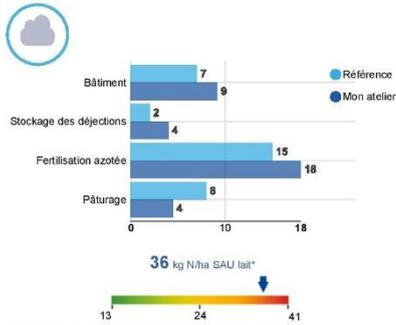
Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'EAU (LESSIVAGE)



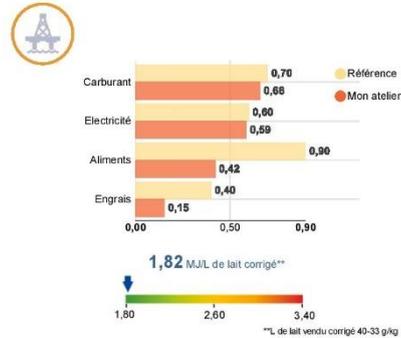
Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'AIR (AMMONIAC)



*SAU lait : SFP de l'atelier lait + ha de céréales autoconsommées par l'atelier lait

MES CONSOMMATIONS D'ENERGIE



**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

Diagnostic CAP2ER® Niveau 1 - Version 8.2.7 du 11/2022



- 0 Niveau 1

Ration expé 2022



Diagnostic CAP2ER® réalisé par : - - 15/03/2023

MON ATELIER LAIT

Système de référence : Plaine >30% maïs



MON TROUPEAU

Lait vendu corrigé	Vaches laitières	Production par vache	Production par ha	Age au 1 ^{er} vêlage	Chargement apparent
911 097	125	7 387	7 387	25,0	1,3
litres		L/VL	L/ha SFP lait	mois	UGB/ha SFP lait



MES SURFACES

SAU Lait*	SFP lait	Prairies permanentes	Prairies temporaires	Linéaires de haies	Azote organique
125	125	20	64	15 624	129
ha	ha	ha	ha	mètres	kg N/ha SAU Lait**

Intrants consommés par l'atelier



Azote minéral
18
kg N/ha SAU lait*



Carburant
146
L/ha SAU lait*



Concentrés
95
g/L



Electricité
69
kWh/1000 L lait

Contributions positives de mon atelier



Potentiel nourricier**
Je nourris
3 755 pers. / an
soit 30 pers./ha SAU lait*



Stockage de carbone
Je stocke
236
kg de carbone/ha SAU lait*



Biodiversité
J'entretiens 1,4 ha de biodiversité/ha SAU lait*

*SAU lait = SFP de l'atelier lait + ha de céréales autoconsommées par l'atelier laitier

**ParAlim®, CERECOPA

MON EMPREINTE CARBONE

Empreinte carbone nette



Empreinte carbone nette



Emissions de GES*



Stockage de carbone

11% de mes émissions de GES* sont compensées par le stockage de carbone

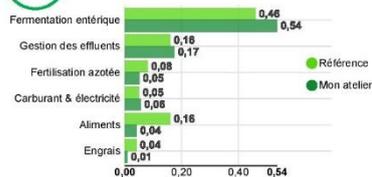


**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

*GES : Gaz à Effet de Serre



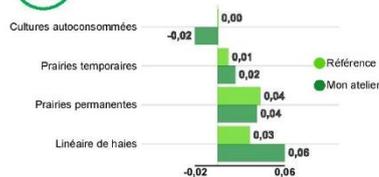
Emissions de GES* (CH₄, N₂O et CO₂)



0,87 kg eq. CO₂/L de lait corrigé**



Stockage de carbone



0,10 kg eq. CO₂/L de lait corrigé**



**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent
Diagnostic CAP2ER® Niveau 1 - Version 8.2.7 du 11/2022



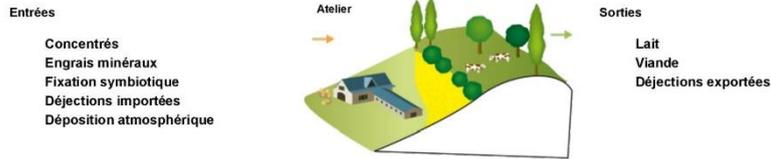
-0 Niveau 1

Ration expé 2022



MA GESTION DE L'AZOTE

Bilan de l'azote simplifié à l'échelle de l'atelier



La différence entre les entrées et les sorties est appelée excédent du bilan.

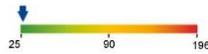


Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'EAU (LESSIVAGE)

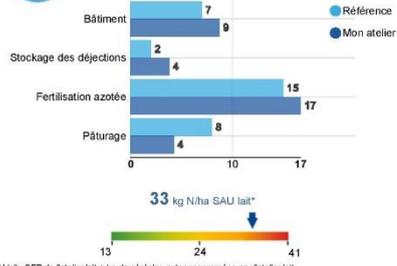


0 kg N/ha SAU lait*



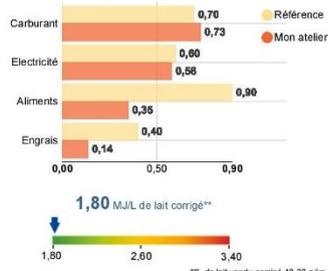
Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'AIR (AMMONIAC)



*SAU lait : SFP de l'atelier lait + ha de céréales autoconsommées par l'atelier lait

