

VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

INGESTION DES VACHES LAIITIÈRES EN PÉRIODE SECHE

Lucile OBLE

Adapter l'élevage aux nouveaux enjeux

2023

VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

INGESTION DES VACHES LAITIÈRES EN PÉRIODE SECHE

Projet de recherche : CITARE

Tuteur entreprise : Julien JURQUET

Tuteur enseignant : Fabienne BLANC

Lucile OBLE

Adapter l'élevage aux nouveaux enjeux

2023

L'alternant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup.

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier Manon GILLIER, directrice de la ferme expérimentale laitière des Trinottières, de m'avoir ouvert les portes de cette station et de m'avoir donné sa confiance durant ces trois années d'apprentissage.

Je remercie tout particulièrement Julien JURQUET, pour son accompagnement tout au long de la rédaction de ce mémoire, mais aussi pour sa disponibilité, sa pédagogie, ses connaissances et ses précieux conseils.

Un grand merci à toute l'équipe de la ferme pour leur bonne humeur quotidienne, la qualité de leur travail, leur bienveillance et la transmission de leurs expériences.

Je tiens à remercier Clotilde HARDY pour son aide dans le traitement des données.

Je remercie également Fabienne BLANC, qui est restée disponible lors de la réalisation de cet écrit.

Pour finir, je remercie mes camarades de promotion pour ces trois belles années d'école d'ingénieur. Je remercie ma famille pour son soutien durant toute ma scolarité et lors de la réalisation de ce projet de fin d'étude. J'offre une pensée particulière à mon père, qui m'a transmis la passion de l'élevage, mais aussi à Germain et à Aline.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	
TABLE DES FIGURES	
TABLE DES TABLEAUX	
TABLE DES ANNEXES.....	
LISTE DES ABREVIATIONS, SYMBOLES ET UNITES.....	
INTRODUCTION	1
ÉTAT DE L'ART	3
1 LE PERI-PARTUM, UNE PERIODE DE TRANSITION A RISQUES POUR LES VACHES LAITIÈRES	3
1.1 <i>Des bouleversements physiologiques qui rendent les vaches plus sensibles aux pathologies</i>	3
1.1.1 Un bilan énergétique négatif systématique en début de lactation.....	3
1.1.2 Une fluctuation de la calcémie, liée à la reprise de la production lactée	5
1.1.3 Un état d'immunodépression	7
1.2 <i>Des pathologies qui se concentrent après le vêlage</i>	7
1.3 <i>Le cas des maladies métaboliques</i>	9
1.3.1 L'acétonémie, maladie liée au métabolisme énergétique	9
1.3.2 L'hypocalcémie, maladie liée au métabolisme calcique	11
2 LA PERIODE SECHE : UNE PERIODE DE REPOS A NE PAS NEGLIGER POUR REUSSIR LA LACTATION SUIVANTE	13
2.1 <i>Des modifications physiologiques et morphologiques</i>	13
2.1.1 Modifications au niveau de la mamelle	13
2.1.2 Modifications au niveau du rumen	15
2.2 <i>Une période marquée par deux phénomènes antagonistes</i>	15
2.2.1 Des besoins qui augmentent à l'approche du vêlage	15
2.2.2 Une ingestion qui diminue à l'approche du vêlage	17
3 RATIONNEMENT DES VACHES LAITIÈRES EN PERIODE SECHE	19
3.1 <i>Objectifs du rationnement en période sèche</i>	19
3.2 <i>Capacité d'ingestion, clé de voûte du rationnement</i>	19
3.2.1 Définition et calcul	19
3.2.2 Actualisation	21
3.3 <i>Ingestions des vaches laitières durant la période sèche</i>	21
3.4 <i>Pratiques alimentaires utilisées sur le terrain</i>	23
3.4.1 La ration de préparation au vêlage : conséquence pratique pour palier la baisse d'ingestion	23
3.4.2 Diversité des conduites alimentaires	23
3.5 <i>Recommandations actuelles</i>	25
PROBLEMATIQUE	27
MATERIELS ET METHODES	31
1 MISE EN PLACE D'UN ESSAI SUR LA FERME EXPERIMENTALE DES TRINOTTIERES	31
1. <i>Caractéristiques des animaux et dispositif expérimental</i>	31
1.1 <i>Rations expérimentales et mode de distribution</i>	33
1.1.1 Construction et compositions des deux rations expérimentales	33
1.1.2 Distribution des rations expérimentales	33
2 MESURES REALISEES AU COURS DE L'ESSAI	35
2.1 <i>Ingestions individuelles</i>	35
2.2 <i>Production laitière et composition du lait</i>	35
2.3 <i>Poids vifs et notes d'état corporel</i>	35
2.4 <i>Évènements sanitaires</i>	35
2.5 <i>Analyses des aliments distribués : matières sèches et valeurs nutritives</i>	37
2.6 <i>Indicateur Cétodéfect</i>	37
3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES	37
3.1 <i>Constitution des jeux de données</i>	37
1. Jeu de données « CITARE »	37

1.	Jeux de données « SIRAR »	39
3.2	<i>Nettoyage des données</i>	39
3.3	<i>Analyse des données</i>	41
RESULTATS	43
1	PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES VACHES AU COURS DE LA PERIODE SECHE	43
1.	<i>Ingestions</i>	43
1.1	<i>Niveaux d'ingestion</i>	43
1.2	<i>Poids vifs</i>	45
1.3	<i>Notes d'état corporel</i>	45
2	PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES VACHES EN DEBUT DE LACTATION	47
1.	<i>Ingestions</i>	47
2.1	<i>Niveaux d'ingestion</i>	47
2.2	<i>Poids vifs et notes d'état corporel</i>	47
2.3	<i>Production laitière et composition du lait</i>	49
2.4	<i>Situation sanitaire</i>	49
3	DYNAMIQUE D'INGESTION AU COURS DE LA PERIODE DU PERI-PARTUM	51
4	COMPARAISON ENTRE LES INGESTIONS REELLES ET LES INGESTIONS PREDITES PAR INRA 2018.....	53
4.1	<i>Ingestions prédites par le système d'alimentation INRA 2018 en période sèche</i>	53
4.2	<i>Comparaison entre les ingestions réelles et les ingestions prédites au cours de la période sèche</i>	53
2.	<i>Comparaison entre les ingestions réelles et les ingestions prédites au cours du péri-partum et en début de lactation</i>	53
5	BILANS ENERGETIQUES	55
5.1	<i>Bilans énergétiques au cours de la période sèche</i>	55
5.2	<i>Bilans énergétiques en début de lactation</i>	57
DISCUSSION	59
1	PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES ANIMAUX EN PERIODE SECHE	59
1.1	<i>Ingestions mesurées en période sèche</i>	59
1.1.1	Des ingestions stables	59
1.1.2	Des ingestions supérieures aux attentes	59
1.2	<i>Niveaux d'ingestion</i>	61
1.3	<i>Un gain de poids vif, mais pas de variation d'état corporel en période sèche</i>	61
2	DES INGESTIONS MESUREES SUPERIEURES AUX INGESTIONS PREDITES PAR INRA 2018.....	63
3	BILANS ENERGETIQUES	63
3.1	<i>Des bilans énergétiques positifs tout au long de la période sèche</i>	63
3.2	<i>Un déficit énergétique vérifié en début de lactation</i>	65
4	PEU DE PROBLEMES SANITAIRES OBSERVES EN DEBUT DE LACTATION	67
5	CONSEQUENCE SUR LE RATIONNEMENT DES VACHES TARIES	67
CONCLUSION	69
BIBLIOGRAPHIE	

Table des figures

Figure 1 : Cycle de production d'une vache laitière, évènements zootechniques et physiologiques associés à la période sèche et au péri-partum (transition entre la gestation n et la lactation $n+1$) (Sérieys, 1997)

Figure 2 : Évolution des apports énergétiques alimentaires (courbe verte), des besoins énergétiques (courbe noire) et du bilan énergétique (courbe orange) au cours du cycle de production d'une vache laitière (Hanzen, 2021)

Figure 3 : Évolution du calcium sanguin (mmol/L) au cours des trois premiers jours de lactation (DIM) en fonction de la parité (Venjakob, 2019)

Figure 4 : Schéma simplifié de l'homéostasie phosphocalcique (source personnelle inspirée de (Meschy, 2010))

Figure 5 : Activité des neutrophiles (aptitude à ingérer et tuer des bactéries) et lymphocytes (aptitude à leur blastogénèse (multiplication)) en péri-partum (Goff et Horst, 1997)

Figure 6 : Prévalence des maladies post-partum (0 à 15 jours après vêlage) en Europe ($n=5\ 884$) (Suthar et al, 2013)

Figure 7 : Prévalence apparente de vaches en acétonémie (cétose) subclinique par semaine de lactation ($n=615$) (Philippe et Raboisson, 2012)

Figure 8 : Positionnement de la période sèche dans le cycle de reproduction d'une vache laitière

Figure 9 : Les trois phases successives de modification de la mamelle lors de la période sèche

Figure 10 : Besoins énergétiques (Unité Fourragères Lait/jour), protéiques (g Protéines Digestibles dans l'Intestin/jour) et minéraux journaliers (g Calcium absorbable et g Phosphore absorbable) d'une vache tarie (600 kg) au cours de la période sèche (source personnelle inspirée de Faverdin et al, 2018)

Figure 11 : Diminution de la consommation volontaire en matière sèche (CVMS (kg MS/jour)) au cours des trois dernières semaines de gestation pour des vaches primipares et multipares (Prim'Holstein) (Hayirli et al, 2002)

Figure 12 : Évolution de l'ingestion en période sèche en fonction de la concentration énergétique de la ration de tarissement (Mann et al, 2015)

Figure 13 : Évolution de la capacité d'ingestion d'une vache laitière (Faverdin et al, 2018)

Figure 14 : Évolution de la capacité d'ingestion pour une vache tarie et une vache en lactation entre 1988 et 2018 (Faverdin et al, 2018)

Figure 15 : Stratégie alimentaire biphasé de la période sèche : ration de tarissement + ration « prépa-vêlage »

Figure 16 : Dispositif expérimental (essai physiologique)

Figure 17 : Méthode d'évaluation de l'indicateur Cétodélect (Saillard, 2016)

Figure 18 : Schéma d'organisation des fichiers utilisés pour le calcul des ingestions prédites et le calcul des bilans énergétiques avec l'outil SIRAR

Figure 19 : Découpage des semaines physiologiques analysées en 4 sous-périodes

Figure 20 : Évolutions des ingestions moyennes au cours de la période sèche, en fonction de la parité ($n=37$)

Figure 21 : Évolution des niveaux d'ingestion au cours de la période sèche, en fonction de la parité ($n=37$)

Figure 22 : Évolution du poids vif au cours de la période sèche, en fonction de la parité ($n=36$)

Figure 23 : Évolution de la note d'état corporel (NEC) au cours de la période sèche en fonction de la parité ($n=37$)

Figure 24 : Évolutions des ingestions moyennes en début de lactation, en fonction de la parité ($n=37$)

Figure 25 : Évolutions des productions laitières corrigées des taux en début de lactation en fonction de la parité ($n=37$)

Figure 26 : Pourcentage de vaches « saines » (note cétodélect = 0), de vaches en acétonémie subclinique (note cétodélect = 1 ou 2) et de vaches en acétonémie clinique (note cétodélect comprise entre 3 et 5) en début de lactation ($n=31$)

Figure 27 : Évolution de l'ingestion moyenne en péri-partum (autour du vêlage) ($n=37$)

Figure 28 : Corrélation entre l'ingestion moyenne en période sèche et l'ingestion moyenne en début de lactation ($n=37$)

Figure 29 : Évolutions des ingestions prédites par le système d'alimentation INRA (2018) en période sèche en fonction de la parité ($n=37$)

Figure 30 : Comparaison de l'ingestion moyenne réelle et l'ingestion moyenne prédite par INRA 2018 ($n=37$)

Figure 31 : Dynamique de l'ingestion réelle moyenne et de l'ingestion moyenne prédite au cours de la phase péri-partum et le début de lactation ($n=37$)

Figure 32 : Comparaison des apports et des besoins énergétiques (UFL)/semaines ($n=37$)

Figure 33 : Évolution du bilan énergétique journalier moyen au cours de la période sèche ($n=37$)

Figure 34 : Évolution du bilan énergétique en début de lactation ($n=37$)

Table des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des besoins énergétiques (UFL), protéiques (PDI) et minéraux (Ca_{abs} et P_{abs}) journaliers, d'une vache laitière (650 kg), en stabulation libre, en fin de gestation et en lactation (Faverdin, 2018)

Tableau 2 : Incidence des principaux troubles sanitaires selon les types génétiques (Faye et al, 1994)

Tableau 3 : Tableau de synthèse reprenant les prévalences de l'hypocalcémie subclinique observées dans plusieurs études dans le monde, selon les seuils calciques considérés (Bodin, 2020)

Tableau 4 : Valeurs d'encombrements de référence d'aliments communément distribués aux vaches tarées (extrait tables et prévisions (INRA, 2018))

Tableau 5 : Capacité d'ingestion en fonction du format moyen et de la race du troupeau du vaches laitières (sans prise en compte de la note d'état corporel et du niveau de production)

Tableau 6 : Effet de la note d'état corporel sur la capacité d'ingestion

Tableau 7 : Tableau de synthèse regroupant les quantités ingérées, relevées lors de différents travaux de recherche

Tableau 8 : Principaux programmes alimentaires pratiqués dans 79 élevages enquêtés (Roussel, 2020)

Tableau 9 : Caractéristiques des animaux en début d'essai (n=38)

Tableau 10 : Codification utilisée pour désigner les catégories des vaches en essai, en fonction de leur numéro de lactation et de leur stade physiologique

Tableau 11 : Compositions et caractéristiques nutritionnelles des rations expérimentales

Tableau 12 : Mesures réalisées lors de l'essai, équipements, dispositifs expérimentaux et fréquences de mesures

Tableau 13 : Constitution du jeu de données CITARE

Tableau 14 : Description des variables étudiées

Tableau 15 : Ingestions et niveaux d'ingestion moyens observés en période sèche en fonction de la parité

Tableau 16 : Variation moyenne de l'état corporel (NEC) des animaux selon la parité et effectifs associés (n=35)

Tableau 17 : Ingestion et niveau d'ingestion moyens en début de lactation, en fonction de la parité (n=37)

Tableau 18 : Poids vifs moyens et notes d'état corporel moyennes en début de lactation, en fonction de la parité (n=37)

Tableau 19 : Comparaison des ingestions moyennes réelles et prédites en fonction de la parité (n=37)

Tableau 20 : Bilans énergétiques moyens journaliers (UFL/jour) au cours de la période sèche en fonction de la parité (n=37)

Tableau 21 : Bilans énergétiques moyens en début de lactation en fonction de la parité (n=37)

Tableau 22 : Comparaison entre l'ingestion mesurée en période sèche lors de l'essai, et les valeurs de la bibliographie

Tableau 23 : Comparaison entre le niveau d'ingestion mesuré en période sèche lors de l'essai, et les valeurs de la bibliographie

Table des annexes

ANNEXE 1 : Équation de la capacité d'ingestion (CI) des vaches laitières et équations des différents indices (Faverdin et al, 2018)

ANNEXE 2 : Protocole de tarissement sur la ferme expérimentale des Trinottières

ANNEXE 3 : Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches laitière (Bazin, 1984)

ANNEXE 4 : Captures d'écrans d'une des bases de données SIRAR

ANNEXE 5 : Evolution de l'ingestion moyenne en période sèche (n=37)

ANNEXE 6 : Évolution de l'ingestion moyenne en début de lactation (n=37)

ANNEXE 7 : Évolutions de la production laitière brute, du taux butyreux (TB) et du taux protéique (TP), en début de lactation (n=37)

ANNEXE 8 : Évolution de l'ingestion moyenne en période sèche et en début de lactation (n=37)

ANNEXE 9 : Évolution de l'ingestion sur la période de péri-partum, en fonction de la parité (n=37)

ANNEXE 10 : Comparaison des ingestions réelles et des ingestions prédites en période sèche en fonction de la parité

Liste des abréviations, symboles et unités

% : pourcentage

± : écart type

AGNE : acides gras non estérifiés

AGV : acides gras volatils

BHB : béta-hydroxybutyrate

Ca : calcium

CI : capacité d'ingestion

CT : calcitonine

G : gramme

IDELE : institut de l'élevage

Kg : kilogramme

L : litre

MS : matière sèche

MSI : matière sèche ingérée

NEC : note d'état corporel

NI : niveau d'ingestion

P : phosphore

P : p-value

PDI : protéines digestibles dans l'intestin

PTH : parathormone

PV : poids vif

r : coefficient de corrélation

TB : taux butyreux

TP : taux protéique

UE : unité d'encombrement

UEL : unité d'encombrement lait

UFL : unité fourragère lait

Introduction

Depuis la suppression des quotas laitiers en Europe (2015), la filière laitière est soumise à une compétition internationale croissante (CIRAD, 2022). Ce contexte, encourage les éleveurs européens à produire davantage. On observe cette tendance à l'échelle française, avec un accroissement de la taille des cheptels de 25 %. Aujourd'hui, la France est le deuxième producteur de lait de vache européen, derrière l'Allemagne, avec une production annuelle de 23 milliards de litres. Le cheptel français s'élève à 3,4 millions de vaches laitières, principalement réparties dans le Grand-Ouest (52 % des vaches laitières : Bretagne, Normandie et Pays de la Loire) (Agreste, 2022).

Dans un contexte où les prix des matières premières et des intrants sont importants, d'autant plus depuis l'invasion de l'Ukraine en 2022, la maîtrise des coûts de production est un enjeu majeur en élevage laitier. En Pays de la Loire, les coûts alimentaires et les frais d'élevage, peuvent représenter jusqu'à 30 % du coût de production total pour des systèmes laitiers classiques (conventionnels avec plus de 45 % de maïs dans la surface fourragère principale (IDELE, 2022)). Pour rester compétitifs, il est donc primordial de maîtriser ces postes tout au long du cycle de production des vaches laitières, y compris sur les phases les plus critiques.

La période de péri-partum est considérée comme la phase la plus délicate dans la vie d'une vache laitière. Elle marque la fin de la gestation et le début d'une nouvelle lactation. Lors de cette période, les vaches sont confrontées à d'importants bouleversements physiologiques, qui favorisent l'apparition de troubles sanitaires, notamment en début de lactation.

Les principales maladies métaboliques auxquelles sont confrontées les vaches laitières (hypocalcémie, acétonémie) semblent trouver leur origine avant le vêlage, durant la période sèche. Cette période de repos zootechnique (où la vache n'est plus traite), a longtemps été négligée et considérée comme une simple pause de deux mois entre deux lactations (Sérieys, 1997). Pourtant, d'après Salat (2005), la maîtrise de l'alimentation en période sèche semble être un levier pour prévenir l'apparition de ces affections. C'est pourquoi il semble intéressant de réfléchir à des stratégies alimentaires optimisées pour les vaches taries (Cermakova et al. 2014). De plus, les éleveurs et les techniciens semblent demandeurs de références techniques (Roussel, 2020), mais peu de travaux sur l'alimentation des vaches taries ont été réalisés ces dernières années en France.

C'est dans ce contexte, que s'inscrit le projet régional Pays de la Loire CITARE (Capacité d'Ingestion des vaches TARiEs) porté par la ferme expérimentale des Trinottières en partenariat avec l'institut de l'élevage et Seenovia. A cet effet, un essai a été réalisé sur la ferme des Trinottières en 2021. Il correspond à la première action du projet qui vise à caractériser l'ingestion des vaches taries. L'ingestion étant un facteur essentiel dans le rationnement des vaches laitières.

L'objectif de ce travail est d'**acquérir des références techniques actualisées, sur l'ingestion des vaches laitières lors de la période sèche, en vue de prévenir les troubles métaboliques rencontrés en début de lactation.**

Ce mémoire de fin d'étude, débute par une synthèse bibliographique qui s'intéressera aux changements physiologiques auxquels les vaches laitières sont confrontées lors de la phase du péri-partum, ainsi que leurs besoins en période sèche. Dans un deuxième temps, le protocole expérimental sera détaillé. Enfin, après avoir présenté et discuté les résultats, les conclusions et les perspectives de ce premier essai seront explicitées.

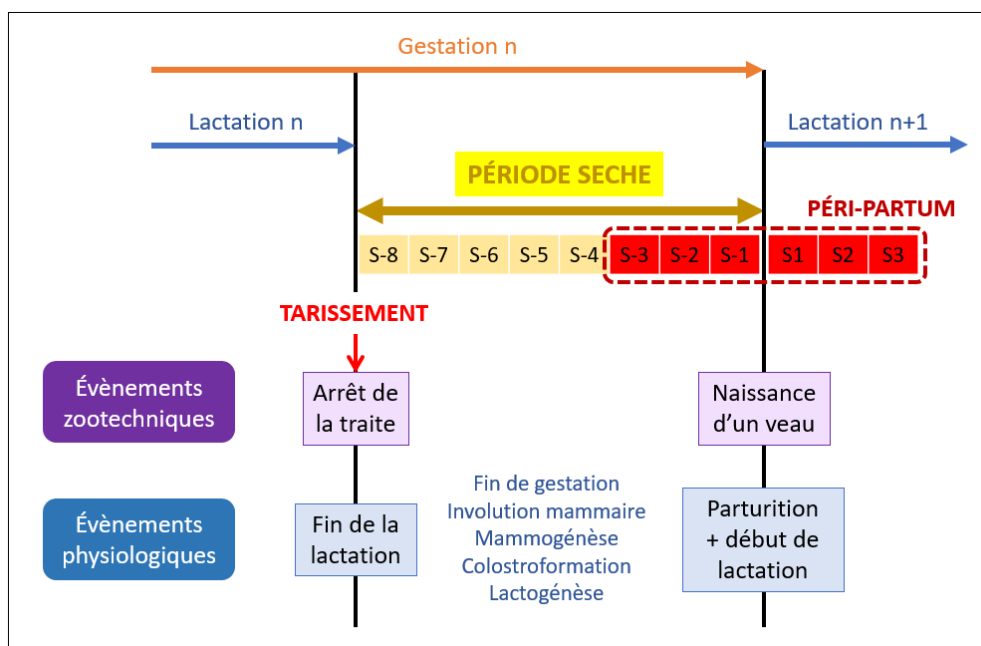


Figure 1 : Cycle de production d'une vache laitière, évènements zootechniques et physiologiques associés à la période sèche et au péri-partum (transition entre la gestation n et la lactation n+1) (Sérieys, 1997)

Tableau 1 : Comparaison des besoins énergétiques (UFL), protéiques (PDI) et minéraux (Ca_{abs} et P_{abs}) journaliers, d'une vache laitière (650 kg), en stabulation libre, en fin de gestation et en lactation (Faverdin, 2018)

		UFL/j	PDI/j	Ca_{abs}/j	P_{abs}/j
Vache tarie en fin de gestation (fin du 9^{ième} mois de gestation) <i>Avec :</i> <i>MSI = 15 kg MS/j</i> <i>Poids du veau = 45 kg</i>	Besoins d'entretien	6,9	296	15,4	14,5
	Besoins de gestation	3,0	234	9,7	5,3
	Besoins totaux	9,9	530	25,1	19,8
Vache en lactation <i>Avec :</i> <i>MSI = 20 kg MS/j</i> <i>Prod = 35 kg de lait</i> <i>TB = 40g/kg et TP = 32g/kg</i>	Besoins d'entretien	6,9	394	19,4	19,5
	Besoins de lactation	14,7	1 672	42,4	30,5
	Besoins totaux	21,6	2 066	61,8	50
Facteur de multiplication entre les besoins de fin de gestation et les besoins en début de lactation		X 2,2	X 3,9	X 2,5	X 2,5

UFL : Unité fourragère lait (UFL/j) / PDI : Protéines digestibles dans l'intestin grêle (g/j) / Ca_{abs} : Calcium absorbable (g/j)
 P_{abs} : Phosphore absorbable (g/j) / MSI : matière sèche ingérée (kg MS/j) / Prod : production laitière (kg de lait/j)
 TB : taux butyreux (g/kg) / TP : taux protéique (g/kg)

État de l'art

Cette synthèse bibliographique s'intéresse à la période de transition entre deux lactations, comprenant la fin de la gestation et le début de lactation, appelée « péri-partum ». Elle traite dans un premier temps des bouleversements physiologiques rencontrés et des risques sanitaires associés. Dans une deuxième partie, elle s'intéresse plus précisément à la période sèche. Enfin, elle détaille les enjeux de l'alimentation lors de cette période et propose un état des lieux des connaissances sur l'alimentation des vaches tarées.

1 Le péri-partum, une période de transition à risques pour les vaches laitières

On appelle « péri-partum », la période qui couvre les 3 semaines avant et les 3 semaines après le vêlage (6 semaines) (Drackley, 1999), on parle aussi de « période de transition » (Salat, 2005). Cette phase se situe au carrefour des deux fonctions physiologiques principales qui déterminent la productivité d'une vache laitière : reproduction et lactation (**figure 1**). En effet, elle marque la fin de la gestation et le début de la lactation et le passage de la période sèche au début de lactation.

Dans ce rapport, le terme « période sèche » sera utilisé pour désigner la période allant de l'arrêt de la traite jusqu'au vêlage. Le terme « tarissement », pour désigner l'arrêt de la traite. Enfin, le terme « vaches tarées » sera utilisé pour désigner les animaux en période sèche et « ration de tarissement » pour la ration distribuée aux vaches tarées.

1.1 Des bouleversements physiologiques qui rendent les vaches plus sensibles aux pathologies

La gestation et la lactation, sont deux fonctions physiologiques très différentes. En effet, le passage d'un état gestatif à un état de production, engendre de nombreux bouleversements (nutritionnels, physiologiques et morphologiques) et perturbent les organismes des vaches, les rendant plus vulnérables face aux pathologies infectieuses et métaboliques. Les équilibres hormonaux, les physiologies de la mamelle et du rumen, les besoins alimentaires et l'utilisation métabolique des nutriments diffèrent (Sérieys, 1997). Ceci, en fait la période la plus critique dans la vie productive d'une vache laitière. C'est pourquoi une connaissance et une maîtrise de cette phase, doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Trois particularités physiologiques du péri-partum chez la vache laitière, peuvent expliquer cette sensibilité aux pathologies : un bilan énergétique négatif, des fluctuations de la calcémie et un état d'immunodépression.

1.1.1 Un bilan énergétique négatif systématique en début de lactation

Avec la reprise de la production laitière, les besoins nutritionnels augmentent fortement. Le **tableau 1**, compare les besoins totaux d'une vache laitière en fin de gestation, et les besoins totaux de cette même vache, en lactation. En gestation, les besoins totaux sont la somme des besoins d'entretien (fonctions vitales) et des besoins de gestation. En lactation, les besoins totaux sont la

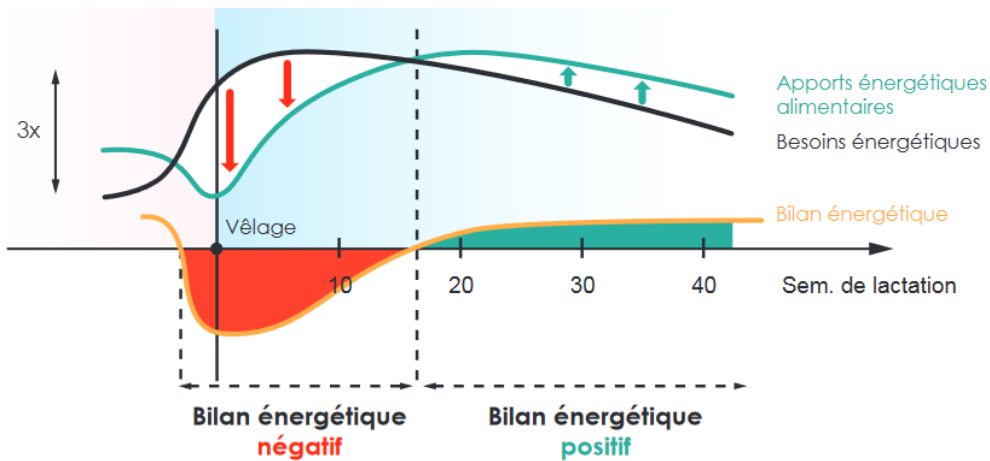


Figure 2 : Évolution des apports énergétiques alimentaires (courbe verte), des besoins énergétiques (courbe noire) et du bilan énergétique (courbe orange) au cours du cycle de production d'une vache laitière (Hanzen, 2021)

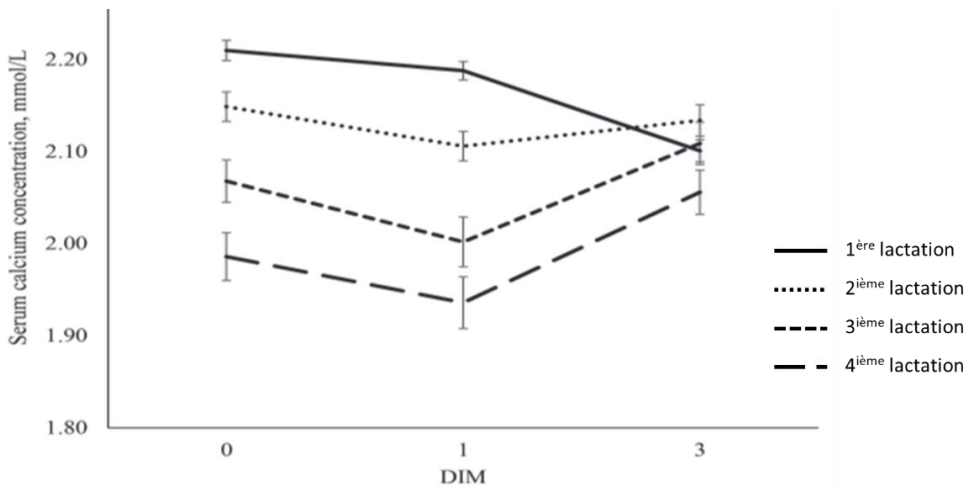
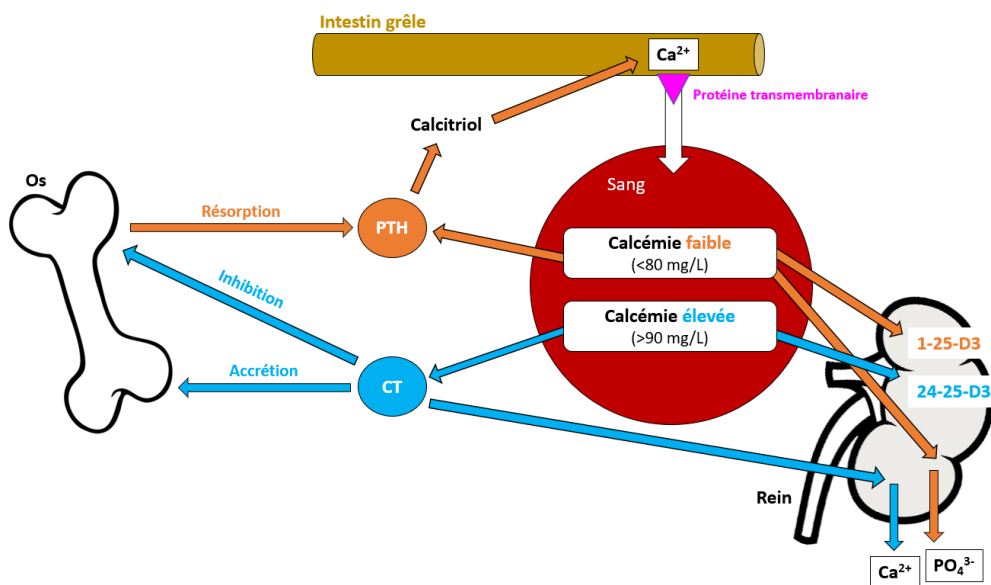


Figure 3 : Évolution du calcium sanguin (mmol/L) au cours des trois premiers jours de lactation (DIM) en fonction de la parité (Venjakob, 2019)



PTH : parathormone / CT : calcitonine

Figure 4 : Schéma simplifié de l'homéostasie phosphocalcique (source personnelle inspirée de (Meschy, 2010))

somme des besoins d'entretien et des besoins de production. Les besoins énergétiques s'élèvent à 9,9 UFL/jour en fin de gestation et atteignent 21,6 UFL/jour en lactation, soit une augmentation de 118%. Les besoins protéiques (PDI) passent de 530 à 2 066 g/j, soit une augmentation de 289%. Les besoins en minéraux (Calcium et Phosphore) s'élèvent en moyenne à 22,5 g/j en fin de gestation et atteignent 60 g/j en lactation. En moyenne, les besoins sont multipliés par 2,7.

