

FRÉQUENCE DE DISTRIBUTION DES FOURRAGES CHEZ LA CHÈVRE LAITIÈRE : EFFETS SUR L'INGESTION, LA PRODUCTION ET LE COMPORTEMENT

Mise en situation

Pour stimuler les chèvres à ingérer et ainsi maximiser la valorisation des fourrages offerts, il est souvent recommandé de multiplier le nombre de distributions par jour, malgré la charge de travail supplémentaire que cela peut représenter. Est-il possible de réduire le nombre de distributions quotidiennes ? Comment s'adaptent les chèvres à des distributions plus ou moins fréquentes ?

Résumé

En élevage caprin, les fourrages sont souvent distribués plusieurs fois par jour, pour des raisons d'organisation et pour stimuler les chèvres à ingérer davantage. L'influence de la fréquence de distribution sur l'ingestion des chèvres est mal connue. Quatre essais ont été conduits pour déterminer les effets de la fréquence de distribution sur l'ingestion volontaire, la production laitière et le comportement d'ingestion de chèvres laitières Alpine en milieu de lactation. Les essais comparaient 1 et 2 distributions (un essai sur herbe affourragée en vert), 2 et 3 distributions (un essai sur foin de luzerne et un essai sur deux types de ration complète, à base d'ensilage de maïs ou de pulpes de betterave), ou 1, 2 et 3 distributions (un essai sur foin séché en grange de prairies multi-espèces). De 24 à 96 chèvres ont été utilisées par essai, au cours de 3 périodes successives, selon des schémas expérimentaux en inversion, avec 400 à 800 g de concentré par jour selon les essais. Dans tous les essais, la fréquence de distribution n'a eu aucun effet sur l'ingestion ni sur les durées journalières d'ingestion ou de repos couché, et ce malgré une reprise importante de l'activité d'ingestion après chaque nouvelle distribution. La production laitière n'a pas varié avec la fréquence de distribution dans trois des essais, et a légèrement augmenté de 60 g/jour dans un des essais, en passant de 2 à 3 distributions par jour. Les taux butyreux et protéique du lait ont peu ou pas varié avec la fréquence de distribution. Il semble donc possible de réduire le nombre de distributions quotidiennes sans pénaliser les performances laitières des chèvres, à condition que le système d'auge soit de volume suffisant et permette un accès permanent au(x) fourrage(s).

Summary

Feeding frequency of forages in dairy goats : effects on intake, production and behaviour

In dairy goat farms, forages are often fed several times a day to the herd, for work organisational reasons and to stimulate goats. The effect of feeding frequency on goat intake and milk production is poorly understood. Four trials were conducted to determine the effects of feeding frequency on voluntary intake, milk production and ingestive behaviour of Alpine dairy goats in mid-lactation. The trials compared 1 and 2 feedings a day (one trial on cut-and-carry fresh grass), 2 and 3 feedings a day (one trial on lucerne hay and one trial on two types of total mixed ration, based either on maize silage or fresh beet pulp), or 1, 2 and 3 feedings a day (one trial on barn-dried multi-species hay). From 24 to 96 goats were used per trial, over 3 successive periods, according to switchback experimental designs, with 400 to 800 g of concentrate per day depending on the trial. In all trials, feeding frequency had no effect on daily intake nor on daily eating time and time spent lying down, despite a clear increase of eating activity after each new feeding. Milk production did not vary with feeding frequency in three of the trials, and increased slightly by 60 g/day in one of the trials, between 2 and 3 feedings a day. Milk fat and protein concentrations varied little or not at all with feeding frequency. It therefore seems possible to reduce the number of daily feedings without affecting the milk production of dairy goats, provided that the trough is of sufficient volume and allows permanent access to the forage(s).

Auteurs

Rémy Delagarde¹, Laurence Puillet², Hugues Caillat³, Claire Boyer⁴, Bertrand Bluet⁴

¹PEGASE, INRAE INSTITUT AGRO, 16 LE CLOS, 35590 SAINT-GILLES, FRANCE.

²Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParis Tech, MoSAR, 91120 Palaiseau, France.

³INRAE, FERLus, Les Verrines, 86600 Lusignan, France.

⁴Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75012 Paris, France.

Auteur correspondant

Rémy DELAGARDE, Remy.delagarde@inrae.fr

Mots clés

Conduite alimentaire, caprins, lait, cinétique journalière

Key words

Feeding management, goat, dairy, daily pattern

Références de l'article

R. Delagarde, L. Puillet, H. Caillat, C. Boyer, B. Bluet (2025). Fréquence de distribution des fourrages chez la chèvre laitière : effets sur l'ingestion, la production et le comportement - *Fourrages* 261, 43-54.

Article accepté pour publication le 21 février 2025.

1. Introduction

Une bonne valorisation des fourrages est un des principaux leviers d'action dont disposent les éleveurs caprins pour maîtriser les coûts alimentaires et améliorer l'autonomie des élevages. Cela consiste principalement à avoir des fourrages de qualité, ce qui permet notamment de réduire les doses de concentrés pour une production laitière donnée, et à bien maîtriser les modalités de distribution des fourrages, pour éviter le gaspillage tout en favorisant la prise alimentaire (Bluet *et al.*, 2024). Il existe ainsi de nombreuses manières d'optimiser la distribution des fourrages, que ce soit au travers du pourcentage de refus toléré ou accepté par l'éleveur (Guyard *et al.*, 2025), de la façon d'offrir plusieurs fourrages au cours de la même journée (Delagarde *et al.*, 2025), ou de la fréquence de distribution quotidienne d'un fourrage donné. C'est ce dernier point qui fait l'objet de cet article. En effet, des enquêtes récentes ont montré qu'une très large majorité des éleveurs caprins distribuent plusieurs fois les fourrages chaque jour, de 2 à 3 fois en général, même en cas de distribution d'un seul fourrage, pour des raisons d'organisation du travail, de place disponible dans l'auge, du nombre de repousses du fourrage que l'on accepte de faire chaque jour, mais aussi avec l'idée que la chèvre est un animal particulièrement sensible à toute stimulation, ce qui permettrait d'augmenter l'ingestion et la production laitière (Bluet *et al.*, 2024 ; Fañça *et al.*, 2025).

Il existe cependant très peu de références scientifiques montrant que la fréquence de distribution des fourrages a un impact sur les performances des chèvres laitières. A notre connaissance, aucune étude n'a été publiée à ce sujet sur la chèvre en lactation nourrie à volonté. Certaines études ont été réalisées pour étudier les mécanismes digestifs ou métaboliques liées à la fréquence de distribution chez la chèvre, mais dans ce cas, le niveau d'ingestion est limité à 100 % de l'ad libitum pour travailler à ingestion constante, ne permettant pas de déterminer l'effet propre de la fréquence de distribution sur l'ingestion volontaire (Brun-Bellut *et al.*, 1987). Chez les jeunes petits ruminants (agneaux ou chevreaux), les études disponibles montrent des effets très variables de l'augmentation de la fréquence de distribution sur l'ingestion, à savoir des effets positifs (Keskin *et al.*, 2007 ; Bawala *et al.*, 2009 ; Ahmad *et al.*, 2014 ; Farooq *et al.*, 2017), nuls (Keskin *et al.*, 2007 ; Nazari *et al.*, 2019 ; Saldanha *et al.*, 2021) ou négatifs (Nazari *et al.*, 2019). Les conditions très diverses de ces essais, dont aucun n'a été réalisé en Europe sur fourrages tempérés, ne permettent pas de conclure. Sur les moutons ou béliers, ainsi que sur vaches laitières et génisses, les études sont plus nombreuses et montrent généralement un effet faible (Hart *et al.*, 2014) à nul (Nocek et Braund, 1985 ; Dulphy *et al.*, 1988 ; Klusmeyer *et al.*, 1990 ; Charmley *et al.*, 1991 ; Robles *et al.*, 2007) de la fréquence de distribution sur l'ingestion et la production.