MES CONSOMMATIONS D'ENERGIE



**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

Diagnostic CAP2ER® Niveau 1 – Version 8.2.7 du 11/2022



- 0 Niveau 1

Ration témoin 2023



Diagnostic CAP'2ER® réalisé par : - - 15/03/2023

MON ATELIER LAIT

Système de référence : Plaine >30% maïs



MON TROUPEAU

Lait vendu corrigé	Vaches laitières	Production par vache	Production par ha	Age au 1 ^{er} vêlage	Chargement apparent
995 233	125	8 053	8 459	25,0	1,4
litres		L/VL	L/ha SFP lait	mois	UGB/ha SFP lait



MES SURFACES

SAU Lait*	SFP lait	Prairies permanentes	Prairies temporaires	Linéaires de haies	Azote organique
119	119	20	50	15 624	136
ha	ha	ha	ha	mètres	kg N/ha SAU Lait**

Intrants consommés par l'atelier



Azote minéral
22
kg N/ha SAU lait*



Carburant
150
L/ha SAU lait*



Concentrés
114
g/L



Electricité
69
kWh/1000 L lait

Contributions positives de mon atelier



Potentiel nourricier**
Je nourris
4 081 pers. / an
soit 34 pers./ha SAU lait*



Stockage de carbone
Je stocke
228
kg de carbone/ha SAU lait*



Biodiversité
J'entretiens 1,5 ha de biodiversité/ha SAU lait*

*SAU lait = SFP de l'atelier lait + ha de céréales autoconsommées par l'atelier laitier

**ParAllim®, CERECOPA

MON EMPREINTE CARBONE

Empreinte carbone nette



Empreinte carbone nette

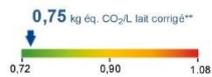


Emissions de GES*



Stockage de carbone

10% de mes émissions de GES* sont compensées par le stockage de carbone

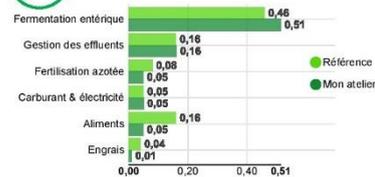


**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

*GES : Gaz à Effet de Serre



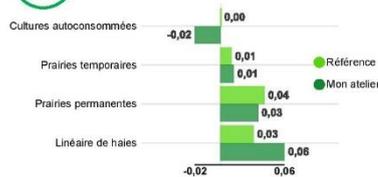
Emissions de GES* (CH₄, N₂O et CO₂)



0,83 kg eq. CO₂/L de lait corrigé**



Stockage de carbone



0,08 kg eq. CO₂/L de lait corrigé**



**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

Comparaison par rapport à un système fourrageur équivalent.
Diagnostic CAP'2ER® Niveau 1 - Version 8.2.7 du 11/2022



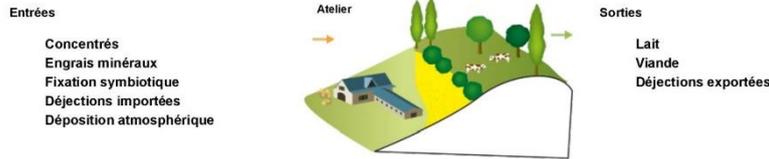
-0 Niveau 1

Ration témoin 2023



MA GESTION DE L'AZOTE

Bilan de l'azote simplifié à l'échelle de l'atelier



La différence entre les entrées et les sorties est appelée excédent du bilan.



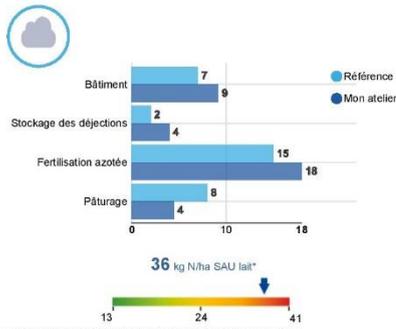
Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'EAU (LESSIVAGE)



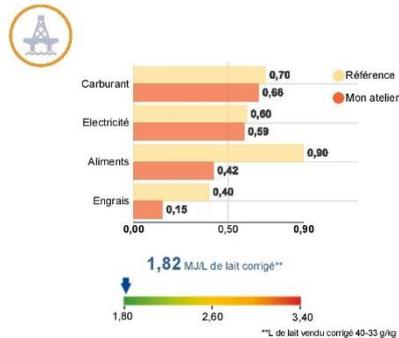
Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'AIR (AMMONIAC)



*SAU lait : SFP de l'atelier lait + ha de céréales autoconsommées par l'atelier lait

MES CONSOMMATIONS D'ENERGIE



**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg



- 0 Niveau 1

Ration expé 2023



Diagnostic CAP'2ER® réalisé par : - - 15/03/2023

MON ATELIER LAIT

Système de référence : Plaine >30% maïs



MON TROUPEAU

Lait vendu corrigé	Vaches laitières	Production par vache	Production par ha	Age au 1 ^{er} vêlage	Chargement apparent
916 967	125	7 433	7 433	25,0	1,3
litres		L/VL	L/ha SFP lait	mois	UGB/ha SFP lait



MES SURFACES

SAU Lait*	SFP lait	Prairies permanentes	Prairies temporaires	Linéaires de haies	Azote organique
125	125	20	64	15 624	129
ha	ha	ha	ha	mètres	kg N/ha SAU Lait**

Intrants consommés par l'atelier



Contributions positives de mon atelier



*SAU lait = SFP de l'atelier lait + ha de céréales autoconsommées par l'atelier laitier