Cette synthèse bibliographique s'intéressera plus particulièrement aux besoins énergétiques, les protéiques étant plus négligeables.

A ce stade physiologique, les apports énergétiques alimentaires ne permettent pas aux vaches laitières, de faire face à cette rapide augmentation des besoins énergétiques (**figure 2**). Concrètement, l'énergie dépensée par l'animal est supérieure à l'énergie ingérée. Les besoins énergétiques excéderaient de 26 % les apports permis par l'alimentation (Drackley, 1999).

Dans ces conditions, les vaches laitières se retrouvent en situation de déficit énergétique. Ceci se traduit par un bilan énergétique négatif sévère en début de lactation, et ce pendant plusieurs semaines : 8 semaines pour les primipares et 12 semaines pour les multipares (De Vries et al, 1999). En 2015, Mann confirme cette tendance, en affirmant que le déficit énergétique en début de lactation semble moins prononcé chez les jeunes animaux. En effet, les vaches en deuxième lactation ont une balance énergétique de 77 %, contre 72 % pour les vaches en troisième lactation et plus.

1.1.2 Une fluctuation de la calcémie, liée à la reprise de la production lactée

Le calcium est un élément minéral essentiel dans la vie organique. Ces rôles sont multiples : structure du tissu osseux, contraction musculaire, transfert d'informations nerveuses, coagulation sanguine (Beckers, 2010).

Le lait est le liquide biologique le plus riche en calcium (concentration comprise entre 1,1 et 1,45 g/kg). Les besoins pour sa production sont directement liés à l'exportation du calcium sanguin vers la mamelle pour la synthèse du colostrum, puis du lait, avec une absorption majoritairement intestinale (via des protéines transmembranaires : TRP) (Meschy, 2010). Par conséquent, la concentration de calcium sanguin chute au cours des premiers jours de lactation (Venjakob et al. 2019) (**figure 3**).

Face à cette variation, la vache laitière doit retrouver une valeur d'équilibre le plus rapidement possible, pour rester en bonne santé. Comme valeur d'équilibre, la plupart des chercheurs considèrent la valeur de 80 mg/L de plasma sanguin (Goff, 2008 ; Reinhardt et al, 2011), mais certains travaux plus récents s'accordent sur une valeur plus élevée entre 85 mg/L (Martinez et al, 2012 ; Rodríguez et al, 2017) et 100 mg/L (Beckers, 2010).

L'homéostasie calcique est régulée par deux hormones : la parathormone (PTH) et la calcitonine (CT). Ces deux hormones sont rapidement libérées dans l'organisme dès que des changements de calcémies sont détectés, et sont actives sur trois organes : l'intestin (en modulant l'absorption intestinale), le tissu osseux (en orientant son métabolisme vers la résorption (mobilisation) ou l'accrétion (agglomération) minérale) et les reins (en modifiant la réabsorption tubulaire). La PTH est hypercalcémiant et la CT est hypocalcémiant. Lorsque la calcémie est faible, la PTH est libérée et active le processus de résorption osseuse. Les ostéoclastes (cellules osseuses) décomposent alors le tissu osseux et libèrent du calcium osseux dans le sang pour augmenter la calcémie. Lorsque la calcémie est élevée, la CT active l'accrétion osseuse et inhibe le processus de résorption, diminuant ainsi le calcium libéré dans le sang. Ces mécanismes sont illustrés par la **figure 4**.

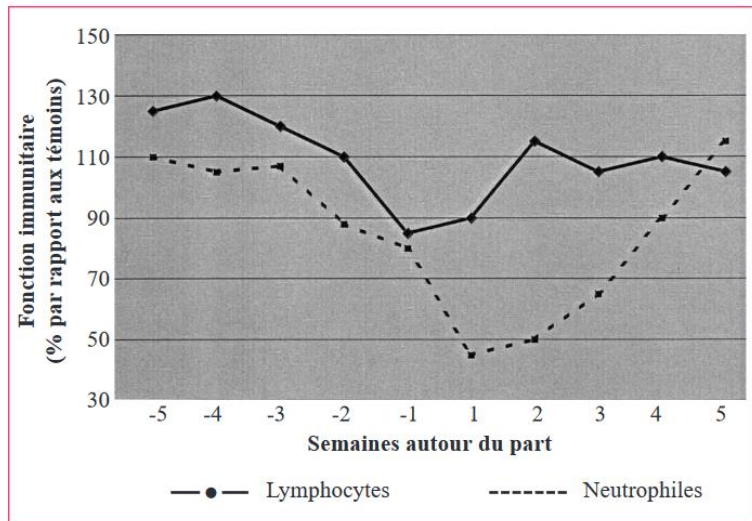


Figure 5 : Activité des neutrophiles (aptitude à ingérer et tuer des bactéries) et lymphocytes (aptitude à leur blastogénèse (multiplication)) en péri-partum (Goff et Horst, 1997)

Tableau 2 : Incidence des principaux troubles sanitaires selon les types génétiques (Faye et al, 1994)

Race	MAM	PAN+BOI	DIG	MET	DEL	VIT
MO	18,6	24,7	3,2	1,9	5,7	1,9
FF	29,1	36,0	11,5	6,1	14,9	3,1
HO	40,1	18,9	19,4	14,7	8,2	7,8
CR	38,9	22,5	14,4	19,6	9,6	8,2

MAM = mammite / **PAN+BOI** = panaris + boiteries / **DIG** = troubles digestifs non infectieux / **MET** = métrites / **DEL** = rétention placentaire / **VIT** = troubles métaboliques / **MO** = Montbéliardes / **FF** = Frisone Pie-noire / **HO** = Prim'Holstein / **CR** = croisements divers entre races

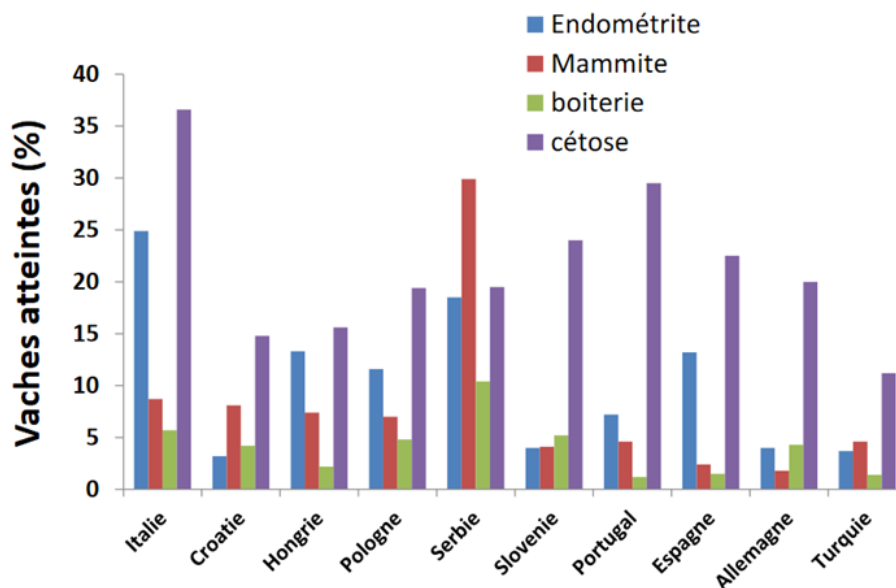


Figure 6 : Prévalence des maladies post-partum (0 à 15 jours après vêlage) en Europe (n= 5 884) (Suthar et al, 2013)

1.1.3 Un état d'immunodépression

Le système immunitaire, se compose d'une variété de cellules spécifiques (immunité spécifique) ou non spécifiques (immunité innée), capables de reconnaître et d'éliminer les microorganismes étrangers. Lorsqu'un pathogène est détecté, l'immunité innée est rapidement activée (en libérant des phagocytes, tels que les neutrophiles polynucléaires) et permet une première défense immunitaire. Si l'infection persiste, le système immunitaire spécifique s'active à son tour. Les cellules de l'immunité spécifique, appelées « anticorps » (macrophages), présentent des antigènes (lymphocytes B et T), capables de reconnaître des micro-organismes spécifiques (Ingvarsen et Moyes, 2013).

Au niveau moléculaire, l'activation de ces mécanismes de défense induisent une augmentation des biomarqueurs de l'inflammation, souvent sans signe évident d'infection.

Compte tenu de l'interaction entre les systèmes immunitaire, endocrinien et métabolique, et du stress que procure la mise-bas, on observe une diminution de la fonction immunitaire autour du vêlage. L'activité des cellules de l'immunité innée (neutrophiles) et de l'immunité spécifique (lymphocytes) diminuent à l'approche du vêlage et augmentent seulement après quelques jours de lactation (**figure 5**).

On qualifie ce phénomène d'immunodépression. Cet état, favorise l'expression clinique de nombreuses infections. De plus, la baisse de l'appétit (diminution de la matière sèche ingérée) est un des symptômes accompagnant ces affections. Ce dernier va favoriser l'apparition de troubles métaboliques, comme l'acétonémie ou encore le déplacement de caillette (Salat, 2005).

1.2 Des pathologies qui se concentrent après le vêlage

Les pathologies généralement rencontrées par les vaches laitières, peuvent être d'ordre :

- Infectieuses (mammites, endométrites),
- Podales (fourbures, panaris),
- Digestives et métaboliques (hypocalcémie, acidose, acétonémie, déplacement de caillette)
- Reproductives (infécondité).

D'après Faye et al (1994), ces maladies touchent toutes les races de vaches laitières. Cependant la Prim'Holstein, reconnue pour son haut potentiel laitier, semble plus sensible. En effet, les vaches de race Holstein, sont les plus sujettes aux mammites, avec 40,1 % des lactations atteintes et aux troubles digestifs dans 19,4 % des cas (**tableau 2**).

Ces maladies apparaissent généralement en début de lactation. D'après Leblanc et al (2006), 75% des affections se déclarent un mois après le vêlage.

En France, les récentes études se concentrent sur les pathologies infectieuses (mammites, métrites, dermatites). En 2013, Suthar regroupe les prévalences des maladies post-partum, obtenues sur 528 troupeaux européens. D'après la **figure 6**, on remarque très nettement que l'acétonémie (cétose), reconnue comme principale maladie métabolique en élevage laitier, semblent être un des troubles avec les prévalences les plus importantes lors de la reprise de la lactation (1 281 vaches touchées sur 5 884).

Ce mémoire de fin d'étude s'intéresse à l'alimentation des vaches en période sèche. La suite de cette synthèse bibliographique se concentrera donc sur les troubles métaboliques (non-infectieux).

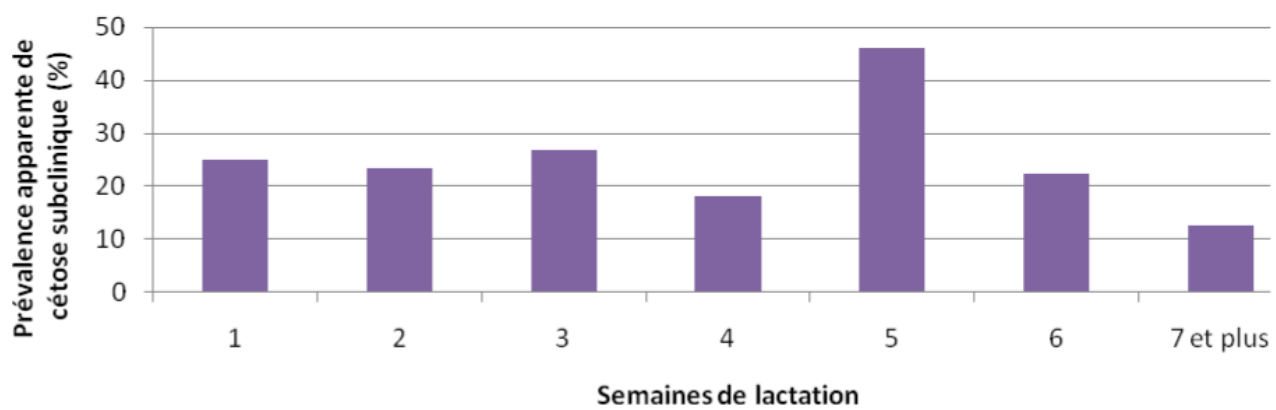


Figure 7 : Prévalence apparente de vaches en acétonémie (cétose) subclinique par semaine de lactation (n=615) (Philippe et Raboisson, 2012)

1.3 Le cas des maladies métaboliques

D'après différentes sources, les deux principales maladies métaboliques en début de lactation, sont l'acétonémie et l'hypocalcémie.

L'apparition de ces troubles s'explique, en partie, par les bouleversements métaboliques que les vaches subissent autour du vêlage (péri-partum). L'acétonémie est liée au déficit énergétique qui marque le début de la lactation (**partie 1.1.1**), tandis que l'hypocalcémie est liée à la baisse du calcium sanguin (**partie 1.1.2**).

1.3.1 L'acétonémie, maladie liée au métabolisme énergétique

L'acétonémie (aussi appelée « cétose ») est une pathologie métabolique qui affecte plus de 50 % des élevages laitiers (Fourichon et al, 2000). Toutes les races de vaches laitières sont touchées. Néanmoins, les vaches de race Prim'Holstein semblent légèrement plus sensibles (Johan et Davière, 2014), au regard de leur haut niveau de production et de leurs besoins énergétiques associés. Elle est généralement liée au bilan énergétique négatif en début de lactation. Ce dernier pouvant s'expliquer par une mauvaise qualité de l'alimentation, un déficit d'ingestion, de digestion ou d'absorption intestinale, ou encore par une demande énergétique trop importante.

Pour pallier cette carence la vache laitière mobilise ses réserves lipidiques. Ceci entraîne une production massive de corps cétoniques, capables de fournir l'énergie nécessaire aux tissus. Les corps cétoniques sont le résultat de la dégradation des acides gras par le foie. Ces nutriments énergétiques, habituellement présents chez le ruminant, deviennent toxiques en trop grande quantité. Cependant, il arrive que le foie soit surchargé par les acides gras, et que leur dégradation soit incomplète : il y a alors une accumulation de corps cétoniques dans le sang (notamment le Béta-Hydroxy Butyrate (BHB)), ceci déclenche l'acétonémie.

L'acétonémie peut être clinique, mais dans 24,6 % des cas, elle est subclinique (Philippe et Raboisson, 2012). D'après McArt et al (2011), elle se déclare entre 2 et 7 semaines postpartum. Sa prévalence semble plus importante en cinquième semaine de lactation (Philippe et Raboisson, 2012) (**figure 7**). Par ailleurs, les vaches en deuxième et troisième lactation, ont plus de chance de développer une acétonémie (Suthar et al, 2013).

Il existe plusieurs types d'acétonémie, expliquées par différentes causes :

- Acétonémie de type I (sous-nutrition) : due à des apports alimentaires insuffisants ou à une ingestion insuffisante du fait d'une maladie intercurrente,
- Acétonémie de type II (syndrome de la « vache grasse ») : due à un excès d'embonpoint (note d'état corporel > 3,25 sur une échelle de 0 à 5 ; 0 étant maigre et 5 très gras) et une perte de poids trop brutale au moment de la mise-bas,
- Acétonémie de type III (alimentaire) : due à une consommation excessive d'aliments cétogènes ou riches en acides butyriques (betteraves, ensilages mal conservés).

Paradoxalement, cette pathologie peut toucher des vaches amaigries, comme des vaches « grasses ». C'est finalement la forte mobilisation des réserves corporelles et l'agglomération de corps cétoniques dans le sang qui déclenche cette maladie.

Jusque dans les années 2010, peu de données épidémiologiques sur l'acétonémie subclinique étaient disponibles en France. Des tests, capables de quantifier les corps cétoniques dans le lait

Tableau 3 : Tableau de synthèse reprenant les prévalences de l'hypocalcémie subclinique observées dans plusieurs études dans le monde, selon les seuils calciques considérés (Bodin, 2020)

Auteurs	Année	Seuil (mg/L)	Date des prélèvements	Prévalence	Race	Pays	n
Venjakob <i>et al.</i>	2017	88	1 PS dans les 48 h PP	77,8 %	PH	Allemagne	1196
Caixeta <i>et al.</i>	2017	86	3 PS : J1, J2 et J3 PP	78,0 %	PH	USA	97
Martinez <i>et al.</i>	2012		3 PS : J1, J2 et J3 PP	65,5 %	PH	USA	110
Rodriguez <i>et al.</i>	2017	85,6	1 PS à J2 PP	61,7 %	PH	Espagne	796
Astruc	2018	85	2 PS : entre J1-J2 et entre J4-J6	39,0 %	PH/MB	France	115
Gillet	2015		3 PS : J-7, J0 et J4 PP	65,1 %	NP	France	106
Valldecabres <i>et al.</i>	2019	84,8	1 PS en moyenne à h+3,5 PP	64,0 %	JER	USA	598
Venjakob <i>et al.</i>	2017	84	3 PS : J1, J2 et J3 PP	61,2 %	PH	Allemagne	1196
Valldecabres <i>et al.</i>	2019	80	1 PS en moyenne à h+3,5 PP	40,0 %	JER	USA	598
Venjakob <i>et al.</i>	2019		3 PS : J1, J2 et J3 PP	33,9 %	PH	Allemagne	1053
Astruc	2018		2 PS : entre J1-J2 et entre J4-J6	28,7 %	PH/MB	France	115
Venjakob <i>et al.</i>	2017		3 PS : J1, J2 et J3 PP	46,9 %	PH	Allemagne	1196
Gillet	2015		3 PS : J-7, J0 et J4 PP	45,3 %	PH	France	106
Reinhardt <i>et al.</i>	2011		1 PS dans les 48 h PP	37,0 %	NP	USA	1462

PS : prise de sang / PP : post-partum / J1 : entre 0 et 24h PP / Jn : Jn-1 +24h / PH : Prim'Holstein / MB : Montbéliardes / JER : Jersiaises / NP : non précisé / n : nombre de vaches dans l'échantillon de l'étude

(comme « Kétotest » ou encore « Cétodélect » (Saillard, 2016)), sont désormais disponibles pour aider les éleveurs à prévenir de ces maladies qui engendrent des pertes économiques non négligeables.

1.3.2 L'hypocalcémie, maladie liée au métabolisme calcique

L'hypocalcémie (aussi appelée « fièvre de lait »), est un trouble métabolique majeur en élevages laitiers (Aubineau, 2022). Dans 75% des cas, cette pathologie survient entre 12 et 24 heures après le vêlage (Goff, 2008). Elle se déclenche lorsque le calcium sanguin diminue et que le métabolisme de la vache laitière ne parvient pas à retrouver un état d'homéostasie (mécanismes de l'homéostasie calcique **partie 1.1.2**).

Cette maladie se présente sous deux formes :

- L'hypocalcémie « clinique » : qui se déclare chez 1,8 à 7,1 % des vaches laitières (Saborío-Montero et al, 2017) et se caractérise par des problèmes de locomotion (Aubineau, 2022). Elle touche plus généralement les vaches multipares (Beckers, 2010 ; Aubineau, 2022).
- L'hypocalcémie « subclinique », plus fréquente en élevage, pouvant toucher entre 28,7 et 77 % des vaches laitières, quel que soit la race (Prim'Holstein, Montbéliardes, Jersiaise), ou encore le pays (Etats-Unis, Allemagne, France) (**tableau 3**). Les multipares semblent également plus sujettes (Reinhardt et al, 2011).

Deux causes principales ont été identifiées (Salat, 2005) :

- Une distribution de calcium trop élevée pendant la période sèche. La parathormone étant alors en concentration insuffisante et peu réactive, rendant la mobilisation du calcium osseux lente et difficile.
- Des apports déséquilibrés en faveur des cations (sodium, potassium), entraînant une hausse de pH sanguin (alcalose métabolique). L'augmentation du pH inhibe les récepteurs de la parathormone, ce qui bloque la résorption calcique et donc l'augmentation du calcium sanguin.

Dans ces deux cas, les mécanismes hormonaux sont perturbés et ralentis. L'homéostasie calcique peine à être rétablie. Ce décalage temporel entraîne alors une hypocalcémie (Goff et Horst, 1997).

A retenir : La période de péri-partum englobe les trois dernières semaines de gestation, la mise bas et les trois premières semaines de la lactation (six semaines au total). C'est une période de transition entre l'état gestatif et la lactation.

Cette phase est critique pour les vaches laitières, puisqu'elle se caractérise par des bouleversements physiologiques importants, qui rendent les animaux plus sujets à contracter des troubles sanitaires, notamment métaboliques. Les principales pathologies métaboliques rencontrées en élevages sont l'acétonémie et l'hypocalcémie. L'acétonémie étant liée au métabolisme énergétique et l'hypocalcémie au métabolisme calcique.

Certes ces maladies se déclarent en début de lactation, mais elles trouvent leur origine avant le vêlage, lors de la période sèche. Le pilotage de l'alimentation lors de cette phase, semble être un levier pour limiter l'apparition de ces maladies, et donc les pertes économiques associées.

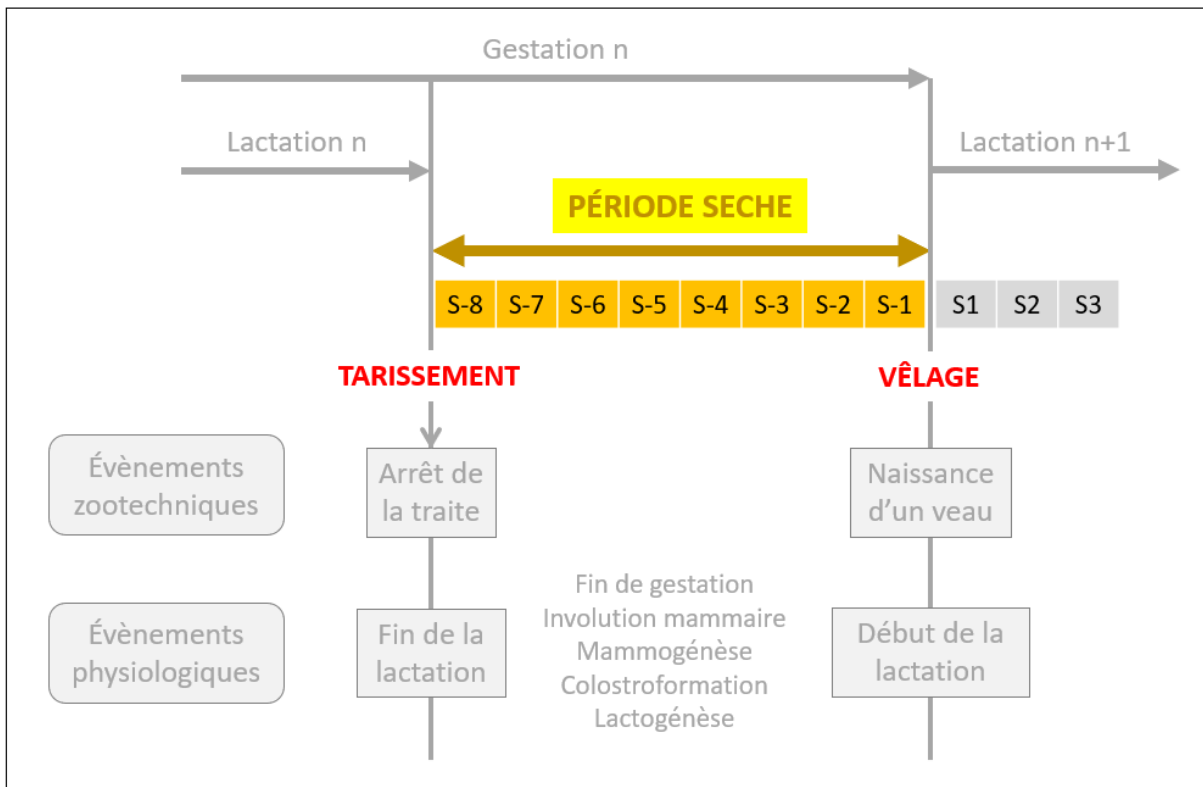


Figure 8 : Positionnement de la période sèche dans le cycle de reproduction d'une vache laitière

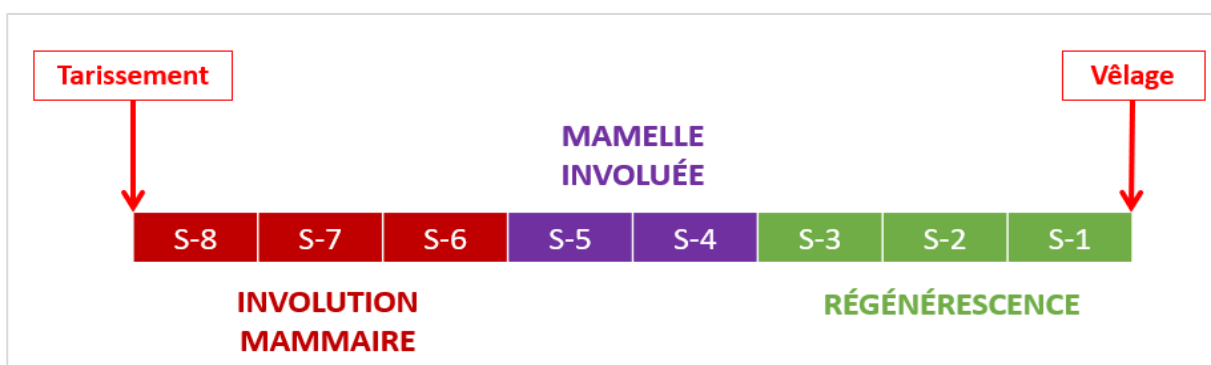


Figure 9 : Les trois phases successives de modification de la mamelle lors de la période sèche

2 La période sèche : une période de repos à ne pas négliger pour réussir la lactation suivante

La période sèche est la période entre le tarissement (arrêt de la traite) et le vêlage. Elle début 8 semaines avant le vêlage (**figure 8**). Lors de cette phase, les vaches ne sont plus en production. Alors que cette période peut être considérée comme une simple phase de repos entre deux lactations, c'est en réalité une étape à ne pas négliger.

En effet, elle est marquée par :

- une croissance fœtale importante : les besoins nutritionnels du fœtus atteignent des niveaux maximaux dans les trois dernières semaines précédant le vêlage (Sérieys 1997),
- un remodelage des tissus mammaires et intestinaux,
- une augmentation des besoins nutritionnels,
- une capacité d'ingestion qui diminue.

En général, une période sèche de 8 semaines est recommandée. Des études montrent qu'en deçà de 56 jours, la régénérescence des cellules mammaires serait limitée, ainsi que la quantité de lait produite pendant la lactation suivante (Friggens et al, 2004 ; Cermakova et al, 2014). En France, les durées de périodes sèches pratiquées sur le terrain, sont très proches des recommandations. D'après une enquête de Roussel (2020), la période sèche s'étend en moyenne sur 9 semaines dans les systèmes des deux principaux bassins laitiers français (Ouest et Est de la France) .

2.1 Des modifications physiologiques et morphologiques

2.1.1 Modifications au niveau de la mamelle

Entre 12 et 24 heures après l'arrêt de la traite, le processus de régression du tissu sécrétoire débute (Sérieys, 1997). Sous l'action de différentes enzymes, les organites cellulaires impliqués dans la synthèse des constituants du lait (appareil de Golgi, réticulum endoplasmique, ribosomes, mitochondries...) régressent. Ceci entraîne la perturbation de la sécrétion lactée, qui devient nulle, 35 heures environ après l'arrêt de la traite. On note alors les premiers signes d'involution. L'involution mammaire étant une modification régressive de la mamelle.

Tout au long de la période sèche, trois phases se succèdent (**figure 9**) :

- Une **phase initiale d'involution** au cours de laquelle la glande mammaire se désorganise, entraînant l'arrêt de la lactation. Les organites cellulaires et de la lumière alvéolaire régressent, tandis que les leucocytes augmentent. D'un point de vue morphologique, le volume de la mamelle diminue, la longueur des trayons se réduit et l'épithélium du trayon s'atrophie pour créer une barrière. Cette étape dure environ 3 à 4 semaines après l'arrêt de la traite.
- Une **phase intermédiaire où la mamelle est involuée**. L'activité des lactocytes est totalement à l'arrêt pendant 2 semaines (Capuco et al, 1997). Les lumières alvéolaires disparaissent.
- Une **phase finale de régénérescence** du tissu sécrétoire et une remise en route de la sécrétion lactée, qui débute avec la formation de colostrum (colostroformation). Cette étape débute 2 à 3 semaines avant le vêlage (S-3 à S-1). Ce processus crée un œdème mammaire et donc les canaux des trayons se dilatent (Hanzen, 2009).