L'objectif de cette étude, basée sur 4 essais de type factoriel, avec des rations et des fourrages très divers, est de déterminer les effets de la fréquence de distribution quotidienne du fourrage sur l'ingestion, le comportement alimentaire et la production laitière des chèvres laitières en lactation. L'hypothèse testée est que plus le nombre de distributions est important, plus les chèvres seront stimulées à ingérer, notamment après chaque distribution, ce qui permettrait d'accroître l'ingestion journalière et la production laitière.

2. Matériels et méthodes

2.1 Description générale des essais

Essai F1

L'essai F1 a été réalisé à la ferme INRAE de Grignon (MoSAR, 78850 Thiverval-Grignon, France) du 29/04/2022 au 10/06/2022. Il a mobilisé un dispositif permettant de mesurer l'ingestion individuelle d'animaux conduits en lots. Le dispositif est un enclos comportant 32 auges individuelles dont l'accès à chaque auge est géré par un portillon automatique avec reconnaissance d'une seule chèvre par boucle RFID à l'oreille. L'enclos a été séparé en 4 zones, avec 8 auges par zone, pour comparer quatre traitements selon un factoriel 2×2 , avec deux types de rations complètes (nommées ci-après PULP et MAÏS) et deux fréquences de distribution par jour (2 vs. 3 distributions, nommées ci-après 2D et 3D). Les compositions des rations, en pourcentage de la MS, ont été les suivantes :

- PULP : 26 % de luzerne déshydratée, 20 % de pulpes de betterave surpressées humides, 24 % de foin de graminées, 14,5 % d'orge, 14,5 % d'un concentré commercial de mélange à 29 % de MAT et 1 % de minéraux.
- MAÏS : 25 % de luzerne déshydratée, 33 % d'ensilage de maïs, 22 % de foin de graminées, 19 % d'un concentré commercial de mélange à 29 % de MAT et 1 % de minéraux.

Les rations sont distribuées à volonté (10 % de refus minimum). Les distributions des rations ont eu lieu après la traite du matin, entre 07:00 h et 08:00 h, et après la traite du soir, entre 16:00 h et 16:30 h, pour tous les traitements. Pour les deux traitements 3D, une troisième distribution a eu lieu en milieu de journée, à 12:00 h. L'objectif était d'avoir des refus encore présents (proches de 10-15 %) à chaque nouvelle distribution. Pour atteindre cet objectif, après quelques jours de tests et d'adaptation des chèvres aux modalités de distribution, les proportions distribuées étaient de 30 % le matin et 70 % le soir pour les deux traitements 2D, et 20 %, 15 % et 65 % le matin, le midi et le soir, respectivement, pour les traitements 3D. Les auges individuelles étant toutes alignées dans le dispositif, pour éviter toute stimulation visuelle ou sonore des chèvres des traitements 2D lors de la distribution de 12:00 h pour les traitements 3D, l'ensemble des animaux étaient sortis du dispositif expérimental le temps de cette distribution. La vidange complète de chaque auge et la pesée individuelle des refus a eu

lieu de 15:00 h à 16:00 h.L'essai a été réalisé sur 32 chèvres Alpine en milieu de lactation, dont les caractéristiques moyennes sont indiquées au Tableau 1.

Quatre groupes homogènes de 8 chèvres ont été constitués sur la base de leurs caractéristiques (parité, stade de lactation, poids vif, production et composition du lait), mesurées lors d'une période de référence de 14 jours du 01/04/2024 au 15/04/2024, durant laquelle toutes les chèvres étaient alimentées à volonté avec la ration PULP. Deux lots ont été définitivement affectés au régime PULP, et deux autres lots sont progressivement passés sur le régime MAÏS entre la fin de la période de référence et le début de l'essai. Ensuite, chacun des lots a reçu successivement les traitements 2D et 3D, au cours de 3 périodes successives de 2 semaines chacune, selon un schéma en inversion ABA-BAB. Ce schéma expérimental est puissant pour déterminer les effets de la fréquence de distribution et de l'interaction entre le type de régime et la fréquence de distribution. Dans chaque période, la première semaine est considérée comme une semaine d'habitation des animaux au nouveau traitement, la seconde semaine comme la semaine des mesures pour les analyses statistiques (voir ci-dessous).