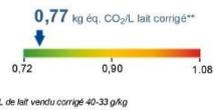
**ParAllim®. CERECOPA

MON EMPREINTE CARBONE

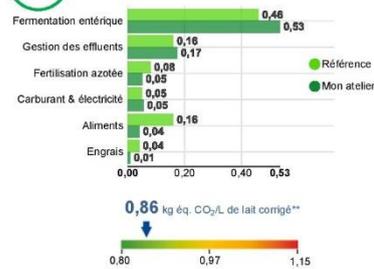
Empreinte carbone nette



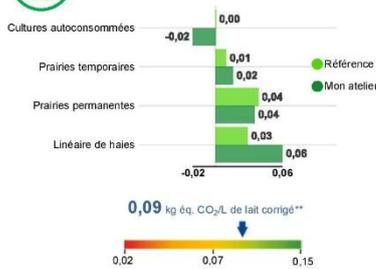
11% de mes émissions de GES* sont compensées par le stockage de carbone



Emissions de GES* (CH₄, N₂O et CO₂)



Stockage de carbone



Comparaison par rapport à un système fourrageur équivalent
Diagnostic CAP'2ER® Niveau 1 - Version 8.2.7 du 11/2022

**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg



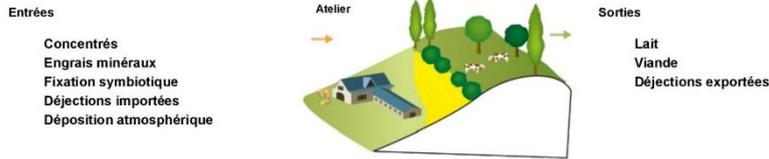
- 0 Niveau 1

Ration expé 2023



MA GESTION DE L'AZOTE

Bilan de l'azote simplifié à l'échelle de l'atelier



La différence entre les entrées et les sorties est appelée excédent du bilan.



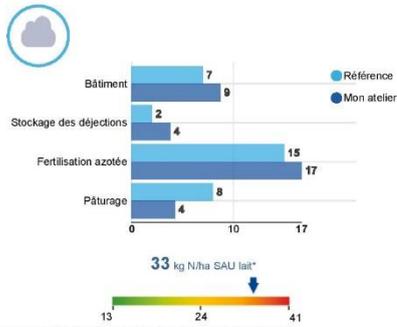
Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'EAU (LESSIVAGE)



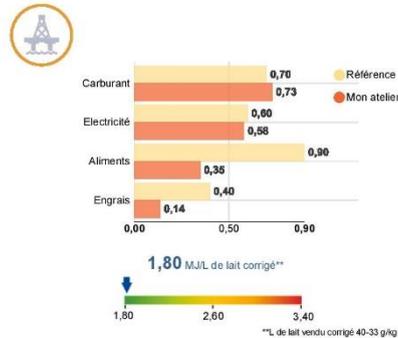
Comparaison par rapport à un système fourrager équivalent

MES PERTES POTENTIELLES D'AZOTE VERS L'AIR (AMMONIAC)



*SAU lait : SFP de fâtelier lait + ha de céréales autoconsommées par fâtelier lait

MES CONSOMMATIONS D'ENERGIE



**L de lait vendu corrigé 40-33 g/kg

Diagnostic CAP'2ER® Niveau 1 - Version 8.2.7 du 11/2022

2. Expérimentation en Cornouailles

Évaluation des effets des régimes à base de soja par rapport aux régimes sans soja sur la production laitière et les émissions de gaz à effet de serre, sur le site de Future Farm du Duchy College



Introduction

Suite à la visite de la délégation bretonne et à la communication des résultats des travaux réalisés à la station expérimentale de Trévarez, des régimes alimentaires ont été élaborés dans le cadre de l'expérimentation visant à évaluer les effets des régimes à base de soja et des régimes sans soja sur la production laitière, sur le site de Future Farm du Duchy College. Des équipements adaptés de mesure du méthane ont également été achetés (Guardian NG d'Edinburgh Instruments). Néanmoins, le démarrage de l'expérimentation a dû être retardé, car la structure portante du système automatique d'alimentation sur le site de Future Farm était défectueuse. Le problème s'est résolu dans le cadre des accords de garantie conclus avec les fournisseurs et l'expérimentation a débuté en février 2022. Les vaches étaient en milieu de cycle de lactation et, par conséquent, leur production de lait était en baisse.

Contexte

Le site de Future Farm du Duchy College est situé dans l'est des Cornouailles anglaises, où le climat est de type océanique tempéré (avec des étés et des hivers doux). Les précipitations moyennes annuelles au cours des dix dernières années étaient de 1 375 mm. Bien que les précipitations soient plus fortes durant l'hiver (environ 120 mm/mois), les étés sont également très humides (environ 70 mm/mois). Ces conditions favorisent la pousse de l'herbe tout au long du printemps, de l'été et de l'automne. La température moyenne est d'environ 12 °C, allant d'une moyenne de 8,5 °C en janvier et février à 17 °C en juillet et août. Les sols

sont principalement constitués de terreau argileux sur du *shillet* (gravier de schiste), typique de vastes zones des Cornouailles et de l'ouest du Devon, et l'altitude varie entre 140 et 200 m au-dessus du niveau de la mer.