Tableau 4 : Valeurs d'encombrements de référence d'aliments communément distribués aux vaches tarées (extrait tables et prévisions (INRA, 2018))

Fourrages	Codes tables (INRA, 2018)	UEL/kg MS
Paille de blé	FP0020	1,60
Foin	FE0060	1,20
Herbe pâturée	FV0060	1,20
Ensilage d'herbe	FE0010	1,18
Ensilage de maïs	FE4720	0,95
Tourteau de colza	CX0210	0,31
Tourteau de soja	CX0240	0,25



UEL : Unité d'encombrement Lait (/kg MS) / MS : matière sèche

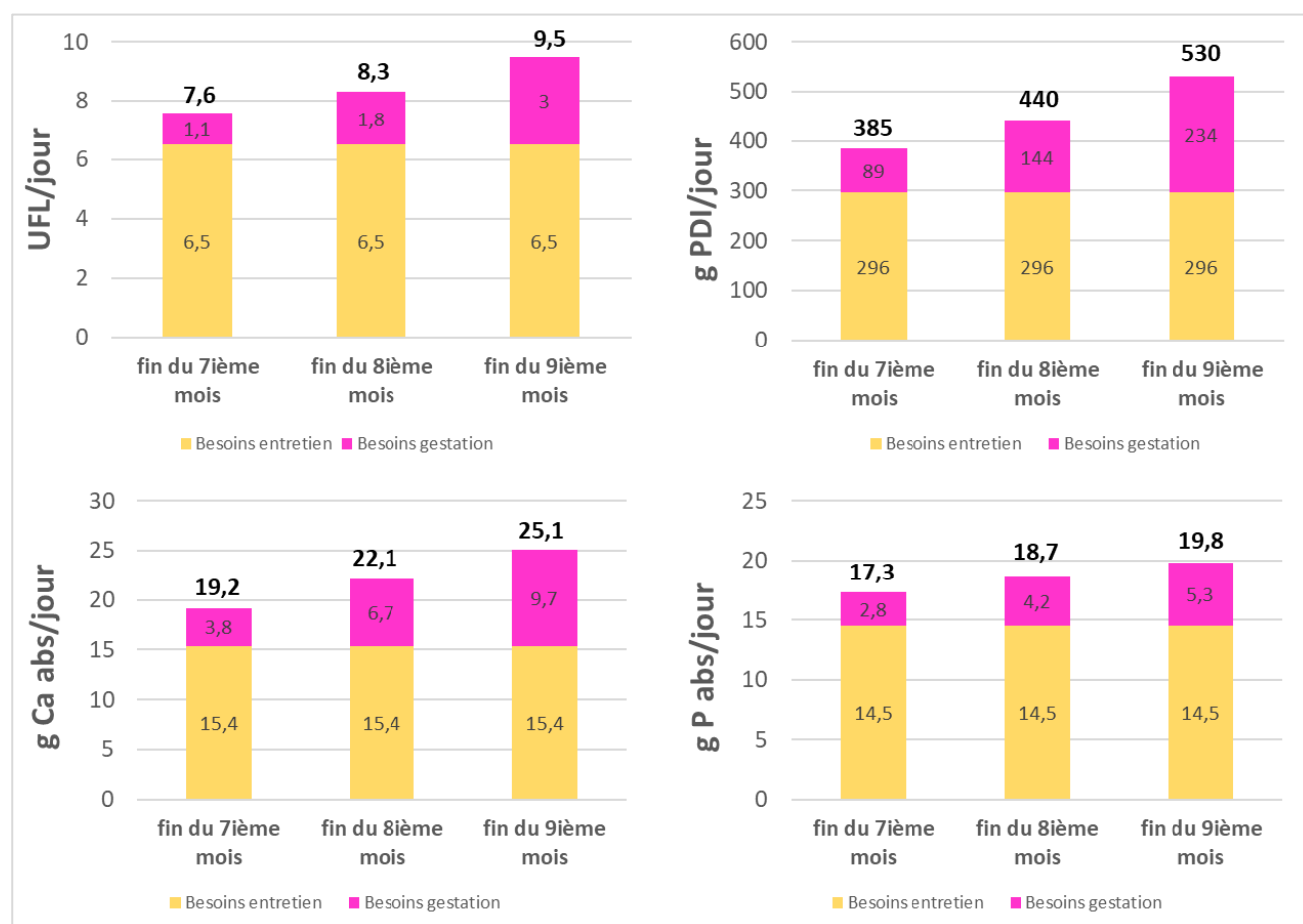


Figure 10 : Besoins énergétiques (Unité Fourragères Lait/jour), protéiques (g Protéines Digestibles dans l'Intestin/jour) et minéraux journaliers (g Calcium absorbable et g Phosphore absorbable) d'une vache tarée (600 kg) au cours de la période sèche (source personnelle inspirée de Favardin et al, 2018)

2.1.2 Modifications au niveau du rumen

Comme évoqué dans la **partie 1.1**, les besoins des vaches tarées sont moins importants que ceux des vaches en lactation. La ration de tarissement se trouve alors moins concentrée (moins énergétique) que la ration distribuée en lactation, au risque d'engraisser les animaux et de déclencher des troubles métaboliques (acétonémie par exemple).

Pour cela, la part de fourrages grossiers est augmentée et la part d'aliments concentrés (tourteaux, céréales) diminuée. Dans ces conditions, la flore cellulolytique du rumen (capable de dégrader les fibres) se développe, au détriment de la flore amylolytique (capable de dégrader l'amidon). Ceci entraîne une baisse de production des acides gras volatils (AGV), principale source d'énergie produite par les micro-organismes initialement présents dans le rumen.

Morphologiquement, ce faible niveau énergétique, entraîne la réduction de la croissance de l'épithélium ruminal et du développement des papilles ruminales. Toutefois, il faut veiller à conserver des papilles ruminales bien développées, pour optimiser l'absorption d'énergie dès le début de la lactation. Et réussir la transition.

De plus, le volume du rumen se réduit à cause de la présence du veau. Cependant, il est important de conserver le volume ruminal, pour anticiper la hausse d'ingestion en début de lactation. En pratique, les éleveurs utilisent des fourrages avec des valeurs d'encombrements (UEL/kg MS) élevées, comme de la paille ou foin, pour maintenir le volume du rumen (**tableau 4**).

2.2 Une période marquée par deux phénomènes antagonistes

La fin de la période sèche est marquée par deux phénomènes contradictoires. A l'approche du vêlage, les besoins augmentent, tandis que les quantités ingérées diminuent.

2.2.1 Des besoins qui augmentent à l'approche du vêlage

En période sèche, les besoins totaux d'une vache sont la somme de ses besoins d'entretien (fonctions vitales) et de ses besoins de gestation (développement du fœtus).

Au cours des cinq premiers mois de gestation, la croissance du veau est lente. Les besoins de gestation sont négligeables. C'est lors des trois derniers mois de gestation, que 80 % de la croissance du fœtus s'effectue. Par conséquent, les besoins de gestation des vaches augmentent à l'approche du vêlage.

La **figure 10** détaille l'évolution des **besoins d'entretien** et des **besoins de gestation** d'une vache laitière en période sèche. Les besoins énergétiques totaux d'une vache en début de période sèche (fin du 7^{ième} mois de gestation), s'élèvent à 7,6 UFL/jour, contre 9,5 UFL/jour en fin de gestation, soit une augmentation de 25 %. Les besoins protéiques, s'élèvent à 385 g/kg MS/jour en début de période sèche et atteignent 530 g/kg MS/jour, soit une augmentation de 38 %. Les besoins en Calcium et en Phosphore augmente respectivement de 31 % et 14 %.

D'après le système d'alimentation INRA (2018), les besoins énergétiques cumulés sur toute la période sèche s'élève à 506 UFL, soit environ 8 UFL/jour durant le 8^{ième} mois de gestation et 9 UFL durant le 9^{ième} mois (soit 8,5 UFL/jour durant toute la période sèche).

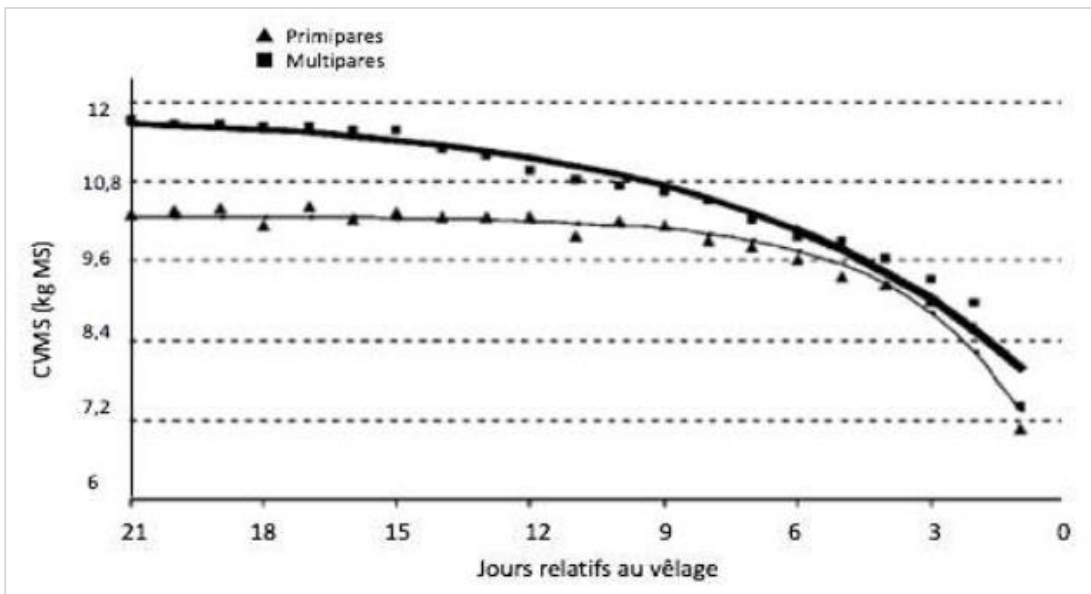


Figure 11 : Diminution de la consommation volontaire en matière sèche (CVMS (kg MS/jour)) au cours des trois dernières semaines de gestation pour des vaches primipares et multipares (Prim'Holstein) (Hayirli et al, 2002)

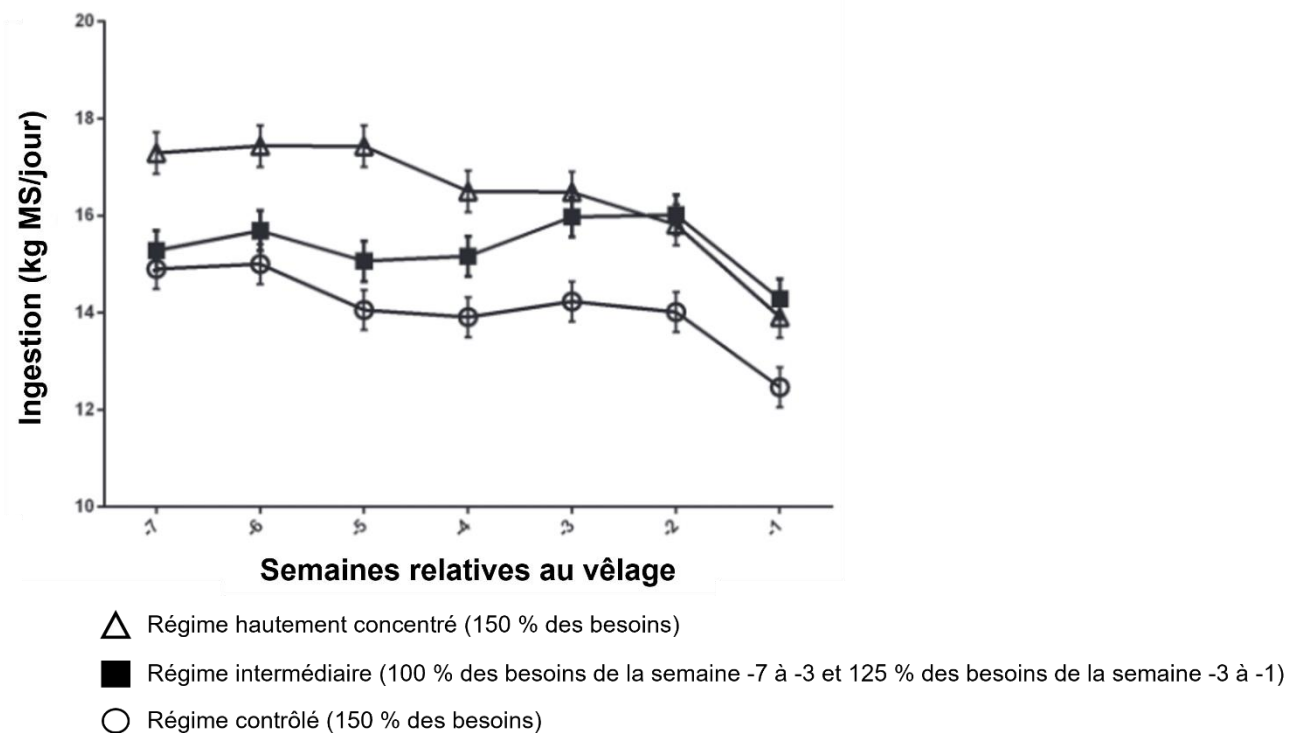


Figure 12 : Évolution de l'ingestion en période sèche en fonction de la concentration énergétique de la ration de tarissement (Mann et al, 2015)

2.2.2 Une ingestion qui diminue à l'approche du vêlage

L'ingestion des vaches tarées diminue à l'approche du vêlage. En 2002, Hayirli et al, avaient compilé les résultats de huit expérimentations américaines conduites sur 366 vaches de races Prim'Holstein et 24 régimes alimentaires différents. Ils ont observé une diminution de l'ingestion moyenne de 32,2 %, deux semaines avant le vêlage, avec 88,9 % de cette diminution qui survient lors de la dernière semaine de gestation.

Cette baisse d'ingestion s'observe de manière quasi-systématique, quel que soit :

- la parité ((Hayirli et al. 2002; Neave et al. 2017). Par ailleurs, la diminution de l'ingestion se vaudrait progressive pour les vaches multipares et plus brutale pour les vaches primipares (**figure 11**),
- la concentration énergétique du régime alimentaire (Mann et al, 2015) (**figure 12**),
- la durée de la période sèche (Cermakova et al, 2014),
- la métabolisation des réserves graisseuses (Weber et al, 2013).

A retenir : La période sèche est la période de transition entre la fin de la lactation en cours, et le début de la prochaine lactation. Elle correspond également aux deux derniers mois de gestation. Durant cette période, les vaches ne sont plus traitées. Elles réduisent alors progressivement leur production laitière, ce qui permet aux glandes mammaires de se régénérer. C'est une étape de repos physiologique.

Cependant, cette période est complexe et ne doit pas être négligée. En effet, elle est marquée par une hausse des besoins nutritionnels (due au développement du fœtus et à la reprise de la production laitière) et une baisse de l'ingestion. En parallèle, la vache est confrontée à d'importants changements physiologiques au niveau de la mamelle et du rumen.

Pour accompagner la vache vers le début de lactation dans les meilleures conditions, et éviter l'apparition de troubles sanitaires, notamment métaboliques, il est important de fournir une alimentation équilibrée, appropriée aux besoins de l'animal. Pour cela il semble nécessaire de maîtriser le rationnement des vaches tarées.

Tableau 5 : Capacité d'ingestion en fonction du format moyen et de la race du troupeau du vaches laitières (sans prise en compte de la note d'état corporel et du niveau de production)

Race des vaches	Format du troupeau	Poids vif moyen (kg)	Capacité d'ingestion (UEL)
Prim'Hosltein	Léger	580	13,6
Montbéliardes		570	13,4
Normande		630	14,3
Prim'Hosltein	Moyen	645	14,5
Montbéliardes		635	14,4
Normande		690	15,2
Prim'Hosltein	Lourd	710	15,5
Montbéliardes		710	15,5
Normande		755	16,2

(synthèse des données de poids vif des stations expérimentales de la Côte Saint-André (38), de Blanche-Maison (50), d'Ognoas (40), des Trinottières (49) et de Trévarez (29)) / **UEL** : Unité d'Encombrement Lait

Tableau 6 : Effet de la note d'état corporel sur la capacité d'ingestion

Classe d'état d'engraissement	NEC correspondante	Influence sur la capacité d'ingestion (variation en UEL)
Plutôt maigre	2	+1,5
Correct	3	0
Gras	4	- 1,5

NEC : note d'état corporel / **UEL** : Unité d'Encombrement Lait

3 Rationnement des vaches laitières en période sèche

Dans cette troisième et dernière partie, les objectifs du rationnement en période sèche seront expliqués, la notion de capacité d'ingestion ainsi que les références actuellement disponibles seront développées. De plus, un état des lieux sur les pratiques alimentaires utilisées sur le terrain sera réalisé. Enfin, les quelques recommandations usuelles seront énumérées.

3.1 Objectifs du rationnement en période sèche

Par définition, la ration de tarissement est une ration de transition entre deux rations de lactation. Les besoins étant moins importants en fin de gestation, l'objectif est de proposer une ration moins riche, à base de fourrages grossiers, pour éviter l'engraissement de l'animal et stimuler le développement du contenu ruminal. Il faut ensuite conduire progressivement la vache à ingérer une ration qui se rapproche de la ration de lactation, en ajoutant des aliments concentrés, pour éviter une transition trop brutale et les troubles métaboliques associés.

3.2 Capacité d'ingestion, clé de voûte du rationnement

3.2.1 Définition et calcul

La capacité d'ingestion (CI) traduit l'aptitude d'un animal à ingérer des aliments. Elle est exprimée en UEL pour les vaches laitières (Unité d'Encombrement Lait). En lactation ou en période sèche, la première étape du rationnement consiste à estimer les quantités d'aliments que la vache laitière peut ingérer. Cette étape est primordiale, car l'apport en nutriments est dépendant de la quantité de matière sèche consommée (Faverdin, 2018).

Grâce au système d'alimentation INRA (2018), il est possible de calculer la capacité d'ingestion d'une vache laitière avec l'équation suivante :

$$CI \text{ (en UEL)} = [14,25 + (0,015 \times (PV - 600)) + (0,11 \times PL_{Pot}) + ((2,5 - NEC))] \times IL \times IG \times IM \times IP$$

Trois facteurs modulent la capacité d'ingestion :

- Le poids vif (PV), exprimé en kg : la capacité d'ingestion varie selon le format des animaux, à raison de 1,5 UEL par 100 kg de poids vif. Le poids vif est ainsi la variable qui influence le plus sensiblement la capacité d'ingestion. Il est donc important d'avoir une idée précise du format moyen du troupeau (via des résultats de pesées ou des estimations du format moyen par équation). En pratique, on distingue trois formats de troupeau : « léger », « moyen » et « lourd ». Chacun de ces formats est associé à un poids moyen et à une capacité d'ingestion (**tableau 5**).
- La note d'état corporel (NEC), qui est une estimation des réserves graisseuses mobilisables par l'animal : la capacité d'ingestion varie de 1,5 UEL par point de NEC (positivement au-dessus de la note de 3 et négativement en-dessous de la note de 3) (**tableau 6**).
- La production laitière potentielle (PL_{Pot}) exprimée en kg de lait/vache/jour (s'élève, par défaut, à 5 kg de lait pour les vaches tarées).

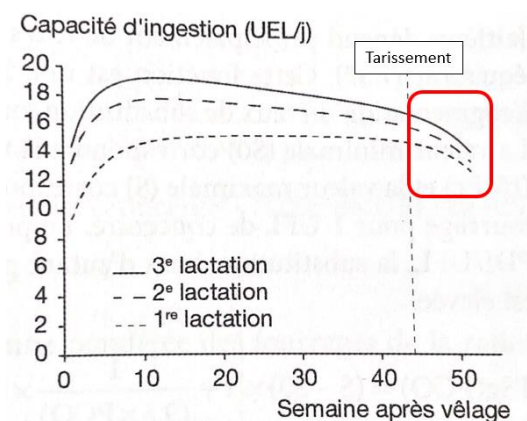


Figure 13 : Évolution de la capacité d'ingestion d'une vache laitière (Faverdin et al, 2018)

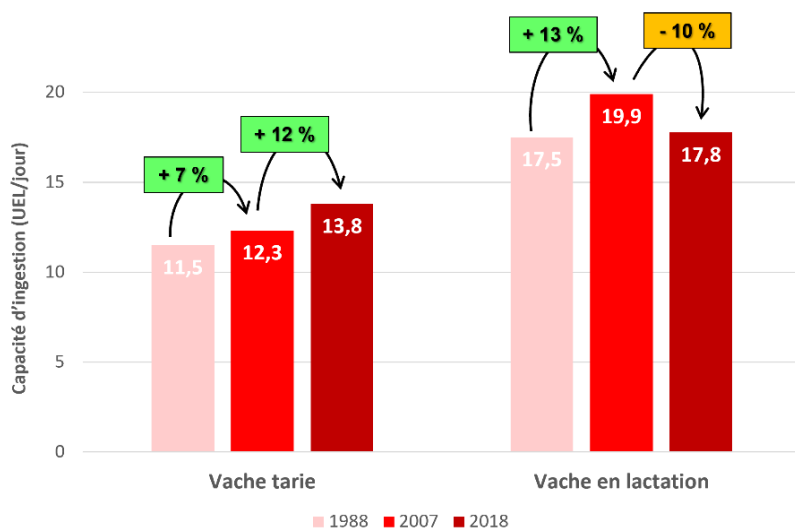


Figure 14 : Évolution de la capacité d'ingestion pour une vache tarie et une vache en lactation entre 1988 et 2018 (Faverdin et al, 2018)

Tableau 7 : Tableau de synthèse regroupant les quantités ingérées, relevées lors de différents travaux de recherche

Études	Ingestion (kg MS/jour)		Caractéristiques des échantillons étudiés			
	Semaines -8 à -3	Semaines -3 à -1	Race	Effectif	Parité des vaches	Régime alimentaire pendant la période sèche
Huzzey, 2007 (Canada)	-	14,7	PH	101	32 primipares + 69 multipares	21 % EM/43 % foin 35 % concentrés
Sweeney, 2015 (Etats-Unis)	-	14,6	PH	89	Multipares	45 % EM/28 % paille 27 % concentrés
Cermakova, 2014 (Répu. Tchèque)	13	13	PH	14	Multipares	EM/ens luz concentrés
Dann, 2015 (Etats-Unis)	13,3	12,4	PH	17	Multipares	51 % EM/14 % foin 36 % concentrés
Mann, 2015 (États-Unis)	14,4	13,2	PH	84	Multipares	29 % EM/36 % paille 30 % concentrés

EM : ensilage de maïs / ens luz : ensilage de luzerne / % : pourcentage de matière sèche

Viennent ensuite s'ajouter des indices suivants (dont les équations sont disponibles en **annexe 1**) :

- L'indice de lactation (IL) : qui correspond au stade de lactation (en semaines),
- L'indice de gestation (IG) : qui correspond au stade de gestation (en semaines),
- L'indice de maturité (IM) : qui correspond à l'âge de l'animal (en mois)
- L'indice protéique (IP) : qui correspond au rapport protéine/énergie de la ration.

Un animal est donc caractérisé par une capacité d'ingestion donnée, à un instant donné, indépendante des aliments qu'il consomme. Chez la vache laitière, la capacité d'ingestion diminue progressivement à l'approche du vêlage (**figure 13**). La capacité d'ingestion est donc faible en période sèche. D'après Faverdin et al, (2018), pour une vache laitière en troisième lactation, elle diminue jusqu'à 14 UEL/jour autour du vêlage, contre 19 UEL/jour lors du pic de lactation.

3.2.2 Actualisation

En quinze ans, les trois races laitières majoritairement présentes en France (Prim'Holstein, Montbéliarde et Normande) n'ont eu de cesse d'améliorer leur production laitière. Passant de 8 500 kg de lait produits par vache et par an à plus de 9 700 kg, pour les vaches de race Prim'Holstein (IDELE, 2022a). Ce progrès génétique, s'accompagne d'une augmentation des besoins des animaux.

Dans ce contexte en perpétuelle évolution, les équations de prédiction ont été réajustées et les prédictions revues à la hausse. La **figure 14** représente l'évolution de la capacité d'ingestion (prédite par l'INRAE) entre 1988 et 2018 pour une vache tarie et pour une vache en lactation (de mêmes caractéristiques : 600 kg, 2,5 points de NEC et une production laitière de 30 kg). La capacité d'ingestion pour une vache tarie en fin de gestation, s'élevait à 11,5 UEL/kg MS en 1988 et s'élève désormais à 13,8 UEL en 2018, soit une augmentation de 19 % en 30 ans.

Toutefois, la capacité d'ingestion des vaches en lactation a augmentée entre 1988 et 2007, mais a diminué de 10 % après l'ajustement de l'équation en 2018.

3.3 Ingestions des vaches laitières durant la période sèche

Le **tableau 7** synthétise les résultats d'ingestions mesurées en période sèche, lors de plusieurs études étrangères. L'ingestion moyenne d'une vache tarie de race Prim'Holstein, alimentée avec un régime composé à 36 % d'ensilage de maïs, 30 % de fourrages grossiers (paille ou foin) et 31 % de concentrées, s'élève à 13,6 kg MS/jour en période sèche.

Les références actuellement disponibles, sont principalement issues de données nord-américaines. Ceci traduit l'absence de travaux de recherche en Europe et en France. De plus, certaines études se concentrent uniquement sur la fin de la période sèche (période « close-up »), et non sur toute la durée de la période sèche. La dernière étude française en date est celle conduite par Aubineau (2022), mais les ingestions ont été estimées et non mesurées. En effet, la difficulté de mesurer les ingestions individuelles des vaches laitières, et le peu d'intérêt montré pour la période sèche, entraîne un manque de références sur cette phase.

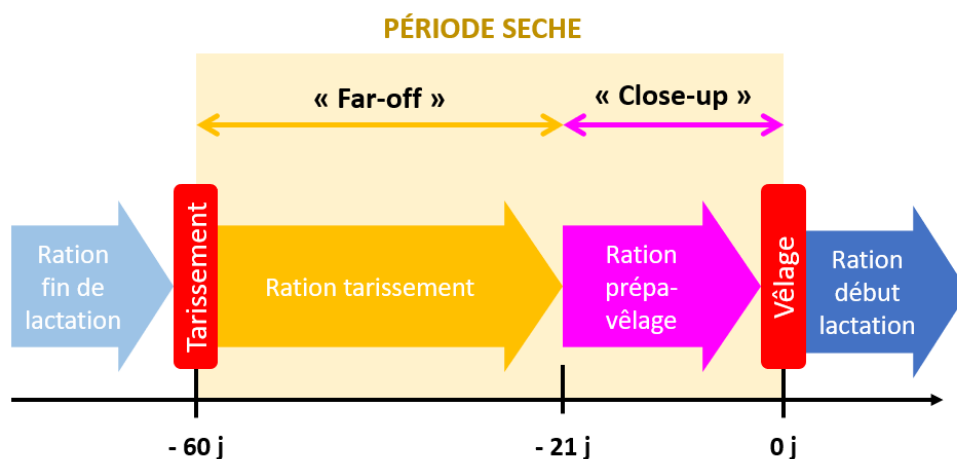


Figure 15 : Stratégie alimentaire biphasée de la période sèche : ration de tarissement + ration « prépa-vêlage »

Tableau 8 : Principaux programmes alimentaires pratiqués dans 79 élevages enquêtés (Roussel, 2020)

Rations distribuées en période sèche	Elevage avec 1 seul programme	Elevage avec 2 programmes	Total
RatVT + Prép	7	43	50
Pât + Prép	1	38	39
RatVLF + Prép	3	7	10
RatVT	3	6	9
Mixte + Prép	1	7	8
Pât	0	4	4
Diète + Pât + Prép	0	4	4
Diète + RatVT + Prép	1	2	3
Mixte	2	1	3
Autres	2	6	8
Total	20	118	138

RatVT : ration conservée spécialement formulée pour les vaches tarées / **RatVLF** : ration vache laitière intégrant un fourrage fibreux / **Prép** : ration de préparation au vêlage / **Pât** : pâturage / **Mixte** : ration mixte constituée de pâturage et de fourrages conservés / **Diète** : ration volontairement restrictive pour stopper la sécrétion lactée

3.4 Pratiques alimentaires utilisées sur le terrain

3.4.1 La ration de préparation au vêlage : conséquence pratique pour palier la baisse d'ingestion

Par définition, la période sèche est une phase de transition entre deux lactations. Au regard des besoins importants des vaches en début de lactation, les plans d'alimentation suggèrent en période sèche, une conduite alimentaire en deux phases (biphase) : avec une ration dite de « tarissement » (aussi appelée « far-off ») et une ration dite de « préparation au vêlage » (aussi appelée close-up).

La **ration de tarissement** est communément distribuée à partir du jour du tarissement (60 jours avant le vêlage). La **ration de préparation au vêlage**, est distribuée trois semaines avant le vêlage (**figure 15**). Cette dernière, plus énergétique, permet de maintenir le développement des papilles ruminales et permet aux bactéries du rumen de s'adapter au régime concentré qui sera distribué en début de lactation. L'augmentation de la densité nutritive de la ration de tarissement, semble nécessaire pour répondre aux besoins de la vache et faciliter la transition alimentaire avec la future ration de lactation. La distribution d'une ration dite « prépa-vêlage », 3 semaines avant la mise-bas, est une des conséquences pratiques mise en place par les éleveurs pour appréhender le passage de la période sèche, au début de lactation.

D'après une étude française (Roussel, 2020), 80 % des éleveurs interrogés (79 éleveurs adhérents au GDS Bretagne) optent pour des stratégies alimentaires « biphasées » (2 rations) et 14 % ne distribuent qu'une seule et même ration lors de la période sèche (stratégie « monophasée »).

En France et dans le monde, le maïs ensilage est majoritairement utilisé pour les vaches taries, en association avec un fourrage grossier (paille ou foin).

3.4.2 Diversité des conduites alimentaires

Au regard de la diversité des systèmes d'élevages français, un état des lieux récent, sur les pratiques de tarissement en France, met en évidence la diversité des conduites alimentaires durant la période sèche (Roussel, 2020).