Les chèvres ont accès en permanence à de l'eau de boisson et à une pierre à sel. Elles sont traites deux fois par jour, à heures fixes (07:15 h-07:45 h le matin, et 15:45 h-16:15 h le soir).

Essai F2

Il a été réalisé à l'Unité Expérimentale INRAE FERLus (86600 Lusignan, France, <https://doi.org/10.15454/1.5572219564109097E12>), du 07/01/2022 au 18/02/2022. Trois traitements ont été comparés, consistant à distribuer le fourrage de la ration soit une fois, soit deux fois, soit trois fois par jour (traitements 1D, 2D

et 3D, respectivement). Le foin a été distribué à 17: 30 h pour le traitement 1D (100 % de la quantité journalière), à 17:30 h et à 09:45 h le lendemain matin pour le traitement 2D (70 % et 30 % de la quantité journalière, respectivement), et à 17:30 h puis 09:45 h et 12:00 h le lendemain pour le traitement 3D (70 %, 15 % et 15 % de la quantité journalière, respectivement). Les proportions de fourrages apportées à chaque distribution ont été déterminées au cours de la semaine d'adaptation de façon à ce que la quantité de refus soit comprise entre 10 et 15 % avant chaque distribution.

L'essai a été réalisé sur 60 chèvres Alpine en milieu de lactation (mises-bas d'automne), dont les caractéristiques moyennes sont indiquées au Tableau 1. Trois groupes homogènes de 20 chèvres, dont 25 % de primipares, ont été constitués sur la base de leurs caractéristiques (parité, stade de lactation, poids vif, production et composition du lait), mesurées lors d'une période de référence de 12 jours du 06/12/2021 au 17/12/2021, durant laquelle toutes les chèvres étaient alimentées en lot unique à volonté avec du foin multi-espèces séché en grange, en deux distributions, et recevaient 1020 g de concentrés par jour. Ensuite, chacun des lots a reçu successivement les traitements 1D, 2D et 3D, au cours de 3 périodes successives de 2 semaines chacune, selon un schéma en double carré latin 3×3, équilibré des effets rémanents. Les mesures collectées les 7 derniers jours de chaque période ont été utilisées pour les analyses statistiques.

Tableau 1 : Caractéristiques moyennes des chèvres avant le début de chaque essai (F1 à F4)

Table 1: Mean goats characteristics one week before the start of each trial (F1 to F4)

Variable	Essai F1	Essai F2	Essai F3	Essai F4
Pourcentage de multipares	100	75	70	100
Rang moyen de lactation	2,84	2,65	2,36	2,83
Stade de lactation (jours)	92	85	118	43
Poids vif (kg)	63,2	61,7	55,0	54,0
Production laitière (kg/j)	3,91	3,45	4,49	3,01
Taux butyreux (g/kg de lait)	35,0	37,9	35,6	33,9
Taux protéique (g/kg de lait)	31,9	36,8	32,2	28,5
Production laitière standardisée (kg/j) ^a	3,93	3,73	4,57	2,91

^a Selon INRA, 2018.

Fréquence de distribution des fourrages chez la chèvre laitière

Les chèvres étaient traitées deux fois par jour, à 08:30 h et à 16:30 h. Le foin refusé a été enlevé chaque jour à 15:30 h et pesé. La quantité à offrir pour chaque lot a été calculée quotidiennement pour atteindre environ 10 % de refus (quantité offerte du jour_n = quantité ingérée du jour_{n-1} / 0,90). Le foin était distribué par lot dans des auges collectives spécifiques (Figure 1), permettant aux chèvres d'avoir accès en permanence à la totalité du fourrage offert sans aucune intervention humaine, ne nécessitant donc aucune manipulation ou repousse de fourrage jusqu'à la pesée des refus. Durant les 7 derniers jours de chaque période, les chèvres étaient sur une litière de copeaux de bois pour éviter l'ingestion de paille.