L'élevage laitier représente la principale production commerciale de la ferme, et se compose habituellement de 220 vaches, principalement de race Holstein Frisonne, et d'environ 60 génisses de renouvellement par génération. La ferme compte actuellement 196 bovins, en raison de l'abattage obligatoire dû à la tuberculose bovine, et environ 80 jeunes génisses de renouvellement nées en 2021 (donc un total de 140 génisses de renouvellement actuellement).

La superficie totale de l'exploitation est de 267 ha, dont un total de 186 ha dédiés à la production laitière, soit la « Surface agricole utile » (SAU). Pour la période 2021-22, il s'agit de 14 ha de maïs, 17 ha d'orge de printemps et de pois, 18 ha de blé d'hiver et 95 ha d'herbe. L'objectif du système cultural est d'apporter à l'élevage laitier une qualité et un volume fourragers durables et adéquats, sous forme de pâturages et de fourrages conservés.

Le site de « Future Farm », d'une capacité de 220 bovins, a été développé non seulement au titre de ferme en activité, mais également en tant que centre d'enseignement et de recherche sur le secteur laitier. Du fait de l'utilisation de panneaux synthétiques translucides de haute qualité pour la couverture, l'apport de lumière du jour a pu être amélioré sans avoir recours à la production de rayonnement thermique supplémentaire à l'intérieur du bâtiment. En outre, leur légèreté par rapport aux matériaux conventionnels de couverture a permis d'utiliser des systèmes de ventilation mécanique automatisés pour maintenir un taux optimal d'humidité relative. La nécessité de construire d'un seul tenant une étable classique à boxes pour bovins, avec son évacuation centrale par le faitage pour faciliter la ventilation naturelle, a ainsi été écartée. Cela a permis de réduire considérablement la quantité d'acier nécessaire à la construction et, par conséquent, de réduire les coûts financiers et coûts carbone par rapport à une conception plus conventionnelle, en plus d'obtenir un bâtiment moins élevé et visuellement attrayant. Les côtés du bâtiment sont des filets brise-vent très résistants, qui montent et descendent automatiquement pour optimiser la température, l'humidité et la circulation de l'air à l'intérieur. Les systèmes d'éclairage sont automatisés pour garantir des conditions optimales de luminosité toute l'année.

À l'intérieur du bâtiment, les 249 boxes pour bovins ont été conçus en se basant sur les dimensions

optimales, à partir de matériaux flexibles pour permettre aux bovins de se tenir debout et de se coucher sans crainte de se blesser, et comportant des matelas en caoutchouc couverts d'une litière de sciure de bois et de chaux pour un maximum de confort apporté aux bovins. Les boxes sont utilisés à un taux d'occupation maximal de 90 % (224 bovins). Le bien-être animal est également amélioré par un système automatique d'alimentation, capable de fournir une ration totale mélangée jusqu'à cinq fois par jour. Cela, s'ajoutant à un espacement optimal pour l'alimentation et à une hauteur optimale du rail d'alimentation, a permis de garantir que les bovins ont toujours accès à des aliments de haute qualité. Le maintien des conditions d'hygiène et le contrôle de la boiterie chez les bovins sont assurés grâce aux matelas en caoutchouc, ainsi qu'aux raclours automatiques et rainures antidérapantes des sols en béton, et aux plafonds à claire-voie pour les canaux à effluents.

Future Farm facilite la division du troupeau en trois groupes ou mini-troupeaux, permettant de les conduire ou de leur administrer des régimes alimentaires différents aux fins de la recherche. L'infrastructure, dotée d'un système LoRaWAN pour connecter des dispositifs reliés par capteurs au sein de l'installation et dans tout College Farm, permet de mesurer les intrants et extrants, de les enregistrer, de les comparer et de les communiquer sous forme de rapport pour chaque mini-troupeau. Le caractère unique de cette installation est sa capacité à séparer et stocker les effluents en provenance de chacun des groupes individuellement.

Les veaux femelles sont élevés en groupes de 35, sur des régimes automatiques de lait artificiel à base de lactosérum, en stabulation libre sur litière de paille, jusqu'au sevrage à 12 semaines. Les génisses de renouvellement plus âgées sont élevées dans des boxes avec litière de sable, dans une étable conventionnelle en planches Yorkshire durant l'hiver, et en pâturage l'été.

Le maintien de normes élevées en termes de santé animale est assuré par l'utilisation des plus récentes technologies de traite, dans une salle de traite en épi Boumatic 20/40, intégrant le décrochage et le nettoyage automatiques pour réduire le risque de mammites. La production de lait est enregistrée individuellement par animal et il est également possible d'évaluer la conductivité, la matière grasse et les protéines.

Les effluents provenant de chacune des trois zones distinctes sont gérés de manière individuelle. Sous l'espace de stabulation, il existe différents canaux à effluents qui les siphonnent vers une fosse de réception

individuelle, depuis chacune des zones. Ensuite, les effluents sont pompés chaque semaine dans l'un des trois sites de stockage des effluents. Il en existe un autre pour les zones communes (c.-à-d. salle de traite, parc de contention et couloirs de retour).

Le lait de l'élevage est vendu à Saputo Dairy UK pour la production de fromage à pâte dure (Cheddar), notamment « Cathedral City », marque phare sur le marché britannique. L'objectif global est donc de produire du lait à haute teneur en matière grasse et protéines, à partir de fourrages, sans compromettre le bien-être animal. La production visée par vache est de ~8 500 l de lait produits par an, tout en maintenant les pertes au minimum par un contrôle approprié des cas de mammites et une intervention minimale en termes d'antibiotiques. La qualité du lait correspond actuellement à un taux protéique de 3,38 % et à un taux butyreux de 4,20 %.