Certains éleveurs utilisent deux programmes d'alimentation différents au cours de l'année pour les vaches taries, souvent en fonction de la saison. Les autres n'en utilisent qu'un seul, identique tout au long de l'année. Au total, seize programmes alimentaires ont été identifiés en Bretagne. Ils comportent généralement deux rations (80 %), mais peuvent comporter une ration (14 %), ou encore trois rations (6 %). Toutes ces rations se succèdent durant la période sèche. Les programmes alimentaires relevés lors de l'enquête sont synthétisés dans le **tableau 8**. Les programmes 1 (ration vache tarie suivie d'une ration préparation au vêlage) et 2 (pâturage suivi d'une préparation au vêlage), sont les programmes les plus utilisés.

Par ailleurs, les vaches taries ne reçoivent pas systématiquement une ration formulée spécialement pour ce stade physiologique, et certaines peuvent être mélangées avec le reste du troupeau.

3.5 Recommandations actuelles

Face à la diversité des systèmes et les demandes des acteurs de la filière (Roussel, 2020), des recommandations pratiques ont été établies pour accompagner les éleveurs dans la maîtrise de cette phase complexe. Les principales recommandations sont les suivantes :

- Éviter un engraissement des animaux pendant la période sèche ($NEC > 4$) afin de réduire le risque de maladie au début de la lactation. Les professionnels du secteur laitier conviennent qu'une note d'état corporel de 3,25 au vêlage est optimale (IDELE, 2010).
- Se rapprocher au maximum de la ration distribuée aux vaches en production pour ne pas modifier le microbiote ruminal.
- Usage de ration à faible BACA (Bilan Alimentaire Cations Anions). Pour obtenir une BACA inférieure à 0, il faut éviter les fourrages riches en cations (notamment en calcium et en potassium) : comme l'ensilage de luzerne, qui va favoriser l'alcalose métabolique et donc l'apparition de fièvre de lait (Salat, 2005).
- Complémenter en minéraux (chlorure de magnésium) : entre 50 et 100 g/vache/jour.

A retenir : La ration de tarissement, doit permettre de saturer le volume ruminal, répondre aux besoins des vaches tarées : qui sont faibles en début de période sèche et qui augmentent à l'approche du vêlage.

La capacité d'ingestion est la clé de voûte du rationnement. Elle traduit l'aptitude d'un animal à ingérer des aliments, et diminue à l'approche du vêlage. Ceci oblige les éleveurs à réajuster l'alimentation en fin de période sèche (via une ration de préparation au vêlage).

Pour accompagner les éleveurs dans le rationnement, le système d'alimentation français, a mis au point des équations de prédiction de la capacité d'ingestion des vaches laitières. Au regard, des progrès génétiques en élevage, ces équations ont été révisées régulièrement. En revanche, peu d'études sur l'ingestion réelles des vaches en période sèche ont été réalisées et sont pour la plupart étrangères.

Problématique

Le passage de la gestation à la lactation est une transition importante dans le cycle de production d'une vache laitière. A l'approche du vêlage, les besoins augmentent, tandis que l'ingestion semble diminuer. Sur le plan nutritionnel, cela se traduit par un déficit énergétique avant le vêlage, qui persiste sur les dix premières semaines de lactation, rendant les vaches sujettes à l'apparition de troubles sanitaires, notamment métaboliques.

Ces pathologies sont délicates, car elles sont majoritairement subcliniques (non visibles). Leur diminution est un enjeu majeur pour la santé globale des exploitations car elles entraînent des pertes technico-économiques importantes.

Piloter l'alimentation des vaches lors de la période sèche, semble être un des leviers pour limiter l'apparition des troubles sanitaire en début de lactation. La quantité de matière sèche ingérée est un élément central dans le pilotage de l'alimentation des vaches laitières. Il semble évident de connaître l'ingestion des vaches, y compris en période sèche.

Mais la difficulté de mesurer les ingestions individuelles, rend les prévisions et l'actualisation difficile. Des repères et des recommandations existent, mais aucune étude récente n'a fait l'objet d'une vérification et d'une actualisation. Il semblerait que les références d'ingestion des vaches taries soient anciennes et peu mises à jour. L'évolution des systèmes d'élevages et de la hausse du potentiel laitier des animaux lors des vingt dernières années, justifie le besoin de mettre à jour les références sur l'ingestion des vaches taries.

L'originalité de ce travail, réside dans le fait de mesurer les ingestions individuelles des vaches pendant la période sèche.

L'objectif de recherche est d'acquérir de nouvelles références sur l'ingestion des vaches taries, et mettre à jour les repères actuels, afin d'optimiser les rations de tarissement et limiter les troubles du péri-partum.

Les questions de recherche et les hypothèses de travail qui vont orienter le projet sont les suivantes :

Question 1 : quelle est l'ingestion des vaches laitière pendant la période sèche ?

- Les vaches taries ingèrent en moyenne entre 12,5 et 14 kg de MS sur toute la période sèche.
- Les primipares ingèrent moins que les multipares en période sèche.
- L'ingestion est stable sur l'essentiel de la période sèche, puis diminue une semaine avant le vêlage.
- La chute de l'ingestion est plus marquée pour les primipares.

Question 2 : quels sont les liens entre l'ingestion en période sèche et l'ingestion en début de lactation ?

- Une vache qui ingère beaucoup en période sèche, ingère beaucoup en début de lactation.
- La hausse de l'ingestion entre la période sèche et le début de lactation diffère selon la parité.

Question 3 : les ingestions prédites par le système d'alimentation INRA 2018, sont-elles en accord avec les ingestions mesurées ?

- Le système d'alimentation INRA 2018 sous-estime les ingestions des vaches taries.
- Les bilans énergétiques en période sèche sont positifs.
- Les vaches taries sont suralimentées en fin de période sèche.

Pour répondre à ces trois questions de recherche et aux hypothèses qui en découlent, un essai a été mis en place sur la ferme expérimentale laitière des Trinottières. Située dans les Pays de la Loire (49) et spécialisée dans l'alimentation animale, cette station dispose d'auges peseuses qui permettent de mesurer les quantités ingérées individuelles des vaches laitières.

Des analyses descriptives et statistiques, sur les performances zootechniques des vaches en période sèche et en début de lactation vont être réalisées pour tenter de répondre aux deux premières questions de recherche. Enfin, les données d'ingestions mesurées vont être comparées aux ingestions prédites par le système d'alimentation INRA (2018) pour évaluer les écarts de prédiction possibles et les bilans énergétiques associés.

Tableau 9 : Caractéristiques des animaux en début d'essai (n=38)

	Total	PS1	PS2	PS3+
Effectif	38	18	8	12
Rang de lactation moyen au tarissement <i>(Écart-type)</i>	1,9 <i>(1,1)</i>	1 <i>(0,0)</i>	2 <i>(0,0)</i>	3,4 <i>(0,7)</i>
Poids vif moyen (kg) au tarissement <i>(Écart-type)</i>	727 <i>(73)</i>	682 <i>(37)</i>	726 <i>(43)</i>	802 <i>(75)</i>
NEC moyenne au tarissement <i>(Écart-type)</i>	2,9 <i>(0,4)</i>	2,8 <i>(0,3)</i>	2,7 <i>(0,4)</i>	2,9 <i>(0,6)</i>
Date de vêlage moyenne <i>(Écart-type)</i>	12/10/21 <i>(20,6)</i>	03/10/21 <i>(19)</i>	21/10/21 <i>(17)</i>	20/10/21 <i>(18)</i>

PS1 : vaches ayant réalisé une lactation et qui entament leur première période sèche (primipares) / **PS2** : vaches ayant réalisé deux lactations et qui entament leur deuxième période sèche (multipares) / **PS3+** : vaches ayant réalisé trois lactations ou plus et qui entament au minimum leur troisième période sèche (multipares) / **NEC** : note d'état corporel (échelle de 0 à 5)

Tableau 10 : Codification utilisée pour désigner les catégories des vaches en essai, en fonction de leur numéro de lactation et de leur stade physiologique

Numéro de la dernière lactation	1	2	3 et plus
Vaches en période sèche	PS1	PS2	PS3+
Vaches en début de lactation	L2	L3	L4+
Code couleur	Rouge	Vert	Bleu

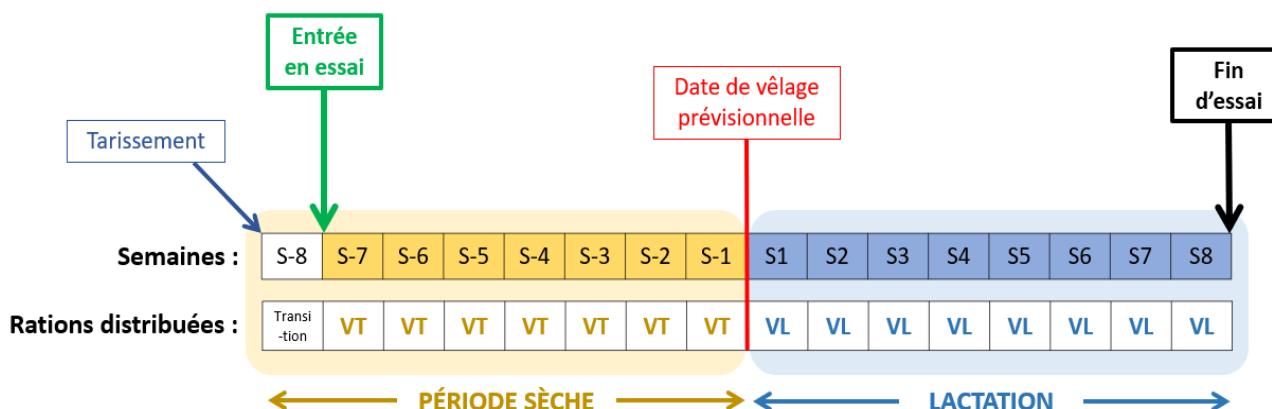


Figure 16 : Dispositif expérimental (essai physiologique)

Matériels et méthodes

Cette seconde partie aborde la méthodologie mise en place pour répondre à la première action du projet CITARE. L'objectif de ce premier volet est de réaliser un état des lieux de l'ingestion des vaches taries. Dans un premier temps, le dispositif expérimental, mis en place sur la ferme des Trinottières sera expliqué. Ensuite, les mesures réalisées seront listées. Enfin, l'agrégation des mesures, la création des bases de données et les méthodologies statistiques utilisées seront détaillées.

1 Mise en place d'un essai sur la ferme expérimentale des Trinottières

1. Caractéristiques des animaux et dispositif expérimental

L'objectif de l'essai était de mesurer les ingestions individuelles des vaches laitières en période sèche (PS) et en début de lactation (DL), sur une campagne.

Pour cela, un groupe de 38 vaches laitières (18 primipares et 20 multipares) de race Prim'Holstein a été constitué. Les critères d'allotement retenus étaient, dans cet ordre, les suivants : rang de lactation, date de vêlage, poids vif et production laitière. L'essai s'intéresse à des phénotypes liés au stade physiologique des animaux, c'est pourquoi des vaches avec des dates de vêlage proches ont été sélectionnées. Par ailleurs, des vaches de rangs de lactation différents ont été choisies et regroupées, pour étudier les potentiels effets de la parité sur les différentes variables mesurées. Les effectifs et caractéristiques des animaux en début d'essai, par parité, sont détaillés dans le **tableau 9**.

Dans la suite de ce travail, les primipares seront appelées « PS1 » en période sèche (puisqu'elles réalisent leur première période sèche) et « L2 » une fois entrées en lactation après leur deuxième vêlage (puisqu'elles réalisent leur deuxième lactation). Dans la même logique, les multipares, achevant leur deuxième lactation, seront appelées « PS2 » en période sèche et « L3 » en lactation. Et les vaches qui ont déjà réalisées 3 lactations minimum, seront appelées « PS3+ » en période sèche et « L4+ » une fois la lactation suivante commencée (**tableau 10**).

Le dispositif expérimental est détaillé en **figure 16**. Chaque vache est entrée en essai le 8^{ième} jour suivant sa date de tarissement, et terminait sa phase d'essai à la fin de sa 8^{ième} semaine de lactation (15 semaines d'essai par individu). Le protocole de tarissement habituellement réalisé sur la ferme des Trinottières est disponible en **annexe 2**.

Tout au long de l'essai, les vaches ont reçu deux rations successives. En période sèche, une ration dite « vache tarie » (VT) a été distribuée à volonté à tous les individus. A partir du vêlage, et jusqu'à la fin de l'essai, ces mêmes individus ont reçu une ration dite « vache en lactation » (VL), également distribuée à volonté.

Tableau 11 : Compositions et caractéristiques nutritionnelles des rations expérimentales

	Rations expérimentales	
	VT	VL
Composition (en % de matière sèche)		
Ensilage de maïs	56,7	72,4
Paille de blé (broyée)	31,0	2,2
Tourteau de colza	11,4	24,4
Uralim	-	0,2
AMV 5/3/18	0,6	-
Chlorure de magnésium	0,3	-
Carbonate de Calcium	-	0,6
Sel	-	0,2
TOTAL	100	100
Caractéristiques nutritionnelles : apports quotidiens et efficacité PDI		
UFL (/j)	10,5	21,4
PDI (g/j)	911	2 033
Efficacité PDI (%)	57	77
Densités de la ration		
UFL/kg MS	0,75	0,86
PDI/kg MS	65	83
BPR (g/kg MS)	-24	6

Uralim : urée / **AMV** : aliment minéral vitaminique / **UFL** : Unité Fourragère Lait
PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin / **BPR** : Balance Protéique du Rumen

1.1 Rations expérimentales et mode de distribution

1.1.1 Construction et compositions des deux rations expérimentales

Les ingestions retenues pour la construction de la ration VT est un compromis entre les quantités ingérées prédites par le système d'alimentation INRA 2018 et les ingestions habituellement observées sur la ferme des Trinottières, durant des périodes d'adaptation des animaux aux auges peseuses avant leur vêlage. L'ingestion retenue pour la ration VL, correspond à l'ingestion prédite par INRA 2018, pour des multipares en deuxième mois de lactation et avec une production laitière potentielle de 11 000 kg de lait/an.

Le calcul du rationnement étant réalisé à l'échelle du troupeau, les capacités d'ingestion retenues pour le calcul de la ration, correspondent aux capacités d'ingestion moyennes des vaches en période sèche et en début de lactation. Ainsi, les ingestions retenues pour calculer les rations de l'essai sont les suivantes : 14 kg MS/vache/jour pour les vaches tarées et 24,6 kg MS/vache/jour pour les vaches en lactation.

Ainsi la ration VL, à base d'ensilage de maïs et de tourteau de colza, correspond à la ration distribuée habituellement aux Trinottières, et s'approche des rations hivernales rencontrées sur le terrain dans l'Ouest de la France. La ration VT se compose des mêmes ingrédients, mais intègre une part de paille plus importante, plus adaptée aux vaches tarées. Les compositions (en % de matière sèche) des deux rations, ainsi que les caractéristiques nutritionnelles sont présentées dans le **tableau 11**.

Ces rations ont été établies à l'aide du logiciel RUMIN'AL/INRation (version 5), en prenant en compte :

- Les valeurs nutritionnelles des différents aliments : résultats d'analyses en vert pour l'ensilage de maïs et valeurs nutritives des tables INRAE (2018) pour la paille et les aliments concentrés.
- Les besoins des animaux : recommandations INRAE (2018), associées aux performances zootechniques moyennes des animaux disponibles pour l'essai (poids vif, note d'état corporel, âge, production laitière potentielle).

1.1.2 Distribution des rations expérimentales

Les deux rations expérimentales se présentaient sous forme de rations complètes mélangées et étaient offertes ad libitum (à volonté). Pour atteindre une alimentation « à volonté », 5 % des quantités totales ont été ajoutés à chaque ration (soit 0,7 kg MS/vache pour la ration VT et 1,2 kg MS/vache pour la ration VL). La distribution était réalisée une fois par jour, à 10h00.

Les vaches étaient séparées en deux lots physiques : un lot « vaches tarées » et un lot « vaches en lactation ». Les quantités distribuées étaient ajustées en fonction du nombre de vaches tarées et du nombre de vaches en lactation présentes chaque jour.

Tableau 12 : Mesures réalisées lors de l'essai, équipements, dispositifs expérimentaux et fréquences de mesures

Mesures réalisées	Équipements/dispositifs	Fréquences de mesures
Ingestion individuelle	Auges peseuses	Mesure continue
Production laitière	Compteurs à lait	2 fois/jour (à chaque traite)
Composition du lait	Analyses laboratoires (AGRANIS)	2 fois/semaine (sur 4 traites)
Poids vif	Bascule automatique en sortie de traite	2 fois/jour (en sortie de traite)
Note d'état corporel	Evaluation au palpé par des techniciens de la ferme	1 fois toutes les 2 semaines
MS des rations distribuées	Etuve	1 fois/jour
Note « Cétodetect »	Analyse du spectre MIR du lait (AGRANIS)	2 fois/semaine (sur 4 traites)
Évènement sanitaire	Observations humaines	Mesure continue
Valeurs nutritives des aliments	Analyses chimiques (laboratoire) Tables INRA 2018	1 fois lors de l'essai

2 Mesures réalisées au cours de l'essai

Les mesures réalisées au cours de l'essai, les méthodes utilisées et leur fréquence de mesure, sont présentées dans le **tableau 12**.

2.1 Ingestions individuelles

Les ingestions individuelles de chaque vache ont été mesurées quotidiennement, grâce au dispositif d'auges peseuses Biocontrol® présent sur la station des Trinottières. Le système identifie les animaux à l'aide de boucles électroniques et sauvegarde les quantités de matière brute ingérées (MBI) dans un logiciel dédié.

2.2 Production laitière et composition du lait

Les quantités de lait brut ont été mesurées à chaque traite (2 traites/jour) grâce aux compteurs à lait installés sur le dispositif de traite (roto). Les données sont stockées sur le logiciel DELPRO® (interface du fournisseur).

Pour déterminer la composition des laits, deux échantillons de lait par semaine ont été prélevés par vache, sur quatre traites : lundi soir/mardi matin et jeudi soir/vendredi matin. Chaque échantillon se compose de 50 % de lait de la traite du soir et de 50 % de lait de la traite du lendemain matin. L'échantillonnage est effectué à l'aide de préleveurs positionnés sur chaque poste de traite. Les échantillons étaient conservés à température ambiante, dans des flacons bronopolés. Ils étaient collectés par le laboratoire Agranis (53), le mardi et le vendredi matin. Le taux butyreux (TB), le taux protéique (TP), l'urée et le comptage cellulaire (cellules), ont été analysés. De plus, le spectre MIR (moyen infra-rouge) de chaque échantillon a été répertorié.

2.3 Poids vifs et notes d'état corporel

Le jour du tarissement, les vaches ont été pesées, en sortie de traite par une bascule automatique. Pour la suite de l'essai, elles ont été pesées une fois par semaine durant la période sèche et deux fois par jour en début de lactation (bascule automatique en sortie de traite). Toutes les pesées des vaches tarées ont été réalisées à 14h00, soit 4h00 environ après la distribution de la ration.

Les notes d'état corporel sont évaluées toutes les deux semaines, sur une échelle de 0 à 5, par les techniciens de la station toutes les deux semaines à l'aide de la grille de notation de l'état d'engraissement de Bazin (1984). Cette grille est disponible en **annexe 3**.

2.4 Évènements sanitaires

Tous les évènements relatifs à la santé (boiterie, maladies), à la reproduction (chaleurs) ou encore des évènements exceptionnels (pannes d'équipements expérimentaux, fortes températures...) ont été recensés grâce aux observations quotidiennes des techniciens de la ferme. Ils sont notés dans un calendrier de suivi et sont ensuite utilisés lors des réunions de suivi d'essai, pour faciliter le nettoyage des données.

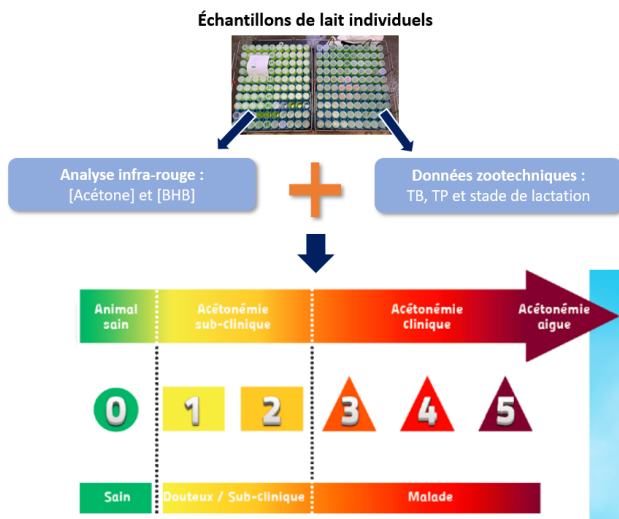


Figure 17 : Méthode d'évaluation de l'indicateur Cétodélect (Saillard, 2016)

Tableau 13 : Constitution du jeu de données CITARE

Variables	Données brutes	Nombre de fichier et/ou fréquence	Agrégation	Validation	Jeu de données final
lait_24h	1 fichier csv généré par le logiciel du système de traite	1 fichier/jour	1 fichier xlsx avec 9 feuilles et pour chaque feuille : 1 ligne = 1 animal = 1 date = 1 données	Réunions suivi essai	Fusion des données à la semaine dans la feuille « LB »
TB	1 fichier csv issu du laboratoire et intégré au logiciel du système de traite	1 fichier/jour			Fusion des données à la semaine dans la feuille « TAUX »
TP					Fusion des données à la semaine dans la feuille « PV »
poids_manuel	1 fichier csv généré par le système de traite	1 fichier			Fusion des données à la semaine dans la feuille « NEC »
NEC	1 fichier de saisie manuelle xlsx (1 ligne = animal-date)	1 fichier			Fusion des données à la semaine dans la feuille « MSI »
MBI	1 fichier csv généré par le logiciel des auges (1 ligne = 1 repas = 1 date)	1 fichier			Fusion des données à la semaine dans la feuille « CETODETECT »
MS_rationVT	1 fichier de saisie manuelle xlsx (1 ligne = animal-date-repas)	1 fichier			
MS_rationVL					
ceto_detect	1 fichier xlsx fournis par le laboratoire AGRANIS	1 fichier			

lait_24h = production laitière journalière (kg de lait/j) / TB = taux butyreux (g/kg de lait) / TP = taux protéique (g/kg de lait) / poids_manuel = poids vifs (kg) / NEC = note d'état corporel / MBI = matière brute ingérée (kg/j) / MS_rationVT = % de matière sèche de la ration VT / MS_rationVL = % de matière sèche de la ration VL / ceto_detect = note cétodetect

2.5 Analyses des aliments distribués : matières sèches et valeurs nutritives

Les matières sèches des aliments et des rations distribuées sont mesurées quotidiennement à l'aide d'une étuve présente sur la ferme. Chaque jour, un échantillon de chaque ration (VT et VL) est prélevé à l'auge et pesé, avant de passer à l'étuve (105°C durant 24 heures). Leur teneur en matière sèche est déterminée en faisant la différence entre le poids après étuvage et avant étuvage, ramené au poids avant étuvage. Les quantités de matière sèche ingérées (MSI) sont ensuite calculées en multipliant les matières brutes ingérées (enregistrées aux auges peseuses) par la teneur en matière sèche de la ration.

Les valeurs nutritives des aliments utilisés, sont déterminées au moyen d'analyses et/ou à partir de valeurs tables. Ces valeurs permettent d'établir les rations expérimentales et de calculer les bilans énergétiques de chaque vache sur toute la durée de l'essai.

2.6 Indicateur Cétodélect

Le risque d'acétonémie a été évalué à partir des échantillons de lait prélevés pour la composition du lait (**partie 2.2**), sur la base de l'indicateur Cétodélect. L'état d'acétonémie a été évalué deux fois par semaine, pour chaque vache, à partir de la deuxième semaine de lactation (le lait des 7 premiers jours de lactation est non commercialisable, et donc non contrôlable par le laboratoire). Grâce à la spectrométrie moyenne infrarouge, les concentrations en acétone et en béta-hydroxybutyrate (BHB) des échantillons de lait, peuvent être estimées et confortées par les données taux de ces mêmes échantillons. Les concentrations sont ensuite intégrées dans un modèle qui génère un indicateur « Cétodélect », sous forme de notes, comprises de 0 à 5 (**figure 17**). L'interprétation de ces notes est la suivante :

- 0 : animal considéré comme sain
- 1 et 2 : animal considéré en situation d'acétonémie subclinique
- 3 à 5 : animal considéré en acétonémie clinique

3 Analyse et traitement des données

3.1 Constitution des jeux de données

Pour répondre aux hypothèses de recherche, deux jeux de données ont été créés. Le premier agrège les données relatives aux performances zootechniques des vaches en période sèche et des vaches en début de lactation. Le second, regroupe les données concernant l'alimentation des vaches, qui permettront de calculer les ingestions prédites par INRAE et de calculer les bilans énergétiques des animaux.

1. Jeu de données « CITARE »

Toutes les données collectées lors de l'essai ont été agrégées dans un seul et même fichier Excel pour constituer la base de données « CITARE ». Cette base de données se compose de huit feuilles de calculs (+ un dictionnaire des variables), correspondant aux huit variables zootechniques, où chaque ligne contient une donnée phénotypique, identifiée par animal et par date. La constitution de ce fichier final est détaillée dans le **tableau 13**.

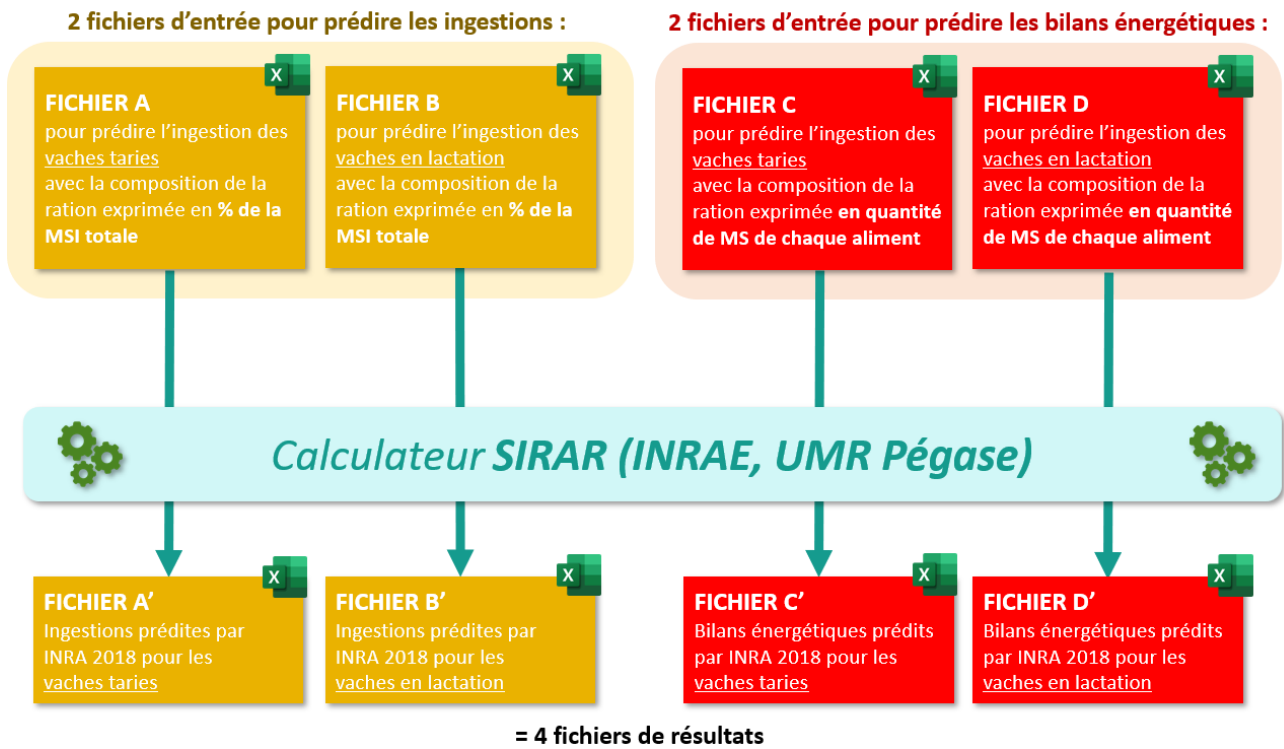


Figure 18 : Schéma d'organisation des fichiers utilisés pour le calcul des ingestions prédites et le calcul des bilans énergétiques avec l'outil SIRAR

Toutes les données ont été agrégées par stade physiologique (en jours : stade_j et en semaines : stade_sem). La semaine -1 correspond à la semaine qui précède le vêlage et la semaine 1 correspond à la semaine qui suit le vêlage. Le jour 0 a été supprimé, il correspond à la date de vêlage. La lactation démarre au jour 1, correspondant au lendemain du vêlage.

1. Jeux de données « SIRAR »

De nouvelles bases de données ont été créées pour comparer les ingestions réelles aux ingestions prédites et estimer les bilans énergétiques avec le système d'alimentation INRA 2018. Cette comparaison est difficilement réalisable avec le logiciel de rationnement Rumin'al, disponible sur le terrain. C'est pourquoi nous avons sollicité INRAE (UMR PEGASE), afin d'utiliser le calculateur SIRAR (SIMulateur de RAtions pour Ruminants). Il s'agit d'un outil interne à INRAE, qui permet de calculer un grand nombre de rations simultanément (pour plusieurs animaux et sur plusieurs semaines). Ce calculateur étant réservé aux chercheurs INRAE, des fichiers d'entrée ont été construits et envoyés à INRAE pour la réalisation des calculs et la génération des fichiers de résultats.

Au total, quatre fichiers d'entrée ont été créés (quatre bases de données excel) : un fichier destiné à calculer les ingestions prédites des vaches taries (fichier A), un fichier destiné au calcul des ingestions prédites des vaches en lactation (fichier B), un fichier pour le calcul des bilans énergétiques des vaches taries (fichiers C) et un fichier pour le calcul des bilans énergétiques des vaches en lactation (fichier D) (**figure 18**).

Tous ces fichiers sont constitués de données relatives aux animaux (identification, poids vifs, âge au vêlage, parité, semaine physiologique, note d'état corporel correspondant au stade physiologique, note d'état corporelle au vêlage, poids vif du veau à la naissance, production laitière potentielle) et aux compositions des rations (types d'aliments, composition en % de la matière sèche ingérée totale ou en quantité de matière sèche de chaque aliment). Des captures d'écran de la base de données des vaches taries (fichier A fusionné avec B) sont disponibles en **annexe 4**.