En plus du foin multi-espèces séché en grange (seul fourrage de la ration), les chèvres ont reçu chaque jour individuellement 700 g d'un mélange autoproduit de graines entières (65 % orge, 20 % féverole, 11 % avoine, 4 % vesce) et 200 g d'un concentré granulé de mélange à 30 % de MAT. Ces derniers étaient distribués en salle de traite (450 g/traites) afin d'éviter toute altération du comportement d'ingestion du fourrage à l'auge due à la consommation de concentré. Elles ont également reçu un complément minéral et vitaminique (20 g/chèvre) distribué individuellement lors de la traite du soir. Elles avaient aussi accès en permanence à de l'eau de boisson et un bloc de sel à lécher.

Dispositif d'auges individuelles (MoSAR, essai F1)



Dispositif d'auges collectives (FERLus, essai F2)



Dispositif d'auges collectives (Le Pradel, essai F3)



Dispositif d'auges collectives (Pegase, essai F4)



Figure 1 : Dispositifs expérimentaux des quatre essais garantissant une accessibilité permanente au fourrage sans intervention humaine entre les distributions

Figure 1 : Experimental devices of the four studies allowing a permanent accessibility of feeds without human intervention between feeding times.

Essai F3

Il a été réalisé à la ferme expérimentale du Pradel (07170 Mirabel, France), du 27/05/2022 au 08/07/2022. Deux traitements ont été comparés, consistant à distribuer du foin de luzerne de troisième coupe soit deux fois, soit trois fois par jour (traitements 2D et 3D, respectivement). Le foin de luzerne a été distribué à 07:30 h et 16:30 h pour le traitement 2D (50 % de la quantité journalière par distribution), et à 08:00 h, 12:00 h et 17:00 h pour le traitement 3D (environ 25 %, 25 % et 50 % de la quantité totale, respectivement).

L'essai a été réalisé sur 96 chèvres Alpine en milieu de lactation, dont les caractéristiques moyennes sont indiquées au Tableau 1. Deux groupes homogènes de 48 chèvres, dont 14 primipares et 34 multipares) ont été constitués sur la base de leurs caractéristiques (parité, stade de lactation, poids vif, production et composition du lait), mesurées lors d'une période de référence de 12 jours du 09/05/2022 au 20/05/2022, durant laquelle toutes les chèvres étaient en lot unique au pâturage pendant 7 à 10 h/jour, et recevaient 800 g de concentrés. La transition alimentaire (arrêt du pâturage pour distribution de la luzerne en fourrage unique) a été réalisée en une semaine, entre la fin de la période de référence et le début de l'essai. Ensuite, chacun des lots a reçu successivement les traitements 2D et 3D, au cours de 3 périodes successives de 2 semaines chacune, selon un schéma en inversion ABA-BAB. Les mesures collectées des 4 derniers jours de chaque période ont été utilisées pour les analyses statistiques (voir ci-dessous). Les lots physiques de 48 chèvres sont restés séparés durant toute la durée de l'essai.

Les chèvres étaient traitées deux fois par jour, à 06:30 h et à 16:00 h. Le foin refusé a été enlevé chaque matin à 06:30 h et pesé. La quantité à offrir pour chaque lot a été calculée quotidiennement pour atteindre environ 10 % de refus (quantité offerte du jour_n = quantité ingérée du jour_{n-1} / 0,90). Le foin était distribué par lot dans des auges collectives (Figure 1), permettant aux chèvres d'avoir accès en permanence à la totalité du fourrage offert sans aucune intervention humaine, ne nécessitant donc aucune manipulation ni repousse de fourrage jusqu'à la pesée des refus.

En plus du foin de luzerne (seul fourrage de la ration), les chèvres ont reçu chaque jour 250 g de concentré granulé de mélange à 26 % de MAT et 250 g de maïs grain (9 % de MAT) distribués individuellement dans un distributeur automatique de concentré (DAC), ainsi que 240 g de maïs distribué en individuel en salle de traite à raison de 120 g par traite, plus 15 g de minéraux par chèvre distribués dans l'auge en collectif. Elles avaient aussi accès en permanence à de l'eau de boisson et à des blocs de sel à lécher.