Les vêlages de tous les animaux se déroulent sous forme de vêlages groupés d'automne, et les naissances ont lieu durant les mois d'août à octobre (il est possible qu'un petit nombre mette bas en novembre), dans l'objectif de fixer des intervalles vêlage-vêlage de 12 mois pour chaque animal (399 jours actuellement) et un taux de réforme de 20 % (25 % actuellement). Les animaux pour lesquels le vêlage est proche ont accès à un enclos et à un parc intérieur, où ils reçoivent de l'ensilage en balles et des aliments composés dans une trémie tampon. L'eau est enrichie en magnésium.

Le programme de reproduction mis en place sur l'exploitation vise à sélectionner les taureaux individuellement pour chaque femelle, en fonction des caractéristiques propres à l'animal (p. ex. si une femelle présente une composante plus faible que celle recherchée en termes de taux butyreux, le taureau sera alors sélectionné pour accroître à cet égard la valeur génétique de la progéniture). Pour le troupeau de vaches laitières de renouvellement, on a recours à la semence sexée d'un taureau de race Prim'Holstein. La semence de taureaux à viande (à savoir Simmental, Aberdeen Angus et Blanc Bleu Belge) est utilisée pour le reste du troupeau et pour la production de viande bovine. Une procédure similaire s'applique aux génisses, en évaluant les caractéristiques physiques (c.-à-d. aucune donnée laitière disponible), pour garantir l'élevage d'un animal adéquat. L'âge visé au premier vêlage est de 24 mois (24,6 mois actuellement).

Le tarissement a lieu en moyenne 66 jours avant le vêlage. Régime pour vaches tarées :

- Pâturage uniquement pour les vaches en période de tarissement précoce.

- Les vaches en période de tarissement tardif (~3 semaines avant le vêlage) sont nourries avec de l'ensilage en balles et des aliments composés (et un complément de magnésium dans l'eau).

Un plan sanitaire pour l'élevage a été élaboré avec le vétérinaire du troupeau, visant à maximiser le bien-être animal et optimiser la production de manière efficace.

Pendant la saison de pâturage (en général de mars/avril à octobre), les animaux sont conduits sur une surface de pâturage de 53 ha composée de ray-grass vivace et de prairies de trèfle violet/blanc. Le pâturage en enclos a lieu selon un système de rotation des pâturages.

Durant la saison de stabulation, les vaches laitières sont nourries cinq fois par jour (pour chacun des trois groupes, ce qui implique que la ration est distribuée sur 15 périodes individuelles d'alimentation), par le biais d'un système automatisé d'alimentation par robot (Trioliet). Ce système donne une « Ration totale mélangée » (RTM), normalement à base d'ensilage d'herbe, mais qui contient également de l'ensilage de maïs, de l'orge plante entière et pois, un mélange riche en minéraux, et une source composée riche en protéines/énergie. Ce même système d'alimentation assure la distribution des aliments, et les bovins y ont accès à volonté. Cette RTM est élaborée avec l'aide d'un nutritionniste professionnel, et peut être modifiée pour répondre aux besoins en matière de recherche. Des aliments supplémentaires à base de concentrés sont distribués aux animaux dans la salle de traite, selon l'approche de « nourrir-pour-produire », en fonction de la production laitière attendue. Les vaches ont toujours libre accès à une eau propre et fraîche.

Les prairies temporaires sont fauchées pour l'ensilage d'herbe, et les prairies permanentes sont également utilisées en cas de surplus d'herbe disponible. La première coupe a généralement lieu au début ou au milieu du printemps, et les coupes suivantes ont ensuite lieu toutes les cinq semaines. En général, environ quatre coupes d'ensilage d'herbe en silo couloir ont lieu chaque année, et l'ensilage en balles est produit en complément selon les besoins. Le calendrier de fauchage peut varier en fonction de la saisonnalité et de la nécessité d'une participation étudiante.

D'autres pâturages permanents inappropriés pour le troupeau de vaches laitières sont conservés pour l'élevage de jeunes bovins (à viande et génisses de renouvellement) et la gestion des cheptels ovins.

Récupération des émissions fugitives de méthane

Un autre objectif de recherche consistait à évaluer et notifier les réductions supplémentaires d'émissions de carbone, pouvant résulter de la récupération des émissions fugitives de méthane sur les exploitations du Cornwall Council (élément pour le Royaume-Uni uniquement). Ce travail a été réalisé conjointement avec l'une des exploitations du Cornwall Council, Trenance Farm, à Saltash, où la technologie Bennamann de récupération du méthane a été installée et intégrée dans le système de stockage des effluents. Trenance est une exploitation de 54 hectares de prairies exclusivement, qui comporte 110 vaches laitières de race Frisonne. Son principal objectif consiste à réduire les émissions de méthane par leur récupération et leur utilisation dans les véhicules. La technologie de récupération du méthane comprend une fosse à lisier sur mesure, un local technique sur site, et un système de filtration du biogaz pour produire du méthane fugitif vendable, de qualité adaptée aux véhicules. Il est estimé que l'un des avantages supplémentaires est l'augmentation de la valeur nutritive du lisier de vache en rendant l'azote davantage disponible et en réduisant ainsi la nécessité d'engrais chimiques.