Une fois les calculs réalisés par SIRAR, quatre fichiers de résultats nous ont été fournis. Dans ces fichiers de sorties, chaque ligne correspond à un animal et à une semaine. Sur le même principe, les fichiers A' et B' comprennent respectivement les ingestions prédites des vaches taries et des vaches en lactation. Les fichiers C' et D' présentent les bilans énergétiques des vaches taries et des vaches en lactation

3.2 Nettoyage des données

Au cours de l'essai, trois réunions de « suivi d'essai » ont permis de vérifier la qualité des données générées. L'ensemble des événements « particuliers » (animaux malades, animaux séparés du lot, mesures aberrantes, pannes ou dysfonctionnements des outils expérimentaux) ont été consignés dans un compte rendu d'essai. Pour chaque situation jugée « anormale » et dont la ou les cause(s) n'a (n'ont) pas de lien avec l'essai, la ou les donnée(s) associée(s) a (ont) été supprimé(es). Par exemple, si pour une raison sanitaire, un animal est isolé et donc n'a plus accès aux auges peseuses, toutes les données correspondant à la période d'isolement sont supprimées.

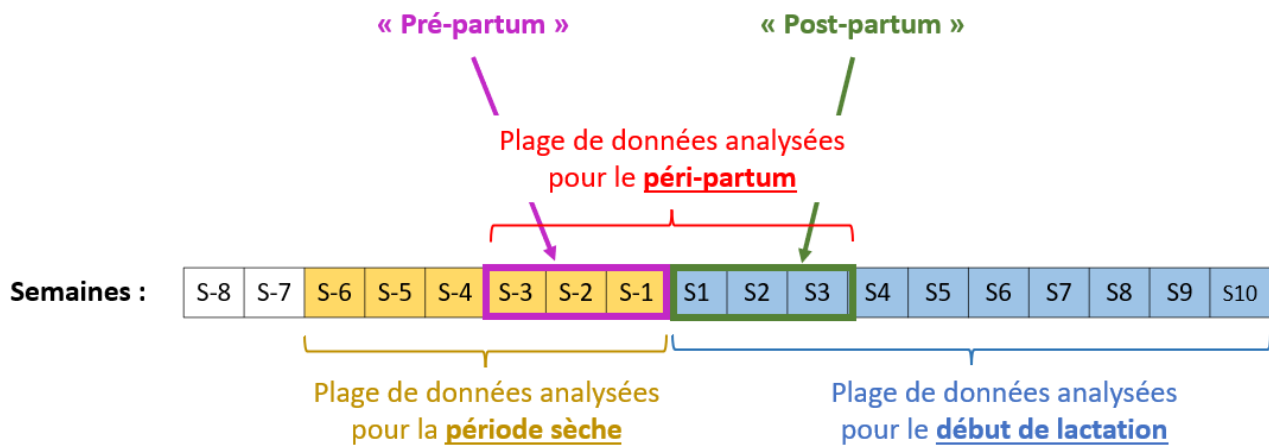


Figure 19 : Découpage des semaines physiologiques analysées en 4 sous-périodes

Tableau 14 : Description des variables étudiées

Nature des variables	Variables	Type de variables	Codes variables	Modalités ou unité
Variables explicatives	Parité	Variable qualitative nominale (non ordonnée)	nulact2	PS1, PS2, PS3+, L2, L3, L4+
	Stade en semaines	Variable qualitative non nominale (non ordonnée)	stade_sem	-6 à 10
Variables à expliquer	Note d'état corporel	Variable qualitative non nominale (non ordonnée)	NEC	0 à 5
	Ingestion réelle	Variables quantitatives continues	MSI_reelle	kg MS/jour
	Ingestion prédite		MSI_INRA	kg MS/jour
	Poids vifs		PV	kg
	Bilan énergétique		bilUFL	UFL/jour
	Production laitière corrigée		PL_corrige	kg de lait/jour
	Note céto détect	Variable qualitative non nominale	cetodetect	0 à 5

PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche / Ln : vaches qui réalisent leur nième lactation / MS : matière sèche / UFL : Unité fourragère Lait

3.3 Analyse des données

Pour l'étude de la période sèche, les analyses portent sur les données des semaines -6 à -1. Pour le début de lactation, ce sont les données des semaines 1 à 10 qui sont prises en compte. Enfin, l'analyse de la phase péri-partum, correspond à l'analyse et aux relations entre les données des semaines -3 à 3 (**figure 19**).

Les analyses descriptives et les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R Studio (version 4.2.2). Ils ont permis de répondre aux hypothèses de travail et donc aux trois questions de recherche.

Pour chaque variable suivante :

- Ingestion réelle (en période sèche et en début de lactation)
- Poids vif
- Note d'état corporel
- Production laitière corrigée
- Ingestion prédite
- Bilan énergétique

Nous avons étudié l'effet du stade (en semaines), l'effet de la parité et l'interaction entre stade et parité. Pour cela, nous avons utilisé, un modèle linéaire mixte (à deux facteurs). Ce type de modèle permet d'analyser des mesures répétées sur les mêmes individus au fil du temps. Ils sont capables de prendre en compte, à la fois des effets fixes (aussi appelés contrôlés) et des effets aléatoires. Dans le cas présent, les deux effets fixes (variables explicatives) étaient la parité et le stade (en semaines). De plus, une composante aléatoire a été ajoutée au modèle, prenant en compte la notion d'échantillon.

L'équation du modèle linéaire mixte utilisé est la suivante :

Variable à expliquer = parité * stade + composante aléatoire (animaux)

Avant de réaliser les tests statistiques, la normalité des résidus, leur indépendance, ainsi que l'homogénéité des variances ont été vérifiés, avec la fonction « check_model » (package « performance ») disponible sur R Studio.

Par ailleurs, différents tests statistiques ont été utilisés pour tester la(les) relation(s) entre variables :

- Anova : pour tester la relation entre une variable quantitative et une variable qualitative (exemple : ingestion et parité)
- Pearson : pour tester la relation deux variables quantitatives (exemple : ingestion réelle et ingestion prédite)
- Chi2 : pour tester la relation entre deux variables qualitatives (exemple : note d'état corporelle et parité)

Pour chaque test, un seuil de 5 % a été appliqué (p-value < 0,05).

Les variables étudiées sont récapitulées dans le **tableau 14**.

Tableau 15 : Ingestions et niveaux d'ingestion moyens observés en période sèche en fonction de la parité

	Moyenne <i>n=37</i>	PS1 <i>n=18</i>	PS2 <i>n=8</i>	PS3+ <i>n=11</i>	Résultats statistiques
Ingestion (kg MS/j) <i>(Écart-type)</i>	16,8 <i>(2,4)</i>	15,7 ^a <i>(1,8)</i>	17,9 ^b <i>(2,1)</i>	17,5 ^b <i>(2,3)</i>	S ($p < 0,0001$) PS1 < PS2 = PS3+
Niveau d'ingestion (kg MS/100 kg de PV) <i>(Écart-type)</i>	2,1 <i>(0,2)</i>	2,1 ^c <i>(0,2)</i>	2,2 ^d <i>(0,1)</i>	2,1 ^c <i>(0,3)</i>	S ($p = 0,0009$) PS1 < PS2 > PS3+

PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche / MS : matière sèche / PV : poids vif / S : significatif / p : p-value

a,b : sur une même ligne, écart significatifs entre les données ($p < 0,05$)

c,d : sur une même ligne, écart significatifs entre les données ($p < 0,05$)

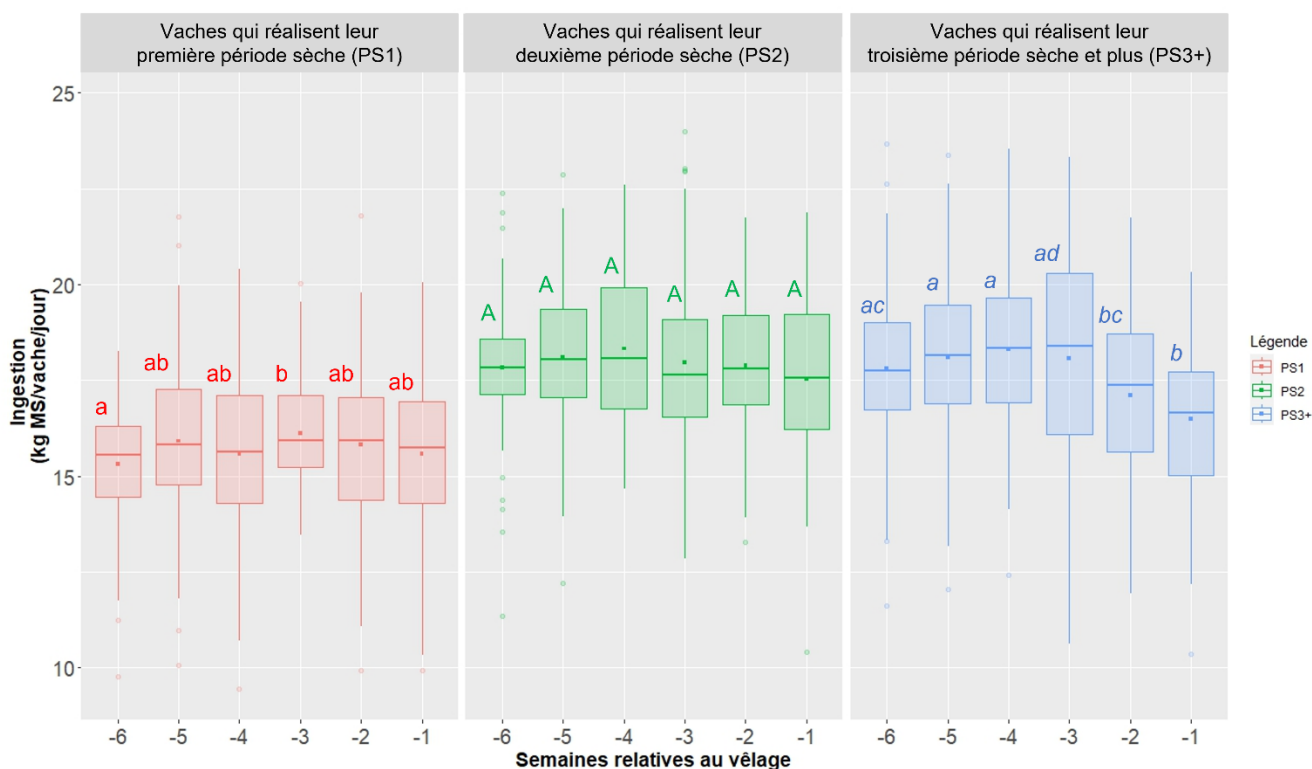
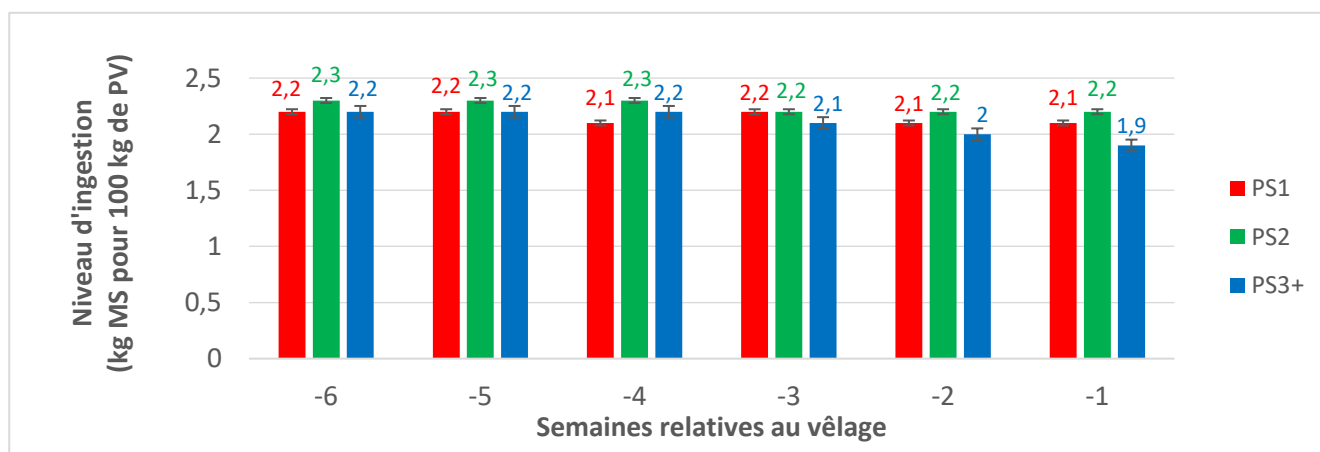


Figure 20 : Évolutions des ingestions moyennes au cours de la période sèche, en fonction de la parité (n=37)



PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche

Figure 21 : Évolution des niveaux d'ingestion au cours de la période sèche, en fonction de la parité (n=37)

Résultats

Cette partie présente les résultats de l'essai réalisé à la ferme expérimentale des Trinottières. Des analyses descriptives et statistiques, des performances zootechniques des vaches au cours de la période sèche et en début de lactation seront réalisées (ingestions, niveaux d'ingestions, poids vifs, notes d'état corporel et productions laitières). Une analyse complémentaire se focalisera sur la phase de péri-partum. Ensuite, les ingestions prédites par le système d'alimentation INRAE seront décrites et comparées aux ingestions réellement observées lors de l'essai. Pour finir, les bilans énergétiques au cours de la période sèche seront analysés.

1 Performances zootechniques des vaches au cours de la période sèche

Les analyses relatives à la période sèche, portent sur les données des semaines -6 à -1 et sur 37 individus.

1. Ingestions

L'ingestion moyenne des vaches taries s'élève à 16,8 kg MS/jour ($\pm 2,4$). Les animaux qui réalisaient leur première période sèche (PS1) ont ingéré en moyenne 15,7 kg MS/jour, les vaches en deuxième période sèche (PS2) ont consommé en moyenne 17,9 kg MS/jour et les vaches en troisième période sèche et plus (PS3+) ont ingéré en moyenne 17,5 kg MS/jour. Les vaches en PS1 ont ingéré significativement 2,1 kg MS/jour de moins que les vaches en PS2 et PS3+, qui ont ingéré en moyenne 17,7 kg MS/jour (**tableau 15**).

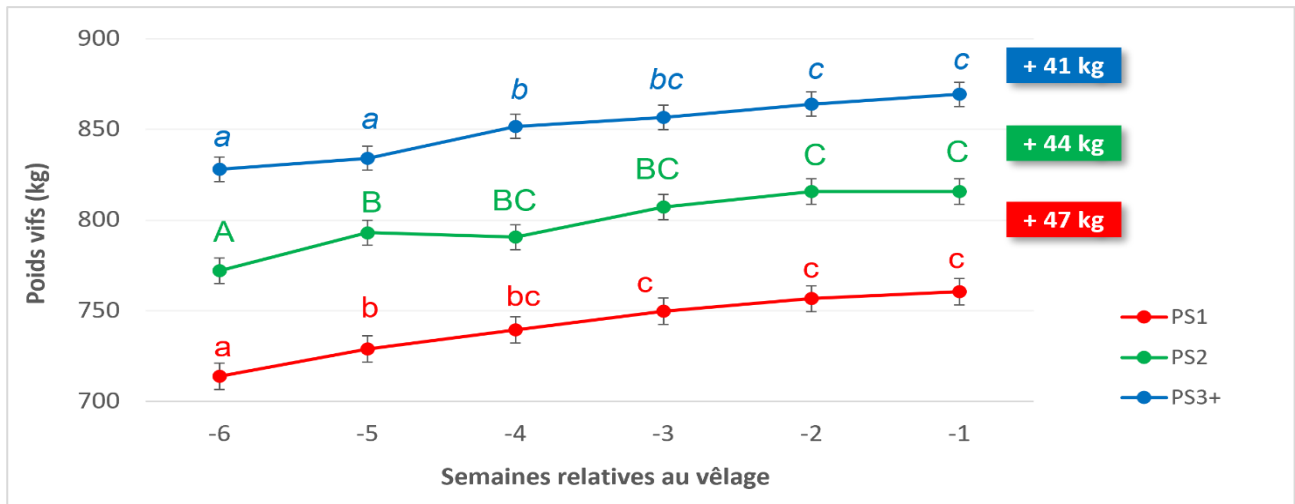
Au cours du temps, l'ingestion moyenne durant la période sèche est relativement stable. Toutefois, l'ingestion moyenne une semaine avant le vêlage est inférieure aux ingestions moyennes des semaines -5 et -3 (**annexe 5**). La **figure 18** illustre les dynamique d'ingestion en période sèche pour les trois parités. Pour les vaches en PS1, on ne note pas de diminution significative de l'ingestion. Pour les vaches en PS2, l'ingestion est stable sur toute la période sèche. Enfin, pour les vaches en PS3+, on note une diminution significative de l'ingestion en semaine -2 ($p = 0,01$).

Par ailleurs, les ingestions mesurées pour les multipares (PS2 et PS3+), semblent plus variables que les ingestions mesurées pour les primipares (PS1) ($\pm 2,1$ et $\pm 2,3$ pour les PS2 et PS3+, contre $\pm 1,8$ pour les PS1).

1.1 Niveaux d'ingestion

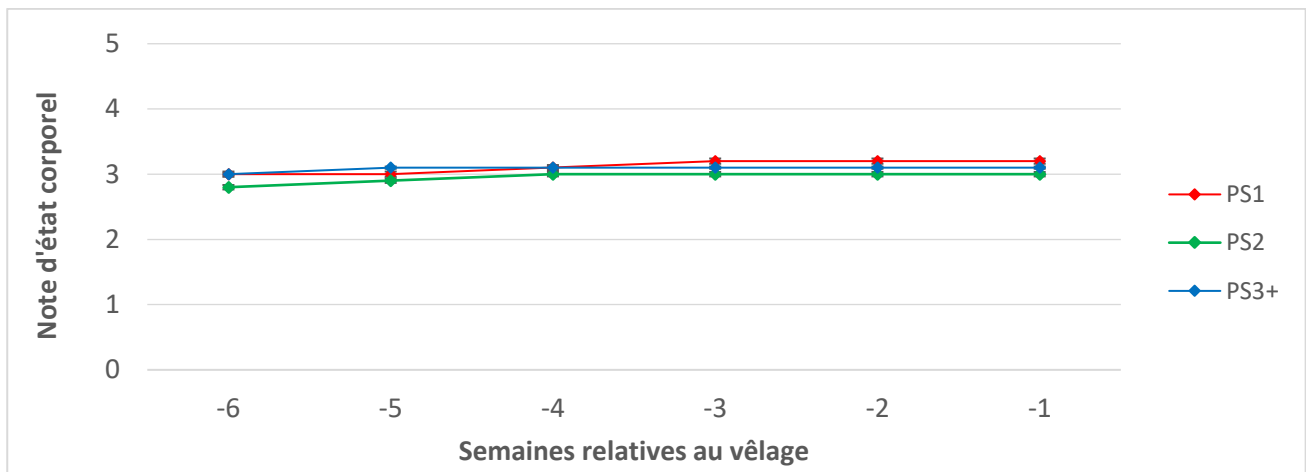
Le niveau d'ingestion moyen au cours de la période sèche s'élève à 2,1 kg MS pour 100 kg de poids vif. Les vaches en PS2 ont un niveau d'ingestion significativement supérieur aux vaches en PS1 et en PS3+ (+0,1 kg MS/100 kg de poids vif) ($p = 0,0009$) (**tableau 15**).

Au cours du temps, le niveau d'ingestion moyen est stable pour toutes les parités. En effet, aucune différence significative de niveau d'ingestion n'est observée entre les différentes semaines (**figure 21**).



PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche

Figure 22 : Évolution du poids vif au cours de la période sèche, en fonction de la parité (n=36)



PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche

Figure 23 : Évolution de la note d'état corporel (NEC) au cours de la période sèche en fonction de la parité (n=37)

Tableau 16 : Variation moyenne de l'état corporel (NEC) des animaux selon la parité et effectifs associés (n=35)

	Nombre de vaches ayant une variation de NEC ≥ 0 , au cours de la période sèche	Nombre de vaches ayant une variation de NEC < 0 , au cours de la période sèche
Variation moyenne de NEC pour les vaches en PS1 / Effectif	+0,2 / 12	-0,3 / 5
Variation moyenne de NEC pour les vaches en PS2 / Effectif	+0,3 / 6	-0,2 / 2
Variation moyenne de NEC pour les vaches en PS3+ / Effectif	+0,3 / 7	-0,5 / 3
Total	25	10

PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche

1.2 Poids vifs

Le poids vif moyen des vaches au cours de la période sèche s'élève à 787 kg (± 75). Les vaches en PS1 affichent un poids moyen de 742 kg (± 45), les vaches en PS2 un poids moyen de 799 kg (± 49) et les PS3+ un poids moyen de 851 kg (± 82). Un écart significatif est observé entre les poids moyens des vaches en PS1 et des vaches en PS3+ ($p < 0,0001$).

Au cours de la période sèche, le poids vif moyen augmente significativement ($p = 0,02$). Il s'élève à 762 kg (± 80) en semaine -6, et atteint 805 kg (± 73) en semaine -1, soit un gain de poids vif moyen de 43 kg (± 21) en six semaines.

En période sèche, le poids vif augmente de la même manière pour toutes les parités. Avec + 47 kg pour les vaches en PS1, + 44kg pour les vaches en PS2 et + 41kg pour les vaches en PS3+ (**figure 22**).

1.3 Notes d'état corporel

La note d'état corporel (NEC) moyenne des vaches tarées, s'élève à 3 points ($\pm 0,5$). On ne note pas d'effet significatif de la parité, du poids vifs au tarissement, de la note d'état corporel au tarissement et des quantités de matières ingérées sur la NEC moyenne des vaches tarées. Les vaches en PS1 affichent une NEC de 3,2 ($\pm 0,3$), les vaches en PS2 une NEC de 3 ($\pm 0,4$) et les vaches en PS3+ une NEC de 3,1 ($\pm 0,6$).

La NEC moyenne des vaches tarées reste stable tout au long de la période sèche (+ 0,1 point en moyenne ($\pm 0,38$, minimum = -0,9, maximum = 1)) (**figure 23**).

En revanche, si l'on s'intéresse aux données individuelles, on remarque qu'il existe deux cas de figures. En effet, vingt-cinq vaches enregistrent une variation de NEC positive ou nulle (+0,3 point de NEC en moyenne) durant la période sèche, tandis que pour les dix autres, la variation de NEC est négative (-0,3 point de NEC en moyenne) (**tableau 16**). Pour les vaches en PS1, cinq individus sur dix-sept enregistrent une variation de NEC négative (soit 29 %). Pour les vaches PS2, deux individus sur huit enregistrent une variation de NEC négative (soit 25 %). Pour les vaches en PS3, trois individus sur dix enregistrent une variation de NEC négative (soit 30 %). Au total, 28% des vaches ont une variation de note d'état corporelle négative pendant la période sèche.

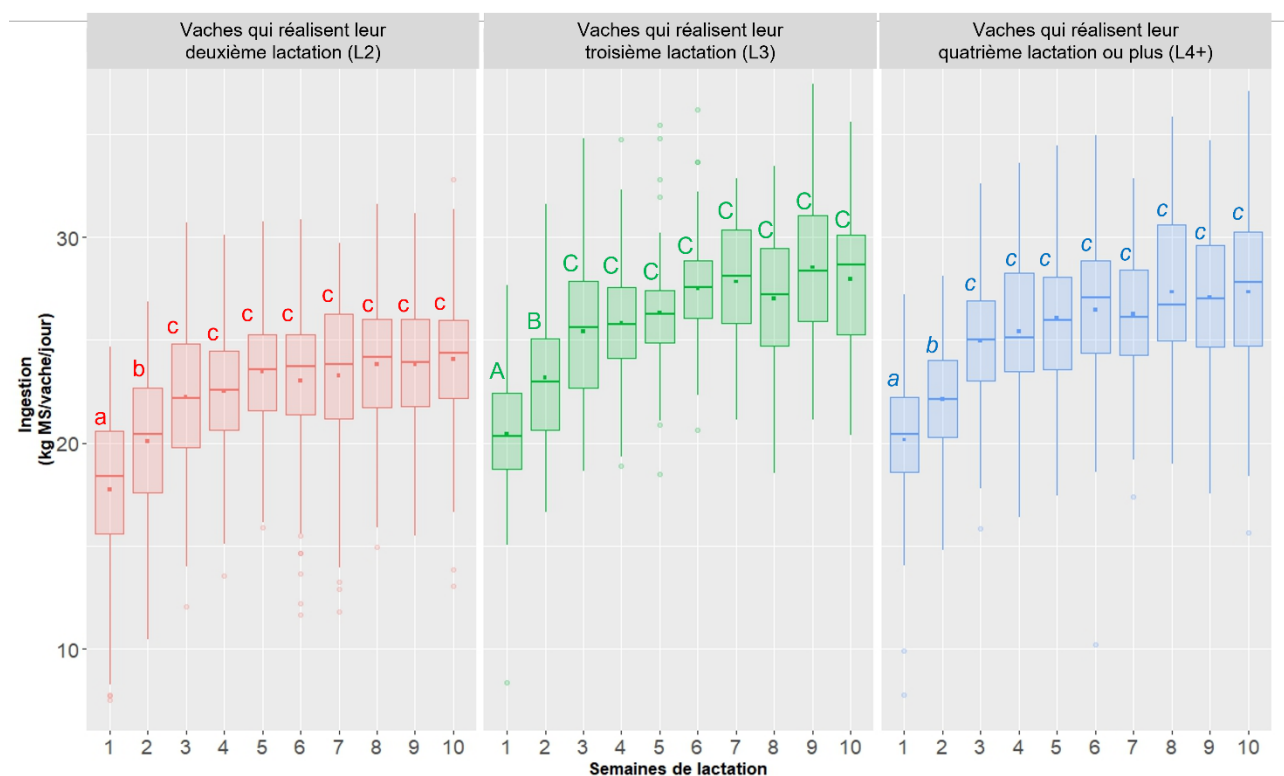
A retenir : Les vaches tarées ingèrent en moyenne 16,8 kg MS/jour au cours de la période sèche. Les primipares ingèrent significativement moins que les multipares (-2,1 kg MS/jour). L'ingestion est stable pour les vaches en PS1 et PS2, mais diminue deux semaines avant le vêlage pour les vaches en PS3+.

Par ailleurs, les vaches gagnent en moyenne 43 kg de poids vif, mais affichent une note d'état corporelle stable (+0,1 point de variation).

Tableau 17 : Ingestion et niveau d'ingestion moyens en début de lactation, en fonction de la parité (n=37)

	Moyenne n=37	L2 n=18	L3 n=8	L4+ n=11	Résultats statistiques
Ingestion (kg MS/j) (Écart-type)	24,1 (4,3)	22,5 ^a (3,9)	26,1 ^b (4,0)	25,4 ^b (4,1)	S (p < 0,0001) L2 < L3 = L4+
Niveau d'ingestion (kg MS/100 kg de PV) (Écart-type)	3,3 (0,5)	3,3 ^c (0,4)	3,5 ^d (0,5)	3,3 ^c (0,5)	S (p < 0,01) L2 < L3 > L4+

Ln : vaches qui réalisent leur nième lactation / MS : matière sèche / PV : poids vif / S : significatif / p : p-value
Des lettres différentes sur une même ligne, montrent des écarts significatifs entre les données de cette même ligne (p-value < 0,05)



Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)

Figure 24 : Évolutions des ingestions moyennes en début de lactation, en fonction de la parité (n=37)

Tableau 18 : Poids vifs moyens et notes d'état corporel moyennes en début de lactation, en fonction de la parité (n=37)

	Moyenne n=37	L2 n=18	L3 n=8	L4+ n=11	Résultats statistiques
Poids vif (kg) (Écart-type)	712 (63)	730 ^a (51)	785 ^b (53)	842 ^b (87)	S (p < 0,0001) L2 < L3 = L4+
NEC (Écart-type)	2,6 (0,5)	2,7 ^c (0,5)	2,6 ^c (0,3)	2,6 ^c (0,7)	NS L2 = L3 = L4+

Ln : vaches qui réalisent leur nième lactation / S : significatif / NS : non significatif / p : p-value
Des lettres différentes sur une même ligne, montrent des écarts significatifs entre les données de cette même ligne (p-value < 0,05)

2 Performances zootechniques des vaches en début de lactation

Pour l'analyse du début de lactation, les données des semaines physiologiques 1 à 10 ont été traitées.

1. Ingestions

Sur les dix premières semaines de lactation, l'ingestion moyenne s'élève à 24,1 kg MS/jour (\pm 4,3). Les vaches en deuxième lactation (L2) ont ingéré significativement 3,3 kg MS/jour de moins que les vaches en troisième lactation (L3) et quatrième lactation et plus (L4+) qui ont ingéré respectivement 26,1 et 25,4 kg MS/jour (**tableau 17**).

En début de lactation, l'ingestion moyenne augmente de manière significative jusqu'à la troisième semaine de lactation (**annexe 6**). Elle passe de 19,4 kg MS/jour (\pm 3,6) pour la première semaine de lactation, à 24,2 kg MS/jour (\pm 3,3) en troisième semaine, soit une augmentation de 24 % ($p < 0,0001$).

Cette hausse d'ingestion au cours des trois premières semaines de lactation, s'observe pour toutes les parités ($p < 0,0001$) (**figure 24**). Les ingestions moyennes des L2, L3 et L4+, augmentent respectivement de 25 %, 25 % et 24 %.

A partir de la quatrième semaine de lactation, les vaches maintiennent une ingestion moyenne de 25,2 kg MS/jour (\pm 3,8), jusqu'à la dixième semaine de lactation.

2.1 Niveaux d'ingestion

Le niveau d'ingestion moyen en début de lactation s'élève à 3,3 kg MS/jour pour 100 kg de poids vif. Le niveau d'ingestion est stable, puisqu'on n'observe pas de différence significative entre les semaines.