Essai F4

Il a été réalisé à la ferme expérimentale INRAE de Méjusse (35750 Le Rheu, France, <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>), du 28/03/2022 au 03/06/2022. Deux traitements ont été comparés, consistant à affourager à l'auge l'herbe verte soit une fois, soit deux fois par jour (traitements 1D ou 2D, respectivement). L'herbe verte a été distribuée le matin à 10:00 h (traitements 1D et 2D) et le soir à 17:30 h (traitement 2D).

L'essai a été réalisé sur 24 chèvres Alpine en milieu de lactation, dont les caractéristiques moyennes sont indiquées au Tableau 1. Deux groupes homogènes de 12 chèvres ont été constitués sur la base de leurs caractéristiques (parité, stade de lactation, poids vif, production et composition du lait), mesurées lors d'une période de référence de 14 jours du 28/03/2022 au 10/04/2022, durant laquelle toutes les chèvres étaient alimentées en lot unique à volonté avec une ration à base de foin de graminées et de concentrés. Ensuite, chacun des lots a reçu successivement les traitements 1D et 2D, au cours de 3 périodes successives de 2 semaines chacune, selon un schéma en inversion ABA-BAB. Dans chaque période, la première semaine est considérée comme une semaine d'habituation des animaux au nouveau traitement, la seconde semaine comme la semaine des mesures pour les analyses statistiques (voir ci-dessous). Les lots physiques de 12 chèvres sont restés séparés durant toute la durée de l'essai.

Les chèvres étaient traitées deux fois par jour, entre 06:30 h et 07:00 h le matin, et entre 16:30 h et 17:00 h le soir. La totalité de l'herbe refusée a été enlevée chaque matin à 09:00 h et pesée. La quantité à offrir de chaque fourrage pour chaque lot a été calculée quotidiennement pour atteindre environ 10 % de refus (quantité offerte du jour_n = quantité ingérée du jour_{n-1} / 0,90), en tenant compte des variations inter-journalières de la teneur en MS de l'herbe pour ajuster les quantités brutes à distribuer (mesure au four à micro-ondes). L'herbe était distribuée par lot dans des auges collectives spécifiques (Figure 1), permettant aux chèvres d'avoir accès en permanence à la totalité du fourrage offert sans aucune intervention humaine, ne nécessitant donc aucune manipulation ni repousse de fourrage jusqu'à la pesée des refus.

En plus de l'herbe verte (seul fourrage de la ration), les chèvres ont reçu chaque jour 500 g de concentré granulé à base de maïs grain (10 % de MAT), distribué en individuel en salle de traite à raison de 250 g par traite, 20 g de minéraux par chèvre distribués le matin à 6 h en collectif (distributeur mobile sur rail au-dessus des auges), et avaient accès en permanence à de l'eau de boisson, un bloc de sel et un bloc d'oligo-éléments à lécher. L'herbe verte affouragée était fauchée avec une machine de type Haldrup une fois par jour le matin vers 8 h, et pesée en bacs pour la distribution du matin et pour celle du soir.