Méthodologie

Deux groupes de 62 vaches issues du troupeau du Duchy College ont été utilisés dans l'expérimentation principale, sur une période de six semaines en février et mars 2022. Le régime alimentaire du groupe témoin était conventionnel, composé de tourteau de soja (témoin), le régime de l'autre groupe étant exempt de tourteau de soja. Les groupes étaient répartis en fonction de la parité, la production laitière attendue et la qualité du lait (matière grasse et protéines). Le volume laitier était enregistré quotidiennement (compteurs à lait), et confirmé par l'enregistrement de la production laitière mensuelle par CIS (Cattle Information Service, un service national d'enregistrement de la production laitière). Ces enregistrements indiquaient également la conductivité du lait, ainsi que les niveaux individuels de matière grasse et de protéines. Les cas de mammites cliniques et les nombres élevés de cellules somatiques étaient enregistrés suivant les protocoles agricoles standard. Une note d'état corporel était donnée à tous les bovins, au début et à la fin de la période d'étude.

Tous les problèmes sanitaires (symptômes, maladies et traitements) et les événements de reproduction étaient enregistrés dans le logiciel à la ferme. La note de mobilité était contrôlée au début et à la fin de la période d'étude.

Les quantités d'aliment distribuées ont fait l'objet de pesées quotidiennes effectuées par le système d'alimentation dans un souci de cohérence, et les refus étaient contrôlés toutes les semaines. Une analyse complète de tous les aliments a été effectuée par un nutritionniste indépendant. La composition et les analyses des mélanges utilisés dans la ration totale mélangée (RTM) pour l'expérimentation figurent respectivement dans les Tableaux C1, C2 et C3.

**Tableau C1. Composition des mélanges utilisés dans la RTM pour l'expérimentation
– témoin (soja)**

Ingredient	perc.
GM ROLLED MAIZE	30.00
SOYA HIPRO Ext GM	21.25
ROLLED WHEAT	18.00
RAPE EXT	10.00
SUGAR BEET PULP UNMOL	10.00
MEGALAC SG (Sustainable)	5.00
LIMESTONE FLOUR (BULK)	2.50
MOLAFERM 80/20	2.00
UREA	1.25
	100.00

**Tableau C2. Composition des mélanges utilisés dans la RTM pour l'expérimentation
– traitement (sans soja)**

Ingredient	perc.
GM ROLLED MAIZE	26.75
RAPE EXT	24.50
ROLLED WHEAT	19.00
MAIZE DISTILLERS DG GM	12.50
NOVAPRO PROTECTED RAPE	9.00
MEGALAC SG (Sustainable)	5.00
MOLAFERM 80/20	2.00
UREA	1.25
	100.00

Tableau C3. Analyse des mélanges utilisés dans la RTM pour l'expérimentation

	Témoin (soja)	Sans soja
Huile	7,12	9,15
Protéines	22,3	22,3
Cellulose	5,11	6,06
MM	7,24	4,58
Amidon	30,94	30,54
FDN dégradable	9,67	11,55
Protéines digestibles non dégradables	6,23	6,3
MS	88,33	88,36

Les rations ont été élaborées pour leur teneur iso-protéique et iso-énergétique, et la composition des deux rations pour le régime alimentaire témoin et le régime sans soja figure respectivement dans les Tableaux C4 et C5.

Tableau C4 : Constitution des régimes alimentaires de l'expérimentation – témoin (soja)

45 litres SOYA TRIAL

Feeding Plan (kg/day)	Fresh	Dry
Maize Silage	25.0	7.7
Silage 4th Cut Dec 21	14.0	3.9
Silage 1st Cut Dec 21 35	10.0	2.8
trial 23% blend SOYA	6.25	5.48
Duchy 400g Fpack	0.400	0.391
MV NSP NPP DAIRY HS 18	10.5	9.1
	-----	-----
Actual Intake (kg)	66.2	29.4

Tableau C5 : Constitution des régimes alimentaires – traitement sans soja

45 litres NO SOYA

Feeding Plan (kg/day)	Fresh	Dry
Maize Silage	25.0	7.7
Silage 4th Cut Dec 21	14.0	3.9
Silage 1st Cut Dec 21 35	10.0	2.8
trial 23% blend NO SOYA	6.25	5.49
Duchy 400g Fpack	0.400	0.391
MV NSP NPP DAIRY HS 18	10.5	9.1
	-----	-----
Actual Intake (kg)	66.2	29.4

Mesure du méthane pour les bovins de Duchy College



Un détecteur de gaz à absorption infrarouge non dispersif (NDIR) – Guardian NG d'Edinburgh Sensors (Edinburgh Instruments Ltd) a été utilisé dans l'expérimentation.

- Le Guardian NG est basé sur une technologie à absorption infrarouge non dispersive (NDIR) de double longueur d'onde
- Pour la détection de CH₄ 0-1 %
- Il affiche les formules chimiques du gaz, la concentration indiquée en ppm, et la pression dans la cellule d'échantillonnage.

Résultats

Production et qualité du lait

Groupe témoin (incluant du soja) :

Diminution de la production laitière moyenne : = 8,04 (30,41 à 22,37) litres/vache/jour.

Matière grasse : 4,71 % au début. 4,72 % à la fin.

Protéines : 3,65 % au début. 3,46 % à la fin.

Santé animale – deux cas de dermatite digitée + un cas de mammite.