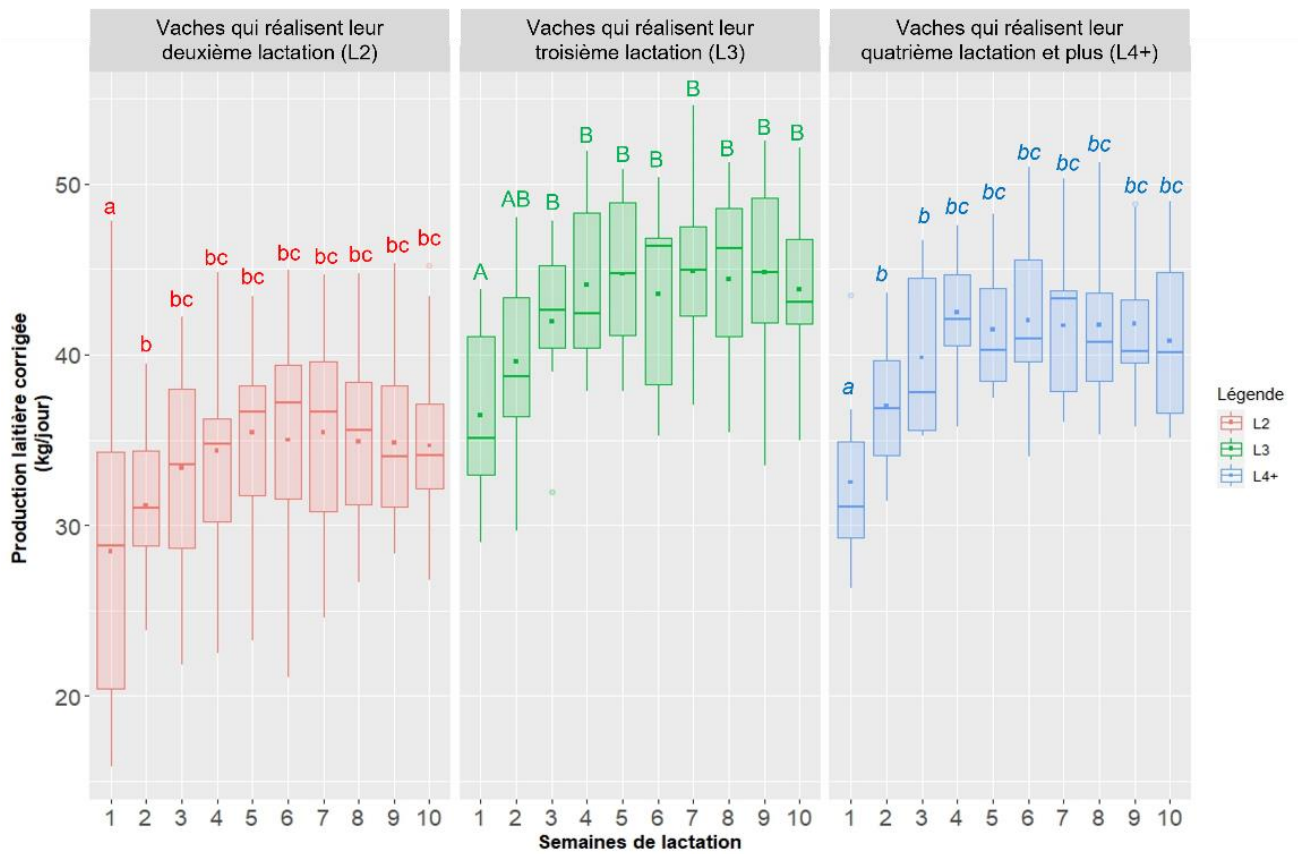
Toutefois, les vaches en L3 affichent un niveau d'ingestion de 3,5 kg MS/jour, significativement supérieur aux vaches en L2 et en L4+ (+0,2 kg MS/100 kg de poids vif) ($p = 0,01$) (**tableau 17**).

Pour 100kg de poids vif, les vaches ingèrent 1,2 kg MS/jour de plus en début de lactation, que lors de la période sèche.

2.2 Poids vifs et notes d'état corporel

Au cours des dix premières semaines de lactation, il n'y a pas d'effet du temps sur le poids vif des animaux. Le poids vif moyen est stable et s'élève en moyenne à 712 kg (\pm 63). Les vaches en L2 sont significativement plus légères que les vaches en L3 et en L4+ ($p < 0,0001$) (**tableau 18**).

La NEC moyenne en début de lactation s'élève à 2,6 points (\pm 0,5, minimum = 1, maximum = 3,7). Elle demeure relativement stable. Aucune différence significative n'a été observée selon les parités (**tableau 18**).



Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)

Figure 25 : Évolutions des productions laitières corrigées des taux en début de lactation en fonction de la parité (n=37)

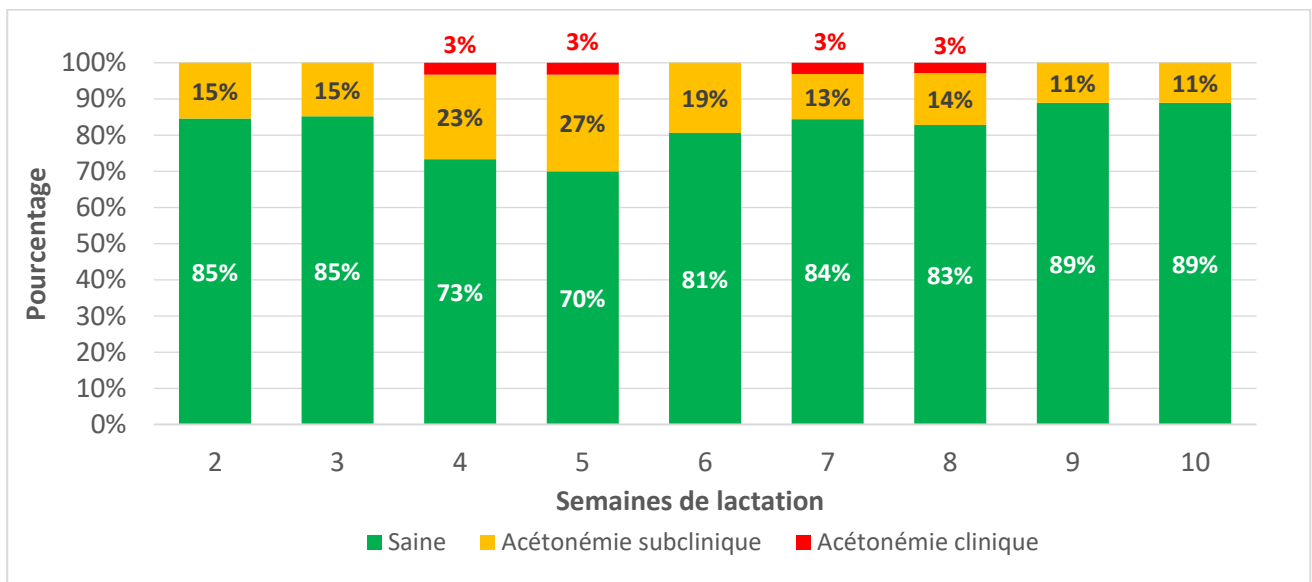


Figure 26 : Pourcentage de vaches « saines » (note céto détect = 0), de vaches en acétonémie subclinique (note céto détect = 1 ou 2) et de vaches en acétonémie clinique (note céto détect comprise entre 3 et 5) en début de lactation (n=31)

2.3 Production laitière et composition du lait

En début de lactation, les vaches produisent en moyenne 36,5 kg de lait brut/jour ($\pm 3,5$). Les taux butyreux et protéique moyens, s'élèvent respectivement à 42,1 et 33,3 g/kg de lait. Les évolutions moyennes de ces trois variables, au cours des dix premières semaines de lactation, sont disponibles en **annexe 7**.

Pour analyser la production laitière, nous avons tout d'abord calculé la production laitière corrigée pour un taux butyreux de 40 g/kg de lait et un taux protéique de 31 g/kg de lait. La production laitière corrigée moyenne s'élève à 37,8 kg de lait/jour ($\pm 6,8$). Elle diffère de manière significative selon les parités ($p < 0,0001$). En moyenne, les vaches en L3 produisent significativement plus que les vaches en L2 et L4+, soit respectivement +8,9 et +2,5 kg de lait/jour. Par ailleurs, on note une corrélation positive entre l'ingestion et la production laitière corrigée ($p < 0,0001$ et $\text{cor} = 0,65$). En effet, les vaches qui réalisent leur troisième lactation (L3), ingèrent plus en début de lactation et donc produisent plus de lait.

La **figure 26** illustre les évolutions de la production laitière corrigée en fonction des parités. Pour les vaches en L2, la production augmente de manière significative lors des deux premières semaines de lactation. Pour les vaches en L3, la production laitière augmente également jusqu'en semaine 3, mais de manière plus progressive. Pour les vaches en L4+, on observe une hausse de la production laitière corrigée jusqu'en semaine 4.

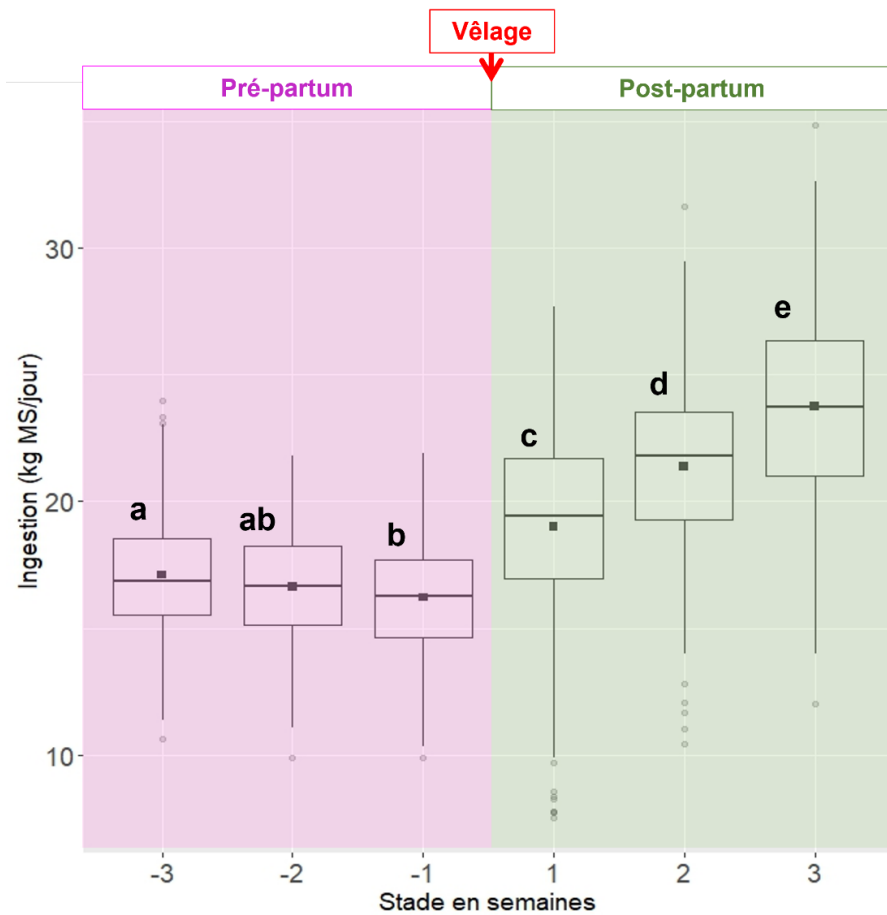
2.4 Situation sanitaire

Des troubles sanitaires ont été recensés par les techniciens de la ferme. Sur les 37 animaux, sept vaches ont déclaré des pathologies cliniques en début de lactation. Il s'agit principalement de maladies infectieuses : métrites (3/7) et mammites (2/7). On relève également une vache avec une non-délivrance (1/7) et une atteinte de boiterie (1/7). Par ailleurs, aucun trouble métabolique clinique n'a été observé.

Le risque d'acétonémie a pu être analysée. Les notes « céto-délect » retenues, ont été établies entre la deuxième et la dixième semaine de lactation. Au total, 530 notes ont été obtenues, sur 31 individus en moyenne, soit un peu moins de 2 notes par animal et par semaine. En moyenne, sur tout le début de lactation, 82 % des individus sont considérés comme « sains », 17 % comme « en état d'acétonémie subclinique » et 1 % en « état d'acétonémie clinique ». C'est à partir de la quatrième semaine, que la part d'animaux « sains » diminue, passant de 85 % en troisième semaine à 70 % en cinquième semaine, soit une diminution de 15 %. En effet, on dénombre davantage de notes « céto-délect » élevées (>2) à partir de la quatrième semaine de lactation. La semaine la plus critique semble être la cinquième semaine avec 27 % des animaux considérées en état d'acétonémie subclinique et 3 % en état clinique (**figure 27**).

A retenir : En début de lactation, l'ingestion moyenne s'élève à 24,1 kg MS/jour (soit 7,3 kg MS/jour de plus qu'en période sèche). Pour toutes les parités, l'ingestion augmente jusqu'en troisième semaine de lactation. Toutefois, les primipares ingèrent significativement moins que les multipares (-3,3 kg MS/jour).

Le poids vif moyen (712 kg) et l'état corporel (2,6) des animaux restent stables. Sur le plan sanitaire, aucun trouble métabolique clinique n'a été observé. En revanche, 17 % des animaux déclarent une forme d'acétonémie subclinique. Cette pathologie semble plus marquée en quatrième et en cinquième semaine de lactation.



Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)
Figure 27 : Évolution de l'ingestion moyenne en péri-partum (autour du vêlage) (n=37)

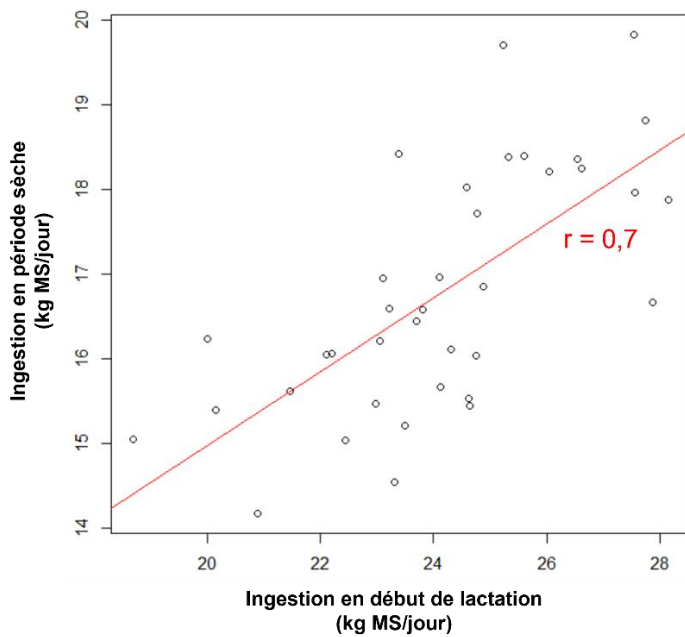


Figure 28 : Corrélation entre l'ingestion moyenne en période sèche et l'ingestion moyenne en début de lactation (n=37)

3 Dynamique d'ingestion au cours de la période du péri-partum

L'évolution de l'ingestion moyenne sur toute la période sèche et sur tout le début de lactation est disponible en **annexe 8**.

Nous avons porté une attention particulière à la période de péri-partum. Pour l'analyse de cette phase, les six semaines encadrant le vêlage ont été considérées et divisées en deux séquences de trois semaines, appelées : « pré-partum » (semaines -3 à -1), et « post-partum » (semaines 1 à 3). Dans cette partie, on s'intéressera donc aux données des semaines physiologiques entre les semaines -3 et 3.

L'ingestion en **pré-partum** est relativement stable et s'élève en moyenne à 16,6 kg MS/jour ($\pm 2,2$), tandis que l'ingestion en **post-partum** augmente significativement jusqu'en troisième semaine de lactation ($p < 0,0001$) (**figure 27**). L'ingestion moyenne est de 16,2 kg MS/jour ($\pm 2,2$) en semaine -1 et atteint 23,7 kg MS/jour ($\pm 3,6$) en semaine 3, soit une augmentation de 46 % en trois semaines (+ 7,6 kg MS/jour).

Cette augmentation de l'ingestion après le vêlage, s'observe pour toutes les parités ($p < 0,0001$) (**annexe 9**). Les vaches en L2 ingèrent respectivement en moyenne 15,6 kg MS/jour et 22,2 kg MS/jour la semaine précédant leur vêlage et en troisième semaine de lactation, soit une augmentation de 42%. Les vaches en L3, enregistrent une ingestion moyenne de 17,5 kg MS/jour avant leur vêlage, alors que celle-ci s'élève à 25,4 kg MS/jour en troisième semaine de lactation, soit une augmentation de 45%. Enfin, les vaches en L4+, ingèrent en moyenne 16,5 kg MS/jour avant le vêlage et 24,9 kg MS/jour en troisième semaine de lactation, soit une augmentation de 51%.

A retenir : En fin de gestation, l'ingestion moyenne est stable (16,2 kg MS/jour) et augmente de manière significative après la mise-bas. On note une augmentation de 46 % en trois semaines. Cette hausse d'ingestion, s'observe aussi bien chez les primipares, que chez les multipares.

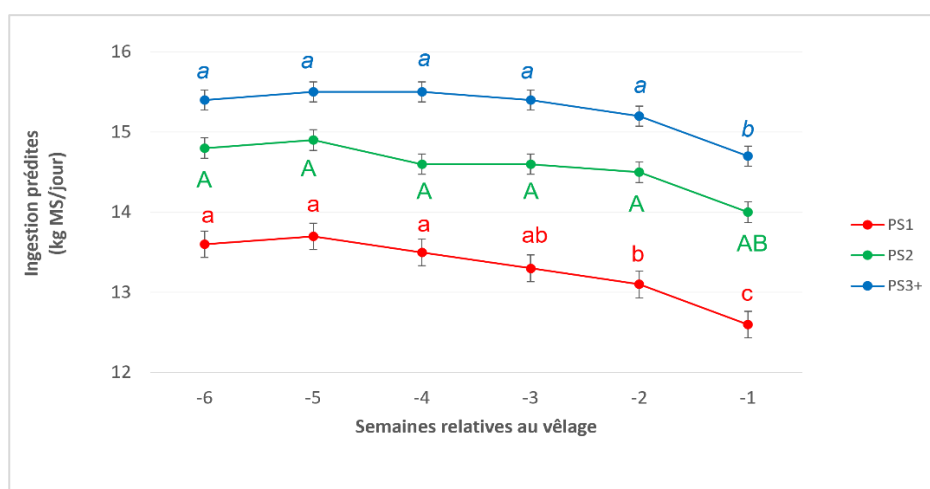
Par ailleurs, les vaches qui ingèrent des quantités importantes en période sèche, semblent avoir des ingestions plus élevées en début de lactation ($r = 0,7$) (**figure 28**).

Tableau 19 : Comparaison des ingestions moyennes réelles et prédites en fonction de la parité (n=37)

	Ingestion réelle (kg MS/j) (Écart-type)	Ingestion prédite (kg MS/j) (Écart-type)	Résultats statistiques
Moyenne n=37	16,8 ^a (1,7)	14,2 ^b (1,2)	S (p < 0,0001) MSI_réelle > MSI_INRA
PS1 n=18	15,7 ^c (1,0)	13,3 ^c (0,7)	S (p < 0,0001) MSI_réelle > MSI_INRA
PS2 n=8	17,9 ^e (1,3)	14,6 ^f (0,8)	S (p < 0,0001) MSI_réelle > MSI_INRA
PS3+ n=11	17,6 ^g (1,7)	15,3 ^h (1,1)	S (p < 0,0001) MSI_réelle > MSI_INRA

PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche / MS : matière sèche / S : écart significatif / p : p-value / MSI_réelle : matière sèche ingérée mesurée lors de l'essai / MSI_INRA : matière sèche ingérée prédite par le système d'alimentation INRA 2018

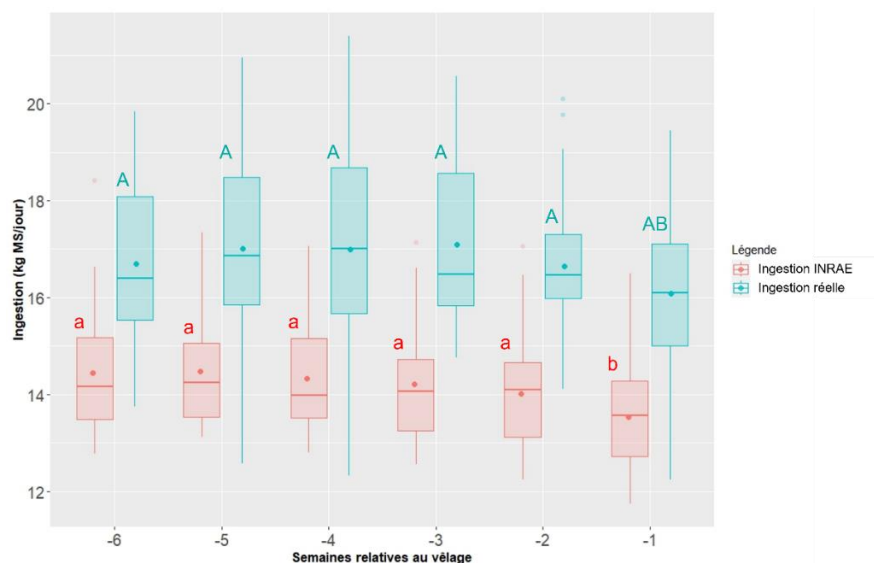
Des lettres différentes sur une même ligne, montrent des écarts significatifs entre les données de cette même ligne (p-value < 0,05)



PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche

Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)

Figure 29 : Évolutions des ingestions prédites par le système d'alimentation INRA (2018) en période sèche en fonction de la parité (n=37)



Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)

Figure 30 : Comparaison de l'ingestion moyenne réelle et l'ingestion moyenne prédite par INRA 2018 (n=37)

4 Comparaison entre les ingestions réelles et les ingestions prédites par INRA 2018

4.1 Ingestions prédites par le système d'alimentation INRA 2018 en période sèche

L'ingestion moyenne prédite en période sèche, s'élève à 14,2 kg MS/jour ($\pm 1,7$). Les comparaisons des ingestions moyennes par semaine, mettent en évidence une diminution significative de l'ingestion moyenne, entre la semaine -2 et la semaine -1 ($p < 0,0001$).

Les ingestions prédites des vaches en PS1 s'élèvent en moyenne à 13,3 kg MS/jour, soit significativement moins que les vaches en PS2 et en PS3+, pour lesquelles les prédictions s'élèvent respectivement à : 14,6 et 15,3 kg MS/jour ($p < 0,0001$). De plus, les ingestions prédites pour les vaches en PS2 sont significativement inférieures aux ingestions prédites pour les vaches en PS3+ (-0,7 kg MS/jour) ($p < 0,0001$) (**tableau 19**).

La **figure 29**, illustre les dynamiques des ingestions moyennes par semaine, prédites par INRA 2018, en fonction de la parité. Pour les vaches en PS1, l'ingestion prédite diminue à partir de la semaine -3, tandis que pour les vaches en PS2 et PS3+, l'ingestion diminue seulement une semaine avant le vêlage. La diminution est plus progressive pour les vaches en P2.

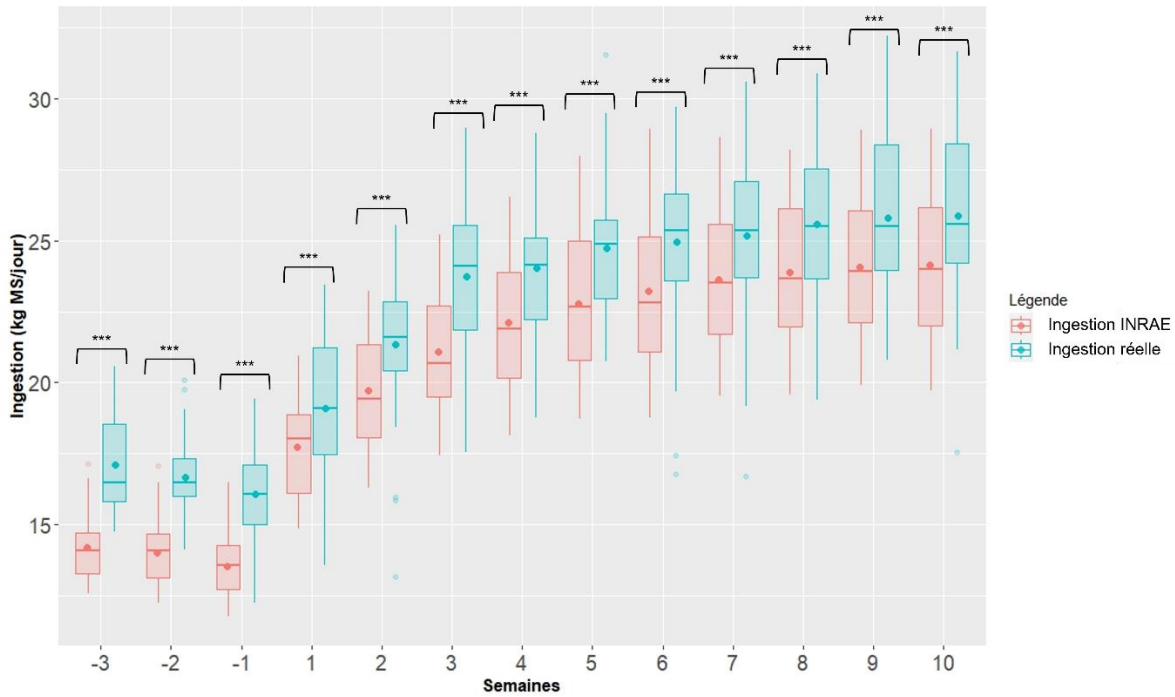
4.2 Comparaison entre les ingestions réelles et les ingestions prédites au cours de la période sèche

L'ingestion moyenne réellement observée, au cours de la période sèche, est significativement plus élevée que l'ingestion moyenne prédite par le système d'alimentation INRA (2018) (+2,6 kg MS/jour pour l'ingestion réelle). En effet, l'ingestion moyenne réelle s'élève à 16,8 kg MS/jour ($\pm 1,7$), tandis que l'ingestion moyenne prédite s'élève à 14,2 kg MS/jour ($\pm 1,2$). Cette différence est significative pour toutes les semaines qui précèdent le vêlage (**figure 30**).

Cette différence s'observe pour toutes les parités. En effet, on note des écarts significatifs entre les ingestions moyennes réelles et prédites de 2,4 kg MS/jour pour les vaches en PS1, 3,3 kg MS/jour pour les vaches en PS2 et 2,3 kg MS/jour pour les vaches en PS3+. Les résultats des tests statistiques sont détaillés dans le **tableau 19**. L'écart est plus important pour les vaches en PS2 ($p < 0,0001$) (**annexe 10**).

2. Comparaison entre les ingestions réelles et les ingestions prédites au cours du péri-partum et en début de lactation

Comme nous l'avons détaillé dans les parties précédentes, l'ingestion augmente lors des trois premières semaines de lactation. Il semblait intéressant de comparer les ingestions réelles aux ingestions prédites par INRAE sur cette même période.



*** : p-value < 0,05 entre la MSI INRAE et la MSI réelle

Figure 31 : Dynamique de l'ingestion réelle moyenne et de l'ingestion moyenne prédite au cours de la phase péripartum et le début de lactation (n=37)

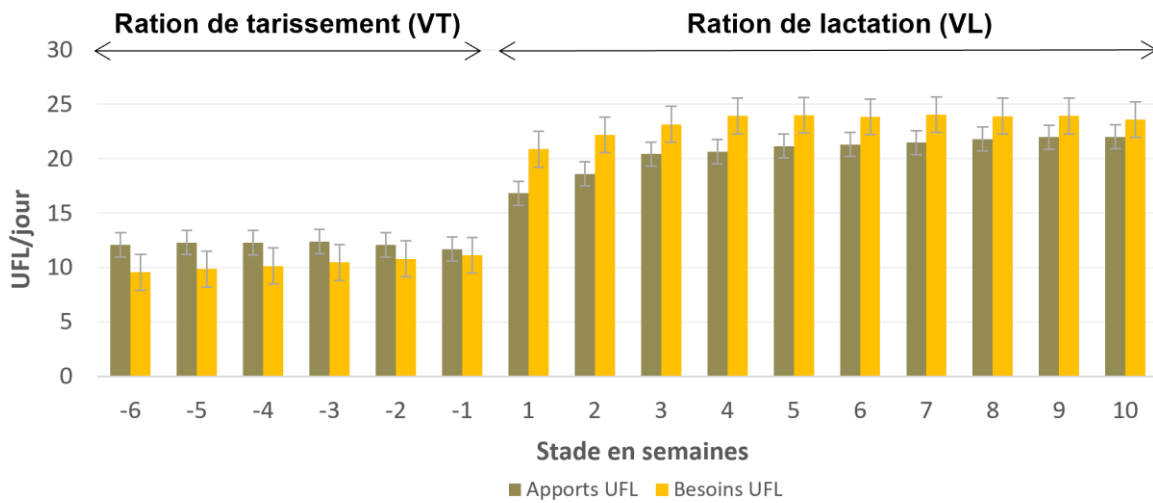


Figure 32 : Comparaison des apports et des besoins énergétiques (UFL)/semaines (n=37)

Tableau 20 : Bilans énergétiques moyens journaliers (UFL/jour) au cours de la période sèche en fonction de la parité (n=37)

	Moyenne n=37	PS1 n=18	PS2 n=8	PS3+ n=11
Bilan énergétique (UFL/jour) (Écart-type)	1,8 (1,3)	1,2^a (0,9)	2,7^{bc} (1,0)	2,1^c (1,6)

PSn : vaches qui réalisent leur nième période sèche / UFL : Unité Fourragère Lait

Des lettres différentes sur une même ligne, montrent des écarts significatifs entre les données de cette même ligne (p-value < 0,05)

La **figure 31** illustre cette comparaison. Que ce soit en période sèche ou en début de lactation, les ingestions réelles sont plus importantes que les ingestions prédites par le système d'alimentation INRA (2018) ($p < 0,0001$). L'écart moyen est de 2,7 kg MS/jour sur la phase de pré-partum, 1,9 kg MS/jour sur la phase de post-partum et 1,8 kg MS/jour sur les dix premières semaines de lactation.

Sur la phase de péri-partum, l'ingestion moyenne réelle s'élève à 16,1 kg MS/jour et augmente jusqu'à 23,7 kg MS/jour en troisième semaine de lactation, soit une augmentation de 47 %. Concernant l'ingestion moyenne prédite, elle s'élève à 13,5 kg MS/jour avant le vêlage et s'élève à 21,1 kg MS/jour en troisième semaine de lactation, soit une augmentation de 56 %.

A retenir : L'ingestion moyenne des vaches taries prédite par le système d'alimentation INRA 2018, s'élève à 14,2 kg MS/jour, soit 2,6 kg MS de moins que les ingestions observées lors de l'essai. Par ailleurs, l'INRA prédit une diminution de l'ingestion systématique en période sèche, quelle que soit la parité.

De plus, l'écart de prédiction s'observe également en début de lactation. Les ingestions mesurées lors de l'essai sont supérieures (+1,8 kg MS/jour). Toutefois, l'écart de prédiction est plus élevé en période sèche.