2.2 Mesures expérimentales

L'ingestion (kg MS/jour) a été mesurée à l'échelle individuelle grâce aux portillons dans l'essai F1, ou à l'échelle du lot dans les 3 autres essais. La quantité ingérée a été mesurée chaque jour par différence entre la quantité offerte dans l'auge, la quantité refusée dans l'auge, et la quantité gaspillée, soit hors de l'auge individuelle (essai F1) soit sur la litière (essais F2, F3, F4). Les quantités brutes ont été obtenues par pesée quotidienne. La quantité gaspillée sur la litière a été estimée deux jours par période et par lot, par récupération directe des fourrages sur la litière ou au sol. Les teneurs en MS des aliments offerts et refusés ont été déterminées par séchage de 48 h à 60°C en étuve ventilée, de manière à pouvoir calculer toutes les quantités en MS. La fréquence d'échantillonnage était variable selon les essais et le type d'aliments. L'herbe verte a été échantillonnée chaque jour (2 mesures par jour), les fourrages conservés secs et humides 3 à 5 jours la dernière semaine de chaque période selon les essais, et les concentrés 3 jours la dernière semaine de chaque période. Les analyses chimiques des aliments offerts (MM, N total, NDF, ADF et ADL) ont été déterminées selon les méthodes décrites par Charpentier *et al.* (2019). Dans l'essai F1, pour les fourrages conservés humides, les teneurs en MS et les quantités de MS ingérées n'ont pas été corrigées des pertes de produits volatils lors du séchage en étuve, qui n'ont pas été mesurées. L'ingestion réelle de MS est donc probablement légèrement sous-estimée pour ces aliments (Dulphy et Demarquilly, 1981). La composition chimique des différents aliments distribués dans chacun des essais est décrite dans le Tableau 2.

La production laitière a été mesurée individuellement par des compteurs à lait (essais F1 et F4) ou par des automates de mesure

Lactocorder® (essais F2 et F3). La production a été enregistrée chaque jour de l'essai, matin et soir (essais F1 et F4), ou bien 4 jours consécutifs en fin de chaque période (essai F2), ou bien seulement 2 jours consécutifs en fin de chaque période (essai F3). Les taux protéique et butyreux du lait ont été déterminés individuellement, matin et soir, par une analyse en spectrophotométrie moyen infra-rouge, soit durant les 4 derniers jours de chaque période (essais F1, F2 et F4), soit durant les 2 jours de mesure de la production laitière (essai F3). Le poids vif a été mesuré par pesée avant chaque traite (essai F1), ou une fois par période et par chèvre, le matin du dernier jour de chaque période, après la traite et avant le premier repas (essais F2, F3 et F4).

Le comportement des chèvres a été déterminé dans les essais F3 et F4. Dans les deux essais, des enregistrements vidéo ont été réalisés en continu grâce à des caméras haute-définition grand angle et à vision nocturne infra-rouge, fixées au-dessus de chaque lot. Une (essai F3) ou deux (essai F4) journées consécutives par lot en dernière semaine de chaque période ont été analysées par visionnage des vidéos a posteriori. Dans les deux essais, le dépouillement a consisté à noter, par scan-sampling toutes les 5 min de 06:00 h à minuit, et toutes les 10 min de minuit à 06:00 h, le nombre de chèvres en train de manger (tête dans le cornadis) et le nombre de chèvres couchées. Rapporté au temps d'observation (5 ou 10 min) et au nombre de chèvres du lot, le temps moyen passé à ingérer par heure (pour déterminer une cinétique d'ingestion au cours du nyctémère), puis par jour (pour déterminer la durée totale journalière), a été calculé. À partir de la quantité ingérée (kg MS/jour) et du temps passé à ingérer (min/jour), la vitesse d'ingestion moyenne (g MS/h) a été calculée par lot et par période.

Tableau 2 : Composition chimique moyenne des aliments offerts dans les 4 essais (F1 à F4)

Table 2: Mean chemical composition of offered feeds in each trial (F1 to F4)

Essai	Aliment	MS g/kg	MM g/kg MS	MAT g/kg MS	NDF g/kg MS	ADF g/kg MS	ADL g/kg MS	CB g/kg MS
F1	Ensilage de maïs	366	36	67	394	211	25	-
	Foin de graminées	914	69	70	651	388	55	-
	Luzerne déshydratée	924	112	140	567	423	100	-
	Pulpes de betterave	301	82	81	535	250	30	-
	Concentré de mélange	924	94	284	388	164	56	-
	Orge	908	26	114	351	61	20	-
F2	Foin séché en grange	903	71	123	453	266	29	6
	Concentré de mélange	890	102	322	357	186	-	-
	Concentré céréales/ protéagineux	900	35	174	194	75	-	-
F3	Foin de luzerne	890	78	166	-	-	-	367
	Maïs grain	900	13	79	-	-	-	16
	Concentré de mélange	911	76	268	-	-	-	83
F4	Herbe verte	238	80	102	493	250	18	-
	Maïs grain ^a	877	36	99	123	35	4	-