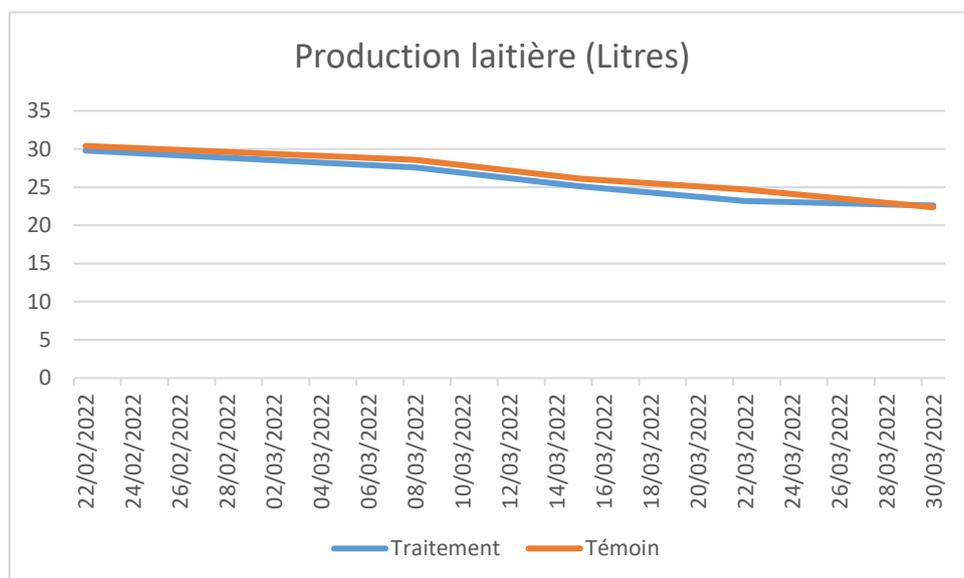
Groupe traitement (sans soja) :

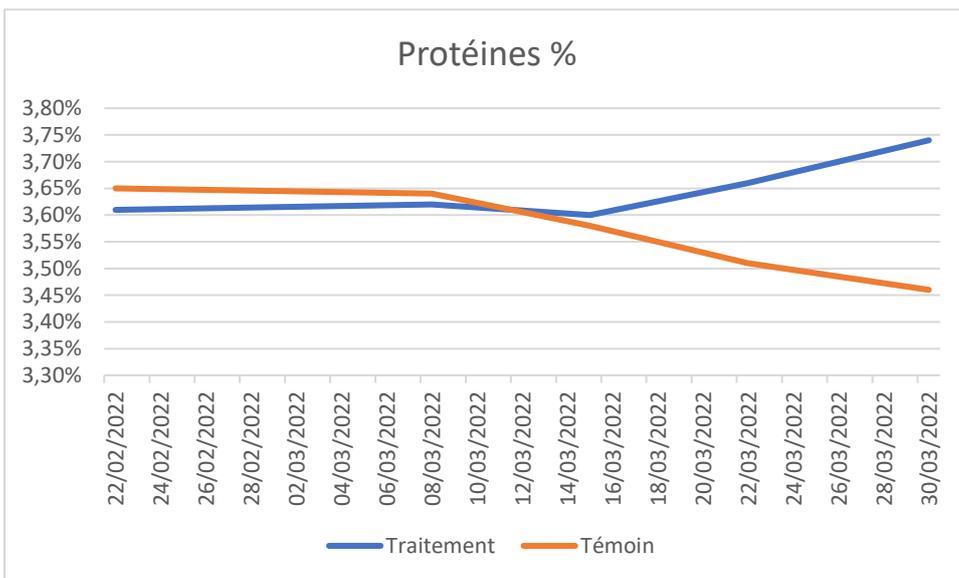
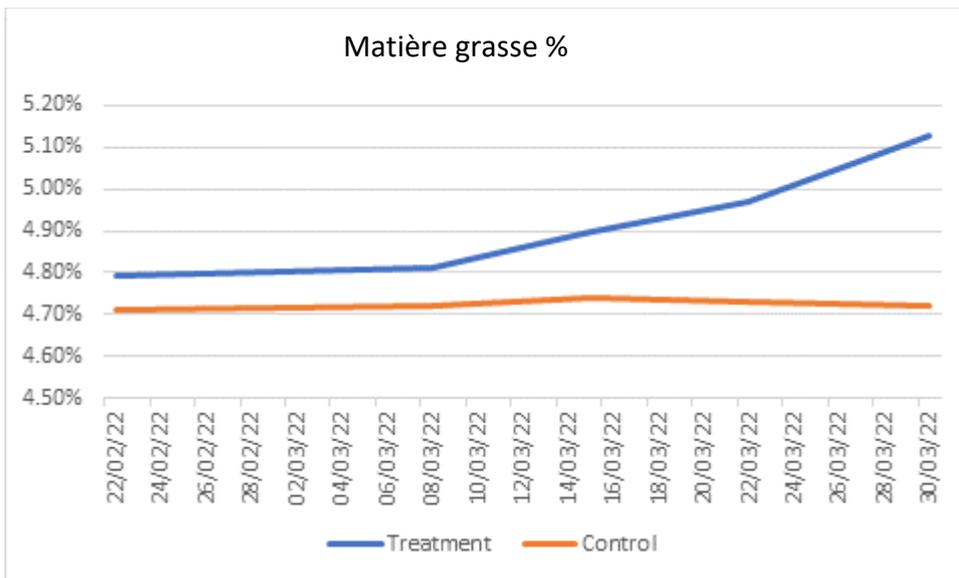
Diminution de la production laitière moyenne : = 7,21 (29,81 à 22,60) l/vache/jour

Matière grasse : 4,79 % au début. 5,13 % à la fin.