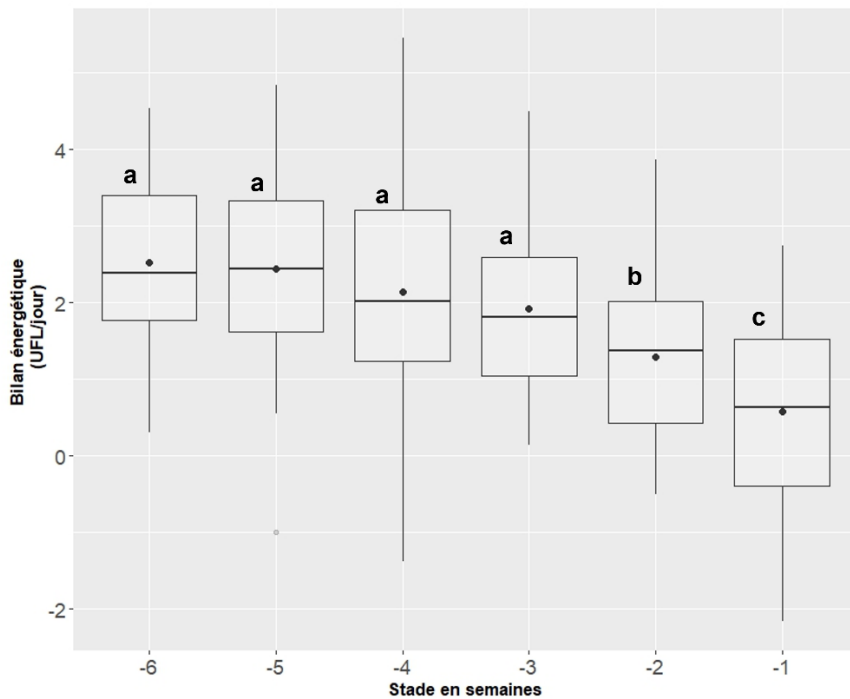
5 Bilans énergétiques

Les apports énergétiques, permis par les deux rations de l'essai (rations VT et VL), en période sèche et en début de lactation sont illustrés dans la **figure 32**. Nous les avons comparés aux besoins théoriques des vaches sur la même période. Contrairement au début de lactation, on remarque très nettement que les apports énergétiques sont supérieurs aux besoins pendant la période sèche. En soustrayant les besoins aux apports, on obtient le bilan énergétique d'une vache. Grâce à l'outil SIRAR, nous avons pu calculer les bilans énergétiques des vaches sur toute la phase de l'essai.

5.1 Bilans énergétiques au cours de la période sèche

Tout au long de la période sèche, les apports énergétiques quotidiens (UFL/jour) sont supérieurs aux besoins (UFL/jour) des vaches taries. D'après le système d'alimentation INRA 2018, les besoins UFL journaliers d'une vache tarie de l'essai, s'élèvent en moyenne à 10,3 UFL/jour, tandis que les apports UFL permis par la ration distribuée lors de l'essai s'élèvent à 12,1 UFL/jour.

Le bilan énergétique moyen s'élève à +1,8 UFL/jour ($\pm 1,3$) et est compris entre -2,1 à +5,5 UFL/jour, selon les animaux. Les bilans énergétiques moyens pour les vaches en PS1, PS2 et PS3+, s'élèvent respectivement à : +1,2, +2,7 et +2,1 UFL/jour. Les vaches en PS1 ont un bilan énergétique significativement plus faible, que les vaches en PS2 et en PS3+ (**tableau 20**).



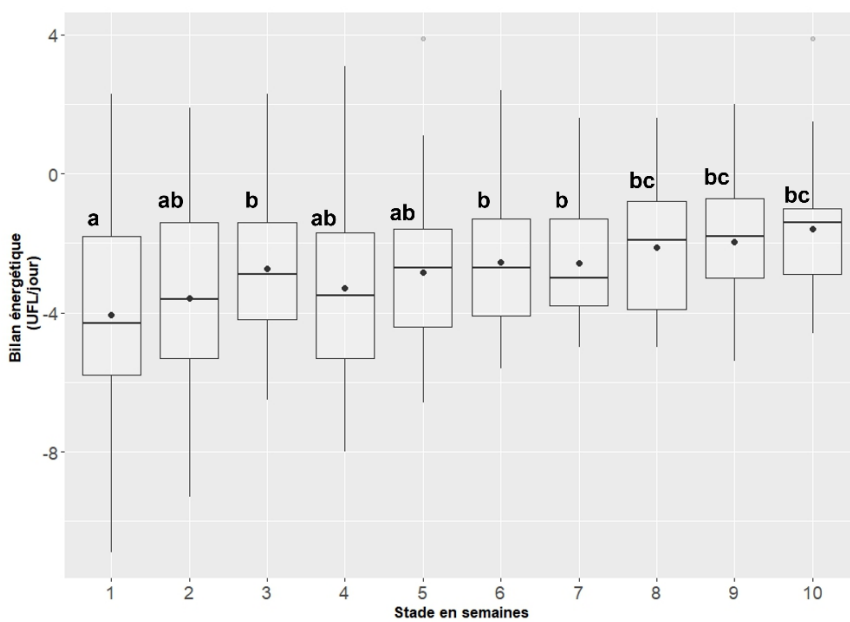
Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)

Figure 33 : Évolution du bilan énergétique journalier moyen au cours de la période sèche (n=37)

Tableau 21 : Bilans énergétiques moyens en début de lactation en fonction de la parité (n=37)

	Moyenne n=37	L2 n=18	L3 n=8	L4+ n=11
Bilan énergétique (UFL/jour) (Écart-type)	-2,7 (2,3)	-2,2^a (2,3)	-3,4^b (2,0)	-2,9^b (2,3)

Des lettres différentes sur une même ligne, montrent des écarts significatifs entre les données de cette même ligne (p-value < 0,05)



Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)

Figure 34 : Évolution du bilan énergétique en début de lactation (n=37)

Le bilan énergétique moyen reste positif tout au long de la période sèche. Il est stable jusqu'en semaine -3, et s'élève à 2,2 UFL/jour en moyenne, et diminue significativement trois semaines avant le vêlage ($p < 0,0001$) (**figure 33**). Avant le vêlage, les vaches affichent un bilan énergétique moyen de 0,6 UFL/jour ($\pm 1,3$).

En moyenne, cette diminution s'élève à 68 %. Si l'on intéresse à l'évolution des bilans énergétiques par parité, les diminutions des bilans énergétiques des vaches en PS1 et PS2 (respectivement de -71 % et de -42 %) ne sont pas significatives. En revanche, les vaches en PS3+ ont un bilan énergétique qui diminue significativement de 91 %.

5.2 Bilans énergétiques en début de lactation

En début de lactation, le bilan énergétique moyen est négatif et s'élève à -2,7 UFL/jour ($\pm 2,3$). Les bilans énergétiques moyens pour les vaches en L2, L3 et L4+, s'élèvent respectivement à -2,2, -3,4 et -2,9 UFL/jour. Les vaches en L2 ont un bilan énergétique significativement plus faible que les vaches en L3 et L4+ ($p < 0,0001$) (**tableau 21**).

Au cours du temps, le bilan énergétique augmente très progressivement. On ne relève pas de différences significatives entre les bilans énergétiques des semaines deux à deux, mais ce dernier tend à augmenter, passant de -4,1 UFL/jour en première semaine de lactation, à -1,6 UFL/jour en dixième semaine de lactation (**figure 34**).

A retenir : Le bilan énergétique moyen en début de lactation s'élève à +1,8 UFL/jour, contre -2,7 UFL/jour en début de lactation. En début de période sèche, le bilan énergétique est stable et diminue lors des trois dernières semaines de gestation.

En début de lactation, il augmente de manière très progressive, passant de -4,1 UFL/jour après le vêlage, à -1,6 UFL/jour en dixième semaine de lactation.

Tableau 22 : Comparaison entre l'ingestion mesurée en période sèche lors de l'essai, et les valeurs de la bibliographie

	Projet CITARE	Mann, 2015	Dann, 2015	Cermakova, 2014
Ingestion moyenne en période sèche (kg MS/jour)	16,8	14,2	13,3	13,0

Discussion

1 Performances zootechniques des animaux en période sèche

1.1 Ingestions mesurées en période sèche

1.1.1 Des ingestions stables

L'ingestion moyenne des vaches reste stable tout au long de la période sèche. Alors que pour des animaux et des régimes similaires, Hayirli et al, (2002), Weber et al, (2013), Cermakova et al, (2014) et Mann (2015), avaient observé des baisses d'ingestion systématiques deux semaines avant le vêlage, aucune baisse d'ingestion marquée n'a été observé lors de l'essai.

Si l'on s'intéresse aux dynamiques d'ingestion selon la parité, aucun effet du stade n'a été montré sur les ingestions des vaches qui réalisaient leur première et leur deuxième période sèche (PS1 et PS2). Toutefois, nous avons observé une légère diminution de l'ingestion deux semaines avant le vêlage, pour les vaches qui réalisaient leur troisième période sèche ou plus (PS3+).

Ce constat est en contradiction avec celui de Hayirli et al, (2002), qui avaient montré que la diminution d'ingestion s'observait aussi bien chez les primipares que chez les multipares, et qu'elle était plus brutale pour les primipares. Pour cet essai, on observe une baisse de l'ingestion en fin de période sèche seulement pour les vaches qui ont déjà effectuées trois lactations ou plus. Cependant, ce résultat peut être nuancé au regard du faible nombre d'animaux en parité PS3+ (n=11) ainsi que la variabilité du rang de lactation moyen ($\pm 0,7$).

Toutefois, les résultats de notre essai sont en accord avec une étude Tchèque, où le stade ne semblait pas avoir d'effet sur les quantités de matière sèche ingérées (Agenäs, 2003).

1.1.2 Des ingestions supérieures aux attentes

L'ingestion moyenne des vaches pendant la période sèche s'élève à 16,8 kg MS/jour. Celle-ci est supérieure aux valeurs obtenues, pour des régimes similaires, par plusieurs auteurs : 14,2 kg MS/jour pour Mann (2015), 13,3 kg MS/jour pour Dann (2015) et 13 kg MS/jour pour Cermakova (2014) (**tableau 22**).

Des ingestions similaires à celles mesurées lors de l'essai aux Trinottières ont été obtenues par Mann en 2015, mais pour des régimes de tarissement à forte concentration énergétique. Dans cet essai, l'ingestion mesurée s'élève à 16,4 kg MS/jour avec des apports énergétiques correspondant à 150 % des besoins. Cependant, la ration de tarissement distribuée lors de l'essai CITARE couvrait 117 % des besoins. Avec un régime similaire à la ration de l'essai (112 % des besoins), Mann avait mesuré une ingestion de 15,3 kg MS/jour. À composition et concentration énergétique équivalentes, les ingestions mesurées aux Trinottières sur des vaches taries semblent supérieures aux références.

Néanmoins, le format des animaux présents sur la station peut expliquer ces ingestions élevées. Les vaches primipares pesaient en moyenne 730 kg et les multipares 813 kg. D'après la grille de

Tableau 23 : Comparaison entre le niveau d'ingestion mesuré en période sèche lors de l'essai, et les valeurs de la bibliographie

	Projet CITARE	Mann, 2015	Dann, 2015	Cermakova, 2014
Niveau d'ingestion moyen en période sèche (kg MS/100 kg de poids vif)	2,1	2,1	1,8	1,9

qualification du format des animaux (Brocard, 2010 (**tableau 5**), les animaux de l'échantillon étudié sont considérés comme « lourds ». D'où l'intérêt d'analyser les niveaux d'ingestion en parallèle des ingestions.

1.2 Niveaux d'ingestion

L'expression de l'ingestion pour 100 kg de poids vif (niveau d'ingestion) permet de prendre en compte l'effet du format (poids vif) des vaches de l'essai.

Durant la période sèche, le niveau d'ingestion moyen des vaches en essai s'élève à 2,1 kg MS/jour pour 100 kg de poids vif. Il est plus élevé chez les vaches qui réalisent leur deuxième période sèche (+0,1 kg MS/100 kg). Mais sur le plan physiologique, les niveaux d'ingestion sont identiques quelle que soit la parité.

Ce résultat est légèrement plus élevé que les niveaux d'ingestion relevés par Dann en 2015 (1,8 kg MS/100 kg) et Cermakova en 2014 (1,9 kg MS/100 kg), mais similaire au niveau d'ingestion moyen enregistré par Mann en 2015 (2,1 kg MS/100 kg) (**tableau 23**).

L'ingestion moyenne durant la période sèche des vaches en essai reste élevée même en prenant en compte le poids des animaux à travers le niveau d'ingestion.

1.3 Un gain de poids vif, mais pas de variation d'état corporel en période sèche

Dans notre essai, les vaches ont gagné en moyenne 43 kg de poids vif au cours de la période sèche. Toutefois, la note d'état corporel est restée stable. Le gain de poids vif ne s'explique donc pas par une accumulation de réserves graisseuses. Les vaches étant gestantes, il est probablement associé au poids du veau. En effet, le poids de naissance moyen des veaux issus des vaches en essai est de 43 kg (± 7).

Cette observation correspond aux recommandations de la bibliographie. En effet l'institut de l'élevage préconise une faible variation de NEC lors de la période sèche.

A retenir : L'ingestion des vaches laitières en période sèche mesurée aux Trinottières, s'élève en moyenne à 16,8 kg MS/jour, soit 2,1 kg MS/100 kg de poids vif. Ces valeurs sont supérieures aux valeurs obtenues dans des travaux de recherche passés (+3,3 kg MS/jour en moyenne). Cependant, les références d'ingestions au cours de la période sèche sont peu nombreuses et ont été obtenues dans des contextes parfois éloignés du notre (études américaines).

Enfin, ces premiers résultats mériteraient d'être confirmés. En effet, l'effectif de vaches en essai reste modéré (n=37). Pour cela, deux autres essais viendront compléter ces données et permettront de confirmer ou infirmer ces premiers résultats.

2 Des ingestions mesurées supérieures aux ingestions prédites par INRA 2018

Les ingestions mesurées en période sèche, montrent des valeurs supérieures aux prédictions INRAE. Un écart moyen de 2,7 kg/jour s'observe tout au long de la période sèche. L'écart est plus prononcé en fin de gestation, le système d'alimentation INRA 2018 prédisant une diminution de l'ingestion en fin de période sèche, tandis que l'ingestion réelle reste stable à l'approche du vêlage.

Ces écarts de prédiction se retrouvent également en début de lactation. En effet, les vaches de l'essai CITARE ont ingéré en moyenne 24,1 kg MS/jour durant les dix premières semaines de lactation, alors que le système d'alimentation INRA 2018 prédit une ingestion moyenne de 22,3 kg MS/jour sur la même période (soit 1,8 kg MS/jour d'écart).

Pour les mêmes rations, les vaches de l'essai ont ingéré 15 % de plus que les prédictions INRAE en période sèche et 7 % de plus en début de lactation. L'INRAE semble sous-estimer les quantités ingérées par les vaches, notamment en période sèche.

Ces différences peuvent s'expliquer par une mauvaise évaluation de la valeur encombrement des fourrages distribués lors de l'essai. La valeur d'encombrement retenue pour la paille distribuée en période sèche, pourrait être une piste d'explication. Cependant, pour obtenir une ingestion de 16,8 kg MS, il faudrait que la valeur d'encombrement de la paille soit légèrement inférieure à 0,9 UEL/kg MS ce qui semble très faible pour ce type de fourrage (valeur d'encombrement de la paille > 1,45 UEL (INRA, 2018)). Au regard du pourcentage de paille dans la ration (30 %), il aurait été intéressant de mesurer la valeur d'encombrement réelle de la paille distribuée, tout au long de l'essai et ainsi enlever ce biais.

A retenir : Les ingestions mesurées lors de l'essai CITARE sont supérieures aux ingestions prédites par le système d'alimentation INRA 2018 (outil SIRAR). L'écart de prédiction s'élève à 2,7 kg MS/jour pour les vaches tarées et 1,8 kg MS/jour pour les vaches en lactation. L'INRAE semble sous-estimer l'ingestion des vaches laitières, en particulier en période sèche.

3 Bilans énergétiques

Le calcul des bilans énergétiques des animaux de l'essai (différence entre les besoins des animaux et les apports permis par l'alimentation) permet d'estimer l'équilibre énergétique de la ration offerte au cours de la période sèche et la durée du déficit énergétique en début de lactation.

3.1 Des bilans énergétiques positifs tout au long de la période sèche

Les apports énergétiques dépendent de la quantité de matière sèche ingérée par l'animal (Faverdin et al, 2018). En amont de l'essai, lors de la construction de la ration de tarissement, des précautions ont été prises quant au choix de l'ingestion retenue. En effet, les quelques ingestions de vaches tarées déjà mesurées aux Trinottières, au cours des deux dernières de gestation, était déjà supérieures aux prédictions.

Fort de ce constat, l'ingestion retenue pour la ration de tarissement a été majorée de 9 % (14 kg MS/jour au lieu des 12,8 kg MS/jour prédit par le système d'alimentation INRA 2018, et plus particulièrement l'outil Ruminant).

Malgré cette précaution, la ration offerte au cours de la période sèche a été calculée sur la base d'une ingestion sous-évaluée. En effet, les vaches de l'essai ont ingéré 2,8 kg MS/jour de plus que les prédictions. Par conséquent, les apports énergétiques couvrent 117 % des besoins. Il semblerait que les vaches tariées de l'essai aient reçu une ration trop concentrée, au regard de leurs besoins théoriques et de leur ingestion réelle.

Le bilan énergétique en période sèche reste donc positif et s'élève en moyenne à 1,8 UFL/jour. Il est stable en début de période sèche et diminue trois semaines avant le vêlage. Cette diminution s'observe aussi dans la bibliographie.

Toutefois, le calcul de ce bilan énergétique peut être remis en cause. Au total, le bilan moyen cumulé durant sur les six semaines de période sèche s'élève à 76 UFL/vache. Les vaches de l'essai auraient donc dû gagner +0,4 point de NEC (206 UFL = 1 point de NEC (INRA, 2018)). Cependant, la NEC moyenne observée des vaches tariées varie seulement de +0,1 point.

Suite à ces résultats, une vigilance doit être apportée sur le plan sanitaire. En effet, des études indiquent que la surconsommation d'énergie pendant la période sèche augmente la gravité du bilan énergétique, réduit la fonction hépatique et augmente le risque de maladies en début de la lactation (Hanzen, 2021). De plus, Drackley et ses collègues de l'Université de l'Illinois ont limité la consommation d'énergie à 100 % des exigences du Conseil national de recherche (2001) en augmentant la part de fourrages grossiers (paille de blé), au détriment de l'ensilage. Ceci a permis une consommation ad libitum (à volonté) de la ration de tarissement, tout en restant rentable pour les éleveurs.

3.2 Un déficit énergétique vérifié en début de lactation

Le bilan énergétique moyen en début de lactation est de -2,7 UFL/jour. La durée du déficit énergétique en début de lactation dépend du délai nécessaire pour atteindre une ingestion d'énergie supérieure aux besoins de l'animal. Cette période correspond généralement à la douzième semaine de lactation (Faverdin et al, 2018 ; Hanzen, 2021). Les animaux de l'essai ont subi un déficit énergétique au cours des dix premières semaines de lactation. Ce résultat confirme donc la bibliographie.

Par ailleurs, De Vries et al (1999), précisait que les primipares semblaient retrouver plus rapidement un bilan énergétique positif que les multipares. Les résultats de l'essai ne montrent pas de différences entre les parités. Ce résultat est à nuancer au regard de la plage de temps analysé pour l'essai (dix premières semaines de lactation), ainsi que le nombre d'animaux par parité.

A retenir : Malgré une ration de tarissement riche en paille (30 % de la matière sèche totale), le bilan énergétique reste positif tout au long de la période sèche. Certes les bilans énergétiques des vaches tariées sont plus élevés que ceux observés dans la bibliographie, mais le bilan cumulé moyen par vache reste modéré au regard de la durée de période sèche analysée (+77 UFL sur six semaines). En revanche, au regard de la diversité des pratiques, notamment les durées de période sèche, il faudra rester vigilants sur l'engraissement des animaux pour des périodes sèches plus longues (> 60 jours).

4 Peu de problèmes sanitaires observés en début de lactation

Très peu de troubles sanitaires ont été observés lors de l'essai et aucun trouble métabolique clinique n'a été recensé.

Toutefois, grâce à l'analyse des notes « céto-délect », nous avons pu relever que 17 % des individus avaient déclaré une forme d'acétonémie subclinique. L'acétonémie est due à un déficit énergétique. Étant donné que ce dernier est négatif sur tout le début de lactation, ce résultat semble cohérent. Par ailleurs, cette prévalence est inférieure à celle retenue par Philippe et Raboisson en 2012 (24,6 %). Les résultats de l'essai peuvent être nuancés au regard du nombre de vaches présente dans l'essai et de l'absence de mesures « céto-délect » en première semaine de lactation.

Par ailleurs, il aurait été intéressant de s'intéresser à l'hypocalcémie en mesurant le taux de BHB dans le sang et ainsi desceller d'éventuelles apparitions subcliniques. En effet, d'après Bodin en 2020, cette pathologie peut toucher 30 à 80 % des animaux d'un troupeau selon les études. Mais pour des raisons d'habilitation, les techniciens de la ferme ne peuvent pas réaliser de prises de sang sur les animaux.

Les observations et mesures réalisées pour évaluer la santé des animaux, donne une vision globale de l'état sanitaire des vaches lors de l'essai. Cependant, elles restent modestes et l'analyse descriptive.

5 Conséquence sur le rationnement des vaches tarées

Les ingestions mesurées au cours de cet essai, lors de la période sèche, sont nettement plus élevées que les ingestions prises en compte pour le rationnement des vaches tarées. Si ces dernières se confirment grâce aux prochains essais prévus aux Trinottières, les repères de rationnement des vaches laitières en période sèche mériteraient d'être revus. Compte tenu des risques associés à un excès d'énergie dans la ration de tarissement, les concentrations énergétiques pourraient alors être réduites, ainsi que les concentrations protéiques.

Par exemple, pour couvrir les besoins des animaux de l'essai durant la période sèche, les concentrations énergétiques et protéiques auraient dû s'élever respectivement à 0,65 UFL/kg MS et 55 g PDI/kg MS (contre 0,75 UFL/kg MS et 65 g PDI/kg MS pour la ration de tarissement expérimentale).

D'autre part, la relative stabilité de l'ingestion observée au cours de la période pourrait permettre de simplifier le rationnement des vaches tarées en laissant la possibilité d'offrir la même ration tout au long de la période sèche. Néanmoins, ces pistes méritent d'être testées avant d'être proposées, celles-ci se basant sur les résultats d'un seul essai.

Conclusion

L'objectif de cette première action du projet CITARE, était d'actualiser les références sur l'ingestion des vaches laitières en période sèche. Pour cela, un essai a été réalisé sur la ferme expérimentale des Trinottières (49). Grâce au dispositif d'auges peseuses présent sur la station, les ingestions individuelles de trente-sept vaches Prim'Holstein ont été mesurées et analysées.

L'ingestion moyenne des vaches taries s'élève en moyenne à 16,8 kg MS, soit 2,1 kg MS/100 kg de poids vif, ce qui est nettement supérieur aux références actuellement disponibles. De plus, celle-ci s'avère relativement stable au cours de la période sèche.

Les ingestions prédites par le système d'alimentation INRA 2018, sur cette même phase, sont inférieures de 15 % aux ingestions mesurées au cours de l'essai. Ce constat laisse penser que le système d'alimentation INRA 2018 sous-estime les ingestions des vaches taries. Les rations de tarissement sont équilibrées sur des ingestions sous-évaluées. Cette sous-estimation peut conduire à une suralimentation en période sèche, notamment énergétique. Cette situation étant un des facteurs de risques de l'apparition de troubles métaboliques lors de la phase de péri-partum.

Ces premiers résultats sont particulièrement intéressants dans la mesure où aucune mesure d'ingestion de vaches laitières en période sèche n'a été publiée dans un contexte français depuis plus de vingt ans. Les résultats de l'essai doivent toutefois être confortés par d'autres mesures, ces derniers n'étant obtenus que pour une seule ration avec un effectif d'animaux modéré.

Cet essai constitue la première étape du projet de recherche CITARE. Deux autres essais avec des mesures d'ingestions des vaches taries, ont été conduits en 2022 et 2023. Ils compléteront ces premiers résultats. Ils permettront de mettre à jour les références utilisées pour le rationnement des vaches taries et pourront par ailleurs contribuer à une éventuelle mise à jour des équations de prévision de l'ingestion des vaches laitières par INRAE.

Bibliographie

AGRESTE, 2022. Graph'Agri. [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/GraFra2022Chap12.6/GraFra2022_bovins-productions-laitieres.pdf [consulté le 25 juillet 2023].

AUBINEAU, Thomas, BOUDON, Anne et GUATTEO, Raphaël, 2022. Acidified diet is not effective in preventing hypocalcemia in dairy cows on French commercial farms. *Frontiers in Animal Science*. Vol. 3, p. 1027183. DOI 10.3389/fanim.2022.1027183.

BECKERS, Yves, 2010. *La période de tarissement chez la vache laitière* [en ligne]. Soirée d'étude sur l'alimentation et le management de la vache laitière, Aubel, Belgique. 2010. Disponible à l'adresse : <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/83474/1/Aubel%2023%20f%20c3%a9vri%202010.pdf> [consulté le 4 juillet 2023].

BODIN, Maxime, 2020. *Importance et conséquences de l'hypocalcémie subclinique chez la vache laitière en péri-partum (exemple d'une clientèle vétérinaire des Vosges)*. . Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.

CAPUCO, A. V., AKERS, R. M. et SMITH, J. J., 1997. Mammary Growth in Holstein Cows During the Dry Period: Quantification of Nucleic Acids and Histology. *Journal of Dairy Science*. Vol. 80, no 3, pp. 477-487. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(97)75960-5.

CERMAKOVA, J. et al., 2014. Comparison of shortened and conventional dry period management strategies. *Journal of Dairy Science*. Vol. 97, no 9, pp. 5623-5636. DOI 10.3168/jds.2013-7499.

CIRAD, 2022. Contexte et enjeux. *CIRAD* [en ligne]. 14 juin 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.cirad.fr/nos-activites-notre-impact/filieres-agricoles-tropicales/lait/contexte-et-enjeux> [consulté le 16 février 2023].

DE VRIES, M.J. et al., 1999. Modeling of Energy Balance in Early Lactation and the Effect of Energy Deficits in Early Lactation on First Detected Estrus Postpartum in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 82, no 9, pp. 1927-1934. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(99)75428-7.

DRACKLEY, James K., 1999. Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier? *Journal of Dairy Science*. Vol. 82, no 11, pp. 2259-2273. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(99)75474-3.

FAVERDIN, 2018. Vaches laitières. In : *Alimentation des ruminants*, p. 282. Éditions Quae. Versailles.

FAYE, B. et al., 1994. Incidence des troubles sanitaires chez la vache laitière : bilan de 20 années d'observation dans 3 troupeaux expérimentaux. *INRAE Productions Animales*. Vol. 7, no 3, pp. 191-206. DOI 10.20870/productions-animales.1994.7.3.4169.

FOURICHON, C., SEEGER, H. et MALHER, X., 2000. Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology*. Vol. 53, no 9, pp. 1729-1759. DOI 10.1016/S0093-691X(00)00311-3.

- FRIGGENS, Nicolas C. et al., 2004. Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies. *Animal Research*. Vol. 53, no 6, pp. 453-473. DOI 10.1051/animres:2004037.
- GOFF et HORST, 1997. Effects of the Addition of Potassium or Sodium, but Not Calcium, to Prepartum Rations on Milk Fever in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 80, no 1, pp. 176-186. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(97)75925-3.
- GOFF, Jesse P., 2008. The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *The Veterinary Journal*. Vol. 176, no 1, pp. 50-57. DOI 10.1016/j.tvjl.2007.12.020.
- HANZEN, Ch, 2009. Physiologie de la glande mammaire et du trayon de la vache laitière. .
- HANZEN, Christian, 2021. *Facteurs de risque et effets sur la reproduction de la vache laitière d'un bilan négatif*. . Dossier 103. Bulletin des GTV.
- HAYIRLI, A. et al., 2002. Animal and Dietary Factors Affecting Feed Intake During the Prefresh Transition Period in Holsteins. *Journal of Dairy Science*. Vol. 85, no 12, pp. 3430-3443. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(02)74431-7.
- IDELE, 2022a. Résultats de contrôle laitier - France 2021. *Institut de l'Élevage* [en ligne]. 30 mai 2022. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/resultats-de-controle-laitier-france-2021> [consulté le 25 juillet 2023].
- IDELE, 2022b. Résultat techniques et économiques des fermes laitières INOSYS de l'Ouest - des repères pour se situer (2021/2022). [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : https://idele.fr/inosys-reseaux-elevage/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F16fe8425-4e06-41a0-92e2-8f3861f4dc97&cHash=1a9ea7db9f1cd5e632955ed2fb38fc38 [consulté le 25 juillet 2023].
- INGVARTSEN, K.L. et MOYES, K., 2013. Nutrition, immune function and health of dairy cattle. *Animal*. Vol. 7, pp. 112-122. DOI 10.1017/S175173111200170X.
- JOHAN, M et DAVIÈRE, J B, 2014. Detection of Ketosis in dairy cattle by determining infrared milk ketone bodies amount. .
- LEBLANC, S.J. et al., 2006. Major Advances in Disease Prevention in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 89, no 4, pp. 1267-1279. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(06)72195-6.
- MANN, S. et al., 2015. Dry period plane of energy: Effects on feed intake, energy balance, milk production, and composition in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 98, no 5, pp. 3366-3382. DOI 10.3168/jds.2014-9024.
- MARTINEZ, N. et al., 2012. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *Journal of Dairy Science*. Vol. 95, no 12, pp. 7158-7172. DOI 10.3168/jds.2012-5812.
- MCART, J.A.A. et al., 2011. A field trial on the effect of propylene glycol on milk yield and resolution of ketosis in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94, no 12, pp. 6011-6020. DOI 10.3168/jds.2011-4463.

- MESCHY, François, 2010. *Nutrition minérale des ruminants* [en ligne]. Quae. Versailles. Savoir-faire. Disponible à l'adresse : https://books.google.fr/books?id=tShr4KvgFI8C&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [consulté le 5 juillet 2023].
- NEAVE, H.W. et al., 2017. Parity differences in the behavior of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100, no 1, pp. 548-561. DOI 10.3168/jds.2016-10987.
- PHILIPPE et RABOISSON, 2012. Prévalence de la cétose subclinique dans les troupeaux bovins laitiers de l'Ouest de la France. In : *Rencontres Recherches Ruminants* [en ligne]. 2012. Disponible à l'adresse : https://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_8_sante_P-Philippe.pdf [consulté le 11 août 2023].
- REINHARDT, Timothy A. et al., 2011. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *The Veterinary Journal*. Vol. 188, no 1, pp. 122-124. DOI 10.1016/j.tvjl.2010.03.025.
- RODRÍGUEZ, E.M., ARÍS, A. et BACH, A., 2017. Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100, no 9, pp. 7427-7434. DOI 10.3168/jds.2016-12210.
- ROUSSEL, Philippe, 2020. Le tarissement des vaches laitières en France : état des lieux 2015-2017. .
- SABORÍO-MONTERO, A. et al., 2017. Risk factors associated with milk fever occurrence in grazing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100, no 12, pp. 9715-9722. DOI 10.3168/jds.2017-13065.
- SAILLARD, 2016. L'Acétonémie en élevages laitiers en Bretagne au travers de l'indicateur Cétodélect©. In : *Rencontre Recherche Ruminants*. . 2016.
- SALAT, Olivier, 2005. Les troubles du péripartum de la vache laitière : risques associés et moyens de contrôle. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. Vol. 158, no 2, pp. 153-160. DOI 10.4267/2042/47763.
- SÉRIEYS, Francis, 1997. *Le tarissement des vaches laitières: une période-clé pour la santé, la production et la rentabilité du troupeau*. France Agricole Editions. ISBN 978-2-85557-034-1.
- SUTHAR, V.S. et al., 2013. Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 96, no 5, pp. 2925-2938. DOI 10.3168/jds.2012-6035.
- VENJAKOB, P.L. et al., 2019. Serum calcium dynamics within the first 3 days in milk and the associated risk of acute puerperal metritis. *Journal of Dairy Science*. Vol. 102, no 12, pp. 11428-11438. DOI 10.3168/jds.2019-16721.
- WEBER, C. et al., 2013. Variation in fat mobilization during early lactation differently affects feed intake, body condition, and lipid and glucose metabolism in high-yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 96, no 1, pp. 165-180. DOI 10.3168/jds.2012-5574.

ANNEXE 1 : Équation de la capacité d'ingestion (CI) des vaches laitières et équations des différents indices (Faverdin et al, 2018)

$$CI \text{ (en UEL)} = [14,25 + (0,015 \times (PV - 600)) + (0,11 \times PL_{Pot}) + ((2,5 - NEC))] \times IL \times IG \times IM \times IP$$

avec :

PV = poids vif

PL_{Pot} = production laitière potentielle

NEC = note d'état corporelle

IL = 1 pour les vaches tarées

IG = $0,8 + 0,2 \times (1 - e^{-0,25 \times (40 - \text{Semaine de gestation})})$

IM = $-0,1 + 1,1 \times (1 - e^{-0,08 \times \text{âge en mois}})$

IP = $0,91 + (0,115 / (1 + e^{(0,13 \times (90 - (PDI/UF))}))$

ANNEXE 2 : Protocole de tarissement sur la ferme expérimentale des Trinottières

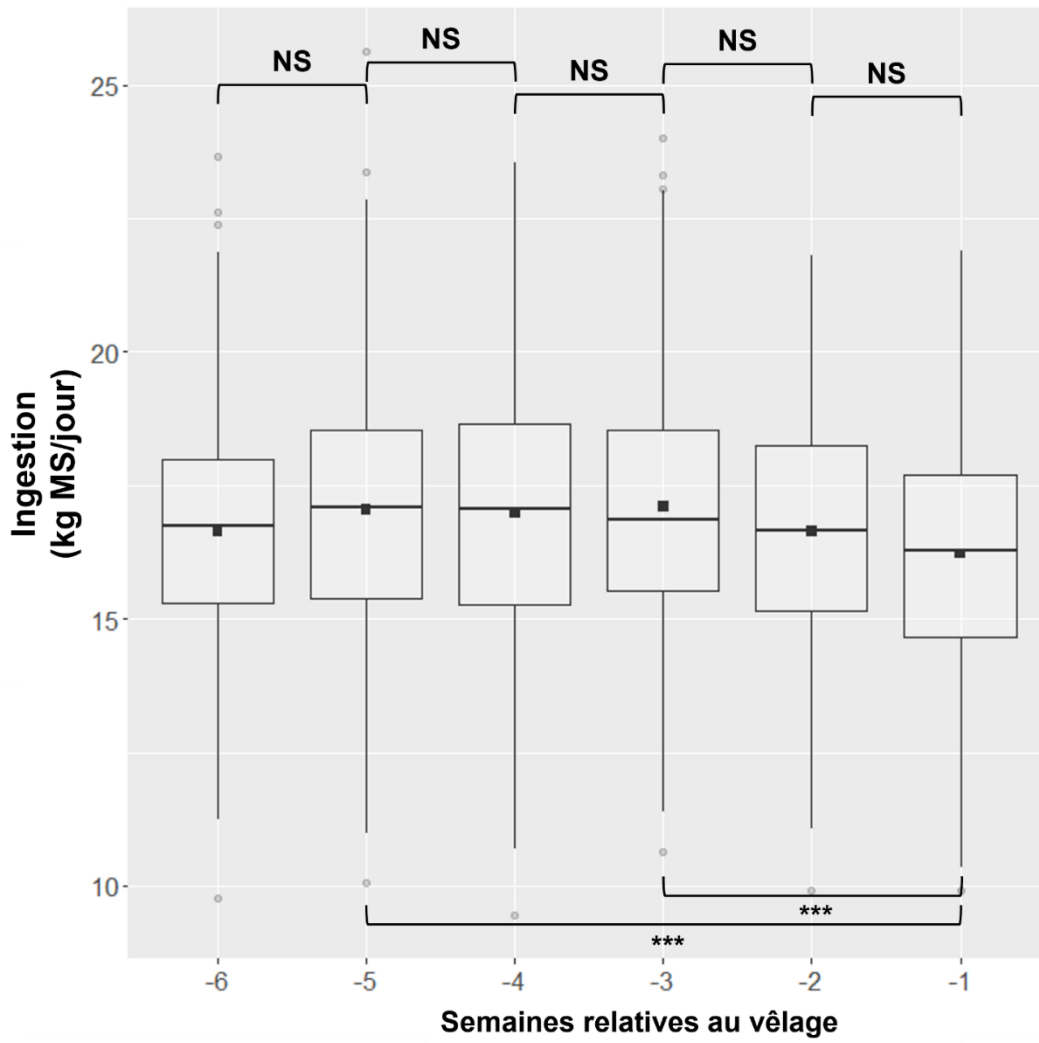
Catégories de vaches	Protocole
<p>Multipares Dernier CL < 150 000 cellules/mL</p>	<p>Obtuteur de trayon</p>
<p>Primipares Dernier CL < 100 000 cl/mL</p>	
<p>Multipares 150 000 < dernier CCI < 500 000 cl/mL</p>	<p>Antibiotique intra mammaire (Cépravin) + obturateur de trayon</p>
<p>Primipares 100 000 < dernier CCI < 500 000 cl/mL</p>	
<p>Vache ayant eu une mammite clinique dans les 4 mois précédents le tarissement</p>	
<p>Multipares Dernier CCI > 500 000 cl/mL</p>	<p>Antibiotique par voie générale (Axentyl) + antibiotique intra mammaire (Cépravin) + obturateur de trayon</p>
<p>Primipares Dernier CCI > 500 000 cl/mL</p>	

CL : contrôle laitier

ANNEXE 3 : Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches laitière (Bazin, 1984)

Critère de note	5	4	3	2	1	0
Arrière						
Base de la queue	queue noyée dans un rond de tissu gras	absence de rond, masses graisseuses débordant largement la pointe des fesses	queue bien dégagée, pointe des fesses couverte mais non noyée	pointe des fesses sans couverture	ensemble de la tubérosité ischiatique perceptible	le bassin est parfaitement visible
Pointe des fesses						
Ligament sacro-tubéral	invisible noyé	à peine visible	bien visible couvert, d'aspect épais et arrondi	bien isolé, légèrement couvert	aspect en lame, sec	très sec
Détroit caudal						
Détroit caudal	totallement comblé	pratiquement comblé	n'est plus comblé, limites planes	profond	très profond	très creusé
Epine dorsale	dos plat ou arrondi	à peine visible, noyée dans le tissu environnant	nettement visible, couverte, régulière différence de niveau légère	ligne des apophyses épineuses marquée, peu couverte	ligne irrégulière, différence de niveau importante, corps vertébral non apparent	corps vertébral apparent
Note	5	4	3	2	1	0
Flanc						
Pointe de la hanche	localisation précise de l'os impossible	ilium apparent angle ouvert	ilium fait saillie, reste couvert	la crête n'est pas apparente, angle bien vif	la crête devient visible	la crête est très visible
Apophyses transverses et épineuses	aucune structure repérable, rein plat, creux du flanc comblé	colonne vertébrale repérable, rein plat	épine dorsale bien dessinée, rein non plat, bordure des apophyses transverses nette, angle non vif	ligne des apophyses transverses fait un angle vif, on commence à pouvoir les compter	on peut compter facilement les apophyses transverses	ligne du dos très irrégulière, apophyses transverses bien individualisées

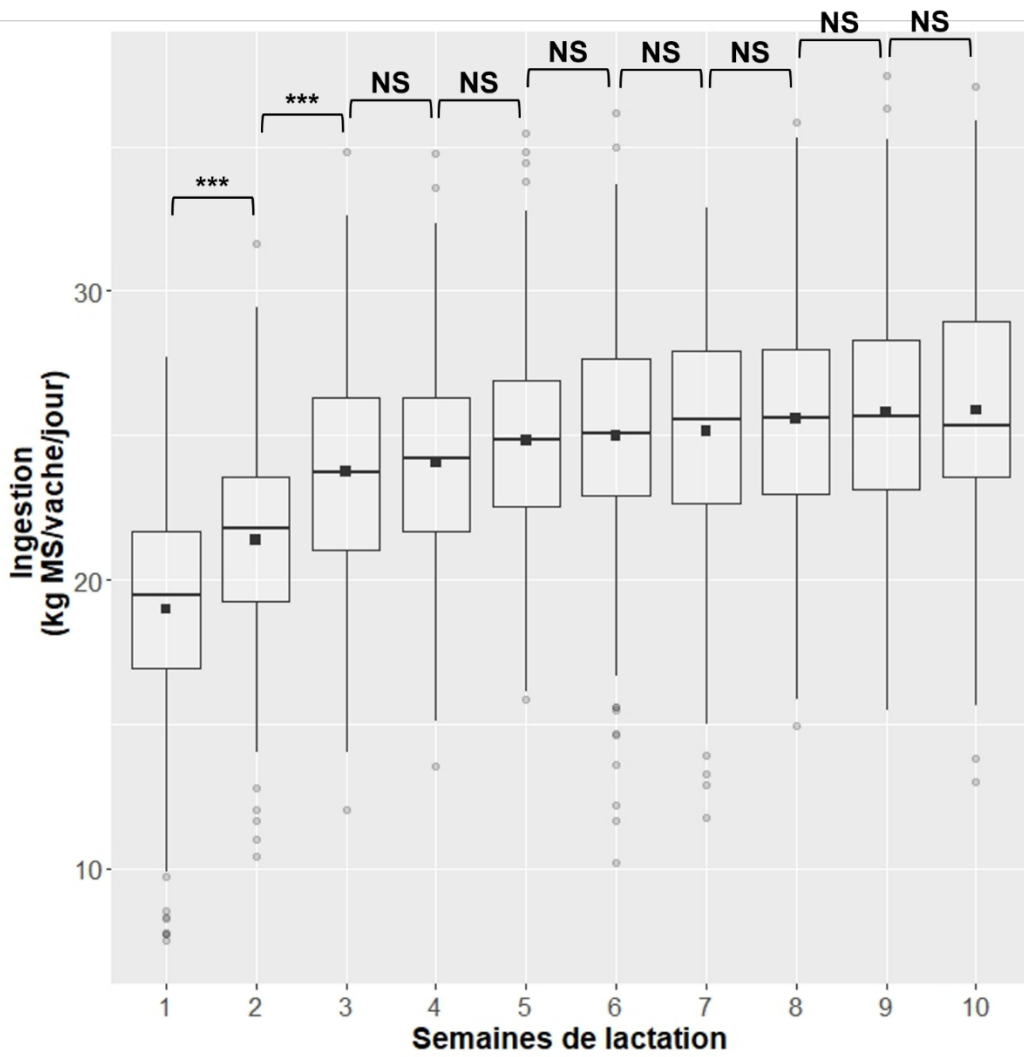
ANNEXE 5 : Evolution de l'ingestion moyenne en période sèche (n=37)



NS : écart non significatif

*** : p-value < 0,0001

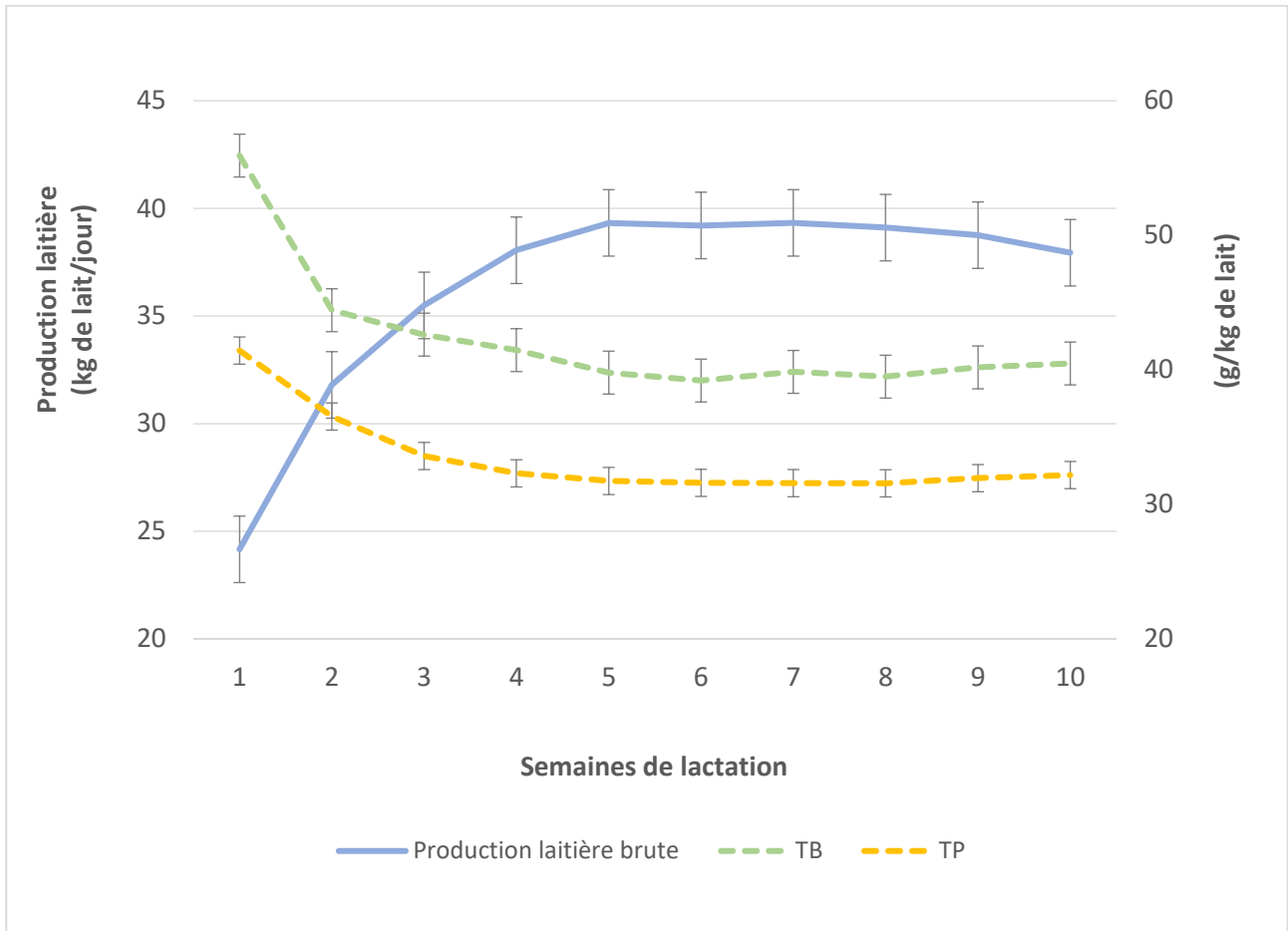
ANNEXE 6 : Évolution de l'ingestion moyenne en début de lactation (n=37)



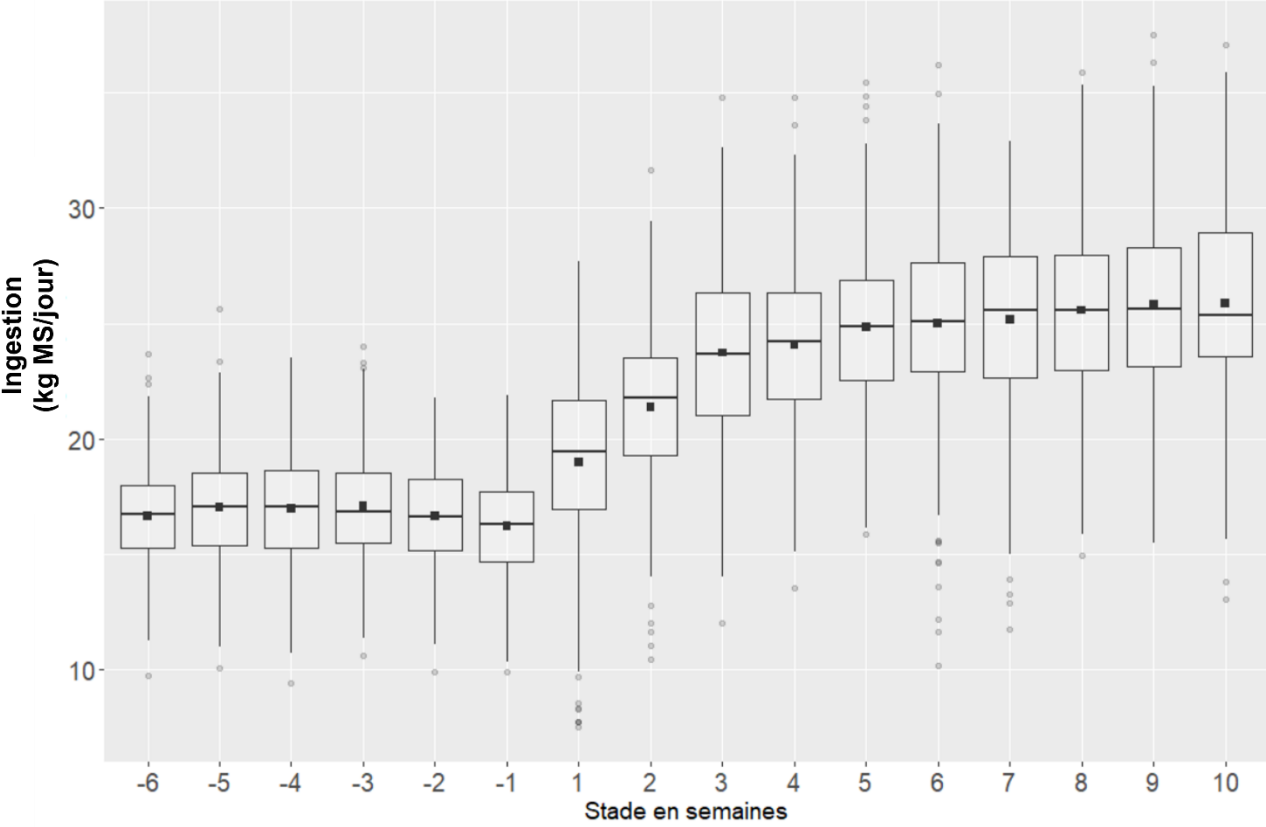
NS : écart non significatif

*** : p-value < 0,0001

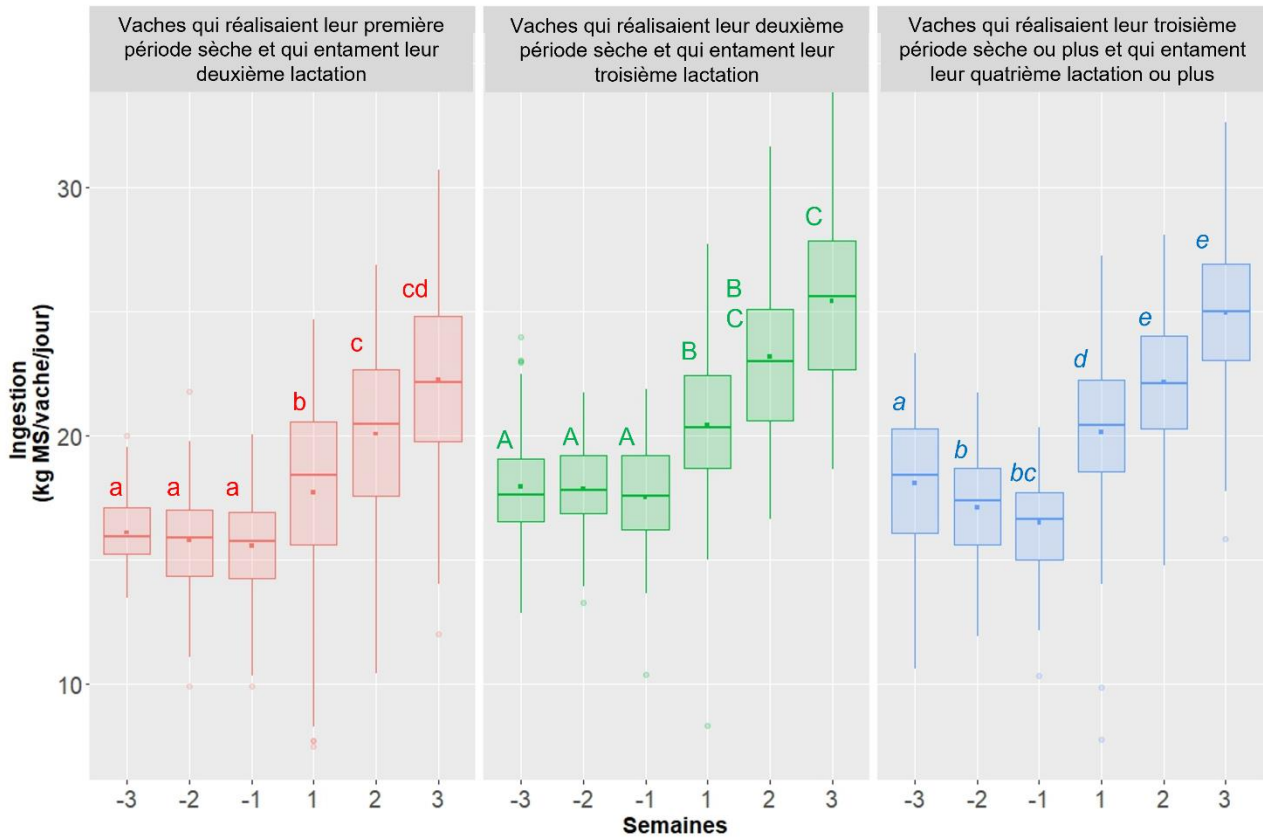
ANNEXE 7 : Évolutions de la production laitière brute, du taux butyreux (TB) et du taux protéique (TP), en début de lactation (n=37)



ANNEXE 8 : Évolution de l'ingestion en période sèche et en début de lactation (n=37)

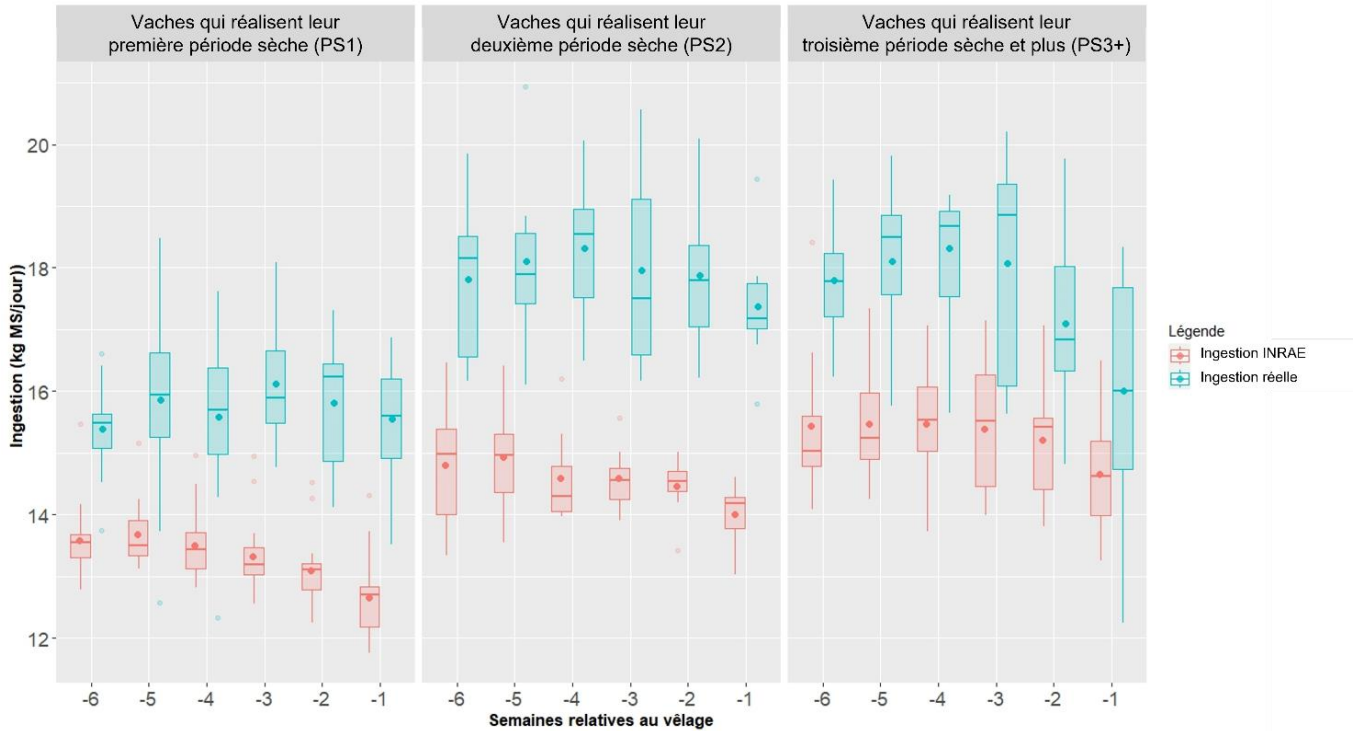


ANNEXE 9 : Évolution de l'ingestion sur la période de péri-partum en fonction de la parité (n=37)



Des lettres différentes montrent des écarts significatifs sur les données d'un même graphique (p-value < 0,05)

ANNEXE 10 : Comparaison des ingestions réelles et des ingestions prédites en période sèche selon la parité (n=37)





OBLE, Lucile, 2023, « Ingestion des vaches laitières en période sèche », 35 pages, mémoire de fin d'études, VETAGROSUP Campus agronomique Clermont-Ferrand, 2023.

STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES :

- ◆ Ferme expérimentale laitière des Trinottières
- ◆ Institut de l'élevage (IDELE)

ENCADRANTS :

- ◆ Maître d'apprentissage : GILLIER Manon (CAPDL)
- ◆ Tuteur entreprise : JURQUET Julien (IDELE)
- ◆ Tuteur pédagogique : BLANC Fabienne

OPTION : A2E

RESUMÉ

La santé des vaches laitières est un enjeu majeur pour les éleveurs. En début de lactation, le risque d'apparition de troubles sanitaires, notamment métaboliques, est relativement élevé. Ces pathologies semblent trouver leur origine en période sèche (phase de repos entre deux lactations). L'alimentation des vaches taries est un levier pour les réduire. Le calcul d'une ration adaptée suppose de connaître l'ingestion des animaux. Cependant, peu de références existent sur l'ingestion des vaches taries. Dans ce contexte, il semble difficile de maîtriser leur alimentation. La première action du projet régional CITARE consiste à réaliser un état des lieux des ingestions des vaches taries. En 2021, un essai a été réalisé à la ferme expérimentale des Trinottières, en utilisant le dispositif d'auges peseuses présent sur la station. Au total, les ingestions quotidiennes et les performances zootechniques de trente-sept vaches Prim'Holstein ont été mesurées et analysées. Elles ont ensuite été comparées aux ingestions prédites par le système d'alimentation INRA 2018. L'ingestion moyenne des vaches taries s'élève à 16,8 kg MS/jour et reste relativement stable tout au long de la période sèche. Elle est supérieure aux valeurs prédites par INRAE. Cet écart de prédiction entraîne une suralimentation, notamment énergétique, potentiellement préjudiciable pour le début de lactation. Si ces premiers résultats se confirment avec les données de deux autres essais conduits en 2022 et 2023, il semblerait opportun de revoir les recommandations d'alimentation des vaches taries. Ils pourraient également contribuer à l'amélioration des équations de prédiction de l'ingestion sur cette phase.

Mots clés : période sèche, ingestion, vaches laitières, péri-partum, pathologies métaboliques, bilan énergétique

ABSTRACT

Health of dairy cows is a major issue for breeders. During early lactation, the risk of developing diseases, particularly metabolic diseases, is high. These diseases seem to originate during the dry period (the resting phase between two lactations). Feeding dry cows is one way of reducing this risk. Calculating a suitable ration requires knowledge of the animals' feed intake. However, few references exist on dry cow feed intake. In this context, it seems difficult to control their feeding. The first action of the CITARE regional project is to measure dry cow's intake. In 2021, a trial was carried out at the Trinottières experimental farm, using the weighing feeders on the station. In total, daily intake and performance data of thirty-seven Prim'Holstein cows were measured and analyzed. They were then compared with the intakes predicted by the INRA 2018 feeding system. Average, dry cow intake was 16.8 kg DM/day, and relatively stable during the dry period. It is higher than the values predicted by INRAE. This prediction discrepancy leads to overfeeding, particularly of energy, which is potentially detrimental to early lactation. If these initial results are confirmed by data from two other trials conducted in 2022 and 2023, it would seem appropriate to review feeding recommendations for dry cows. They could also contribute to the improvement of intake prediction equations for this period.

Key words : dry period, intake, dairy cows, transition period, metabolic diseases, energetic balance