Protéines 3,61 % au début. 3,74 % à la fin.

Santé animale – aucun problème de santé animale





Nombre de cellules somatiques

<u>Milliers/ml</u>	<u>Moyenne en période pré-expérimentale</u>	<u>Moyenne en période expérimentale</u>
Témoin (soja)	67	74
Traitement (sans soja)	68	85

Une légère hausse du nombre de cellules somatiques a été constatée lors de la période expérimentale, davantage marquée dans le groupe traitement. Tous les résultats étaient cependant bien inférieurs à 100 000 cellules/ml de lait et seraient donc considérés comme exempts d'infection en termes de mammites subcliniques. Une légère hausse serait attendue à mesure que les vaches progressent dans leur lactation, en raison de l'effet de concentration de plus faibles quantités de lait produites.

Notation de l'état corporel

	<u>Moyenne en période pré-expérimentale</u>	<u>Moyenne en période post-expérimentale</u>
Témoin (soja)	3,02	3,01
Traitement (sans soja)	2,99	2,98

Les deux groupes ne présentaient aucune différence notable et leur note d'état corporel (NEC) au cours de la période d'expérimentation était pratiquement identique. La NEC cible pour des vaches laitières à ce stade de lactation (100 jours avant tarissement) serait de 2,5 à 3,0, donc les deux groupes étaient en bonne voie.

Émissions de méthane entérique

	<u>Estimation moyenne g/vache/jour</u>	<u>Variation g/vache/jour</u>
Témoin (soja)	482	443-490
Traitement (sans soja)	486	451-499

Une très faible différence était observée entre les émissions de méthane entérique des deux groupes de bétail.

Récupération des émissions fugitives de méthane (Trenance)

Au cours de l'année 2022, la quantité d'émissions fugitives de méthane récupérées de la fosse à lisier de Trenance Farm grâce à la technologie Bennamann était de 22 750 kg. Cette quantité correspondait à 602 t eqCO_2 dans une modélisation réalisée avec la boîte à outils Farm Carbon Toolkit.

Conclusions

La comparaison du groupe témoin et du groupe traitement de vaches laitières dans le cadre de l'expérimentation principale indiquait que la production laitière ne semblait pas être affectée par l'utilisation d'une ration n'incluant pas de tourteau de soja, la différence de production étant peu notable entre les deux groupes, au début de l'expérimentation, au cours de celle-ci et à la fin. La même tendance a été constatée concernant la qualité du lait ; toutefois, le groupe sans soja affichait une légère augmentation du taux butyreux. De la même manière, l'objectif de notation de l'état corporel (NEC) était maintenu sans différence notable entre les groupes (la NEC pour les vaches laitières à ce stade de lactation, 100 jours avant tarissement, étant fixée entre 2,5 et 3,00).

Les estimations de la production de méthane entérique des deux groupes étaient également très semblables.

Les résultats de cette expérimentation semblent indiquer qu'il serait possible de délaissier le tourteau de soja dans les rations des élevages laitiers sans compromettre les paramètres de productivité, notamment la production laitière, la qualité du lait et la note d'état corporel. Cela indique que ce changement pourrait être effectué pour réduire l'empreinte carbone. Les travaux réalisés par Lucile Oble, stagiaire française invitée, en vue de comparer les outils de calcul de l'empreinte carbone The Farm Carbon Toolkit (FCT) et CAP2ER en utilisant les données du site de Future Farm du Duchy College, incluaient la modélisation des impacts du remplacement du soja dans le régime alimentaire. Les résultats indiquaient une réduction des émissions de carbone de 80 g éqCO_2 / litre de lait, soit une réduction de l'empreinte carbone à hauteur de 8,6 %, lorsque le soja était remplacé dans tous les aliments à base de concentrés distribués aux bovins :

	Avec soja	Sans soja
Empreinte carbone	0,93 kg éqCO_2 / l de lait corrigé	0,85 kg éqCO_2 / l de lait corrigé

Sur une autre exploitation laitière en Cornouailles (Cunningham, 2023), des réductions correspondant à 170 g éqCO_2 / l ont été constatées, soit une réduction de l'empreinte carbone à hauteur de 18,2 %.

L'expérimentation indiquait que la technique de substitution du tourteau de soja dans les rations des vaches laitières des exploitations de Cornouailles devrait permettre de réduire l'empreinte carbone d'au moins 10 %, en particulier si cette technique est appliquée conjointement avec d'autres mesures mises en avant,

telles que l'optimisation de la fertilité et de l'âge au premier vêlage, l'amélioration de la santé et de la longévité des bovins, l'augmentation de l'utilisation de sources de protéines cultivées sur l'exploitation et des applications d'engrais de précision.

Les travaux réalisés à Trenance Farm sur les émissions fugitives de méthane indiquaient que la technologie de récupération du méthane avait réduit l'empreinte carbone d'environ 900 g éqCO_2 par litre de lait, ce qui correspond à une réduction de 87 % des émissions.

Il serait recommandé d'effectuer des travaux supplémentaires dans le futur, concernant la suppression du tourteau de soja des rations des vaches laitières et concernant la récupération des émissions fugitives de méthane afin de confirmer ces résultats.