^a97 % maïs grain, 3 % mélasse

2.3 Analyses statistiques

Les données journalières disponibles des 7 derniers jours de chaque période ont été moyennées par lot et par période (ingestion pour les essais F2, F3 et F4, comportement pour les essais F3 et F4) ou par chèvre (ingestion pour l'essai F1, poids vif, production et composition du lait pour les 4 essais) avant les analyses statistiques. Le modèle d'analyse statistique a été identique pour tous les essais, et a pris en compte 3 facteurs, à savoir les effets lot (pour les données mesurées en lot) ou chèvre (pour les données mesurées en individuel), période et traitement (SAS 9.2 Institute Inc., Cary, Caroline du Nord, États-Unis). Pour l'essai F1, l'effet du traitement a été décomposé en 3, à savoir l'effet du type de ration, l'effet de la fréquence de distribution, et l'interaction entre ces deux facteurs. Dans cet essai, les chèvres ayant été réparties durant tout l'essai dans un des deux types de ration, l'effet du type de ration a été testé par rapport à la résiduelle « chèvre » et pas par rapport à la résiduelle du modèle. Les moyennes ajustées issues des analyses de variance par traitement et par essai sont présentées dans les tableaux 3 à 6.

3. Résultats

3.1 Essai F1

La proportion de refus dans l'auge a été légèrement supérieure sur la ration Maïs que sur la ration Pulpes (18 % vs. 15 %, P < 0,05), et plus élevée avec trois distributions qu'avec deux distributions

(19 % vs. 14 %, P < 0,001), sans interaction entre le type de régime et la fréquence de distribution (Tableau 3). L'ingestion de ration complète a été plus élevée sur la ration Pulpes que sur la ration Maïs (3,67 vs. 3,25 kg MS/jour, P < 0,001), mais n'a pas varié avec la fréquence de distribution des rations. Le poids vif n'a pas varié entre traitements. La production laitière a été plus élevée sur la ration Pulpes que sur la ration Maïs (3,80 vs. 3,30 kg/jour, P < 0,05), et avec trois distributions qu'avec deux distributions (3,58 vs. 3,52 kg/jour, P < 0,05), sans interaction entre le type de ration et la fréquence de distribution (Tableau 3). Le taux butyreux a été plus élevé sur la ration Maïs que sur la ration Pulpes (33,9 vs. 31,4 g/kg de lait, P < 0,05). Sur la ration Maïs uniquement, il a été plus faible avec trois qu'avec deux distributions (-0,9 g/kg de lait, interaction régime × fréquence de distribution : P < 0,05). Le taux protéique a été légèrement plus élevé avec trois distributions qu'avec deux distributions (31,7 vs. 31,3 g/kg de lait, P < 0,05). La production laitière standardisée a eu tendance à être plus élevée sur la ration Pulpes que sur la ration Maïs (3,63 vs. 3,25 kg/jour, P < 0,10), et avec trois distributions qu'avec deux distributions (3,46 vs. 3,42 kg/jour, P < 0,10).

Tableau 3 : Effets de la fréquence de distribution de la ration complète sur l'ingestion, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière (essai F1)

Table 3: Effects of the feeding frequency of the total mixed ration on daily intake, body weight, milk production and composition in dairy goats (trial F1)

Variable	Ration Pulpes		Ration Maïs		Effets (P)			
	2 D	3 D	2 D	3 D	etr	R	D	R × D
Proportion refus auge	0,127	0,181	0,158	0,201	0,0297	0,047	0	0,434
Proportion de gaspillé litière	0,025	0,021	0,034	0,039	0,0126	0,084	0,835	0,079
Ingestion totale (kg MS/j)	3,67	3,67	3,27	3,23	0,146	0,001	0,544	0,634
Poids vif (kg)	63,2	63,2	61,2	61,6	0,82	0,444	0,205	0,412
Production laitière (kg/j)	3,76	3,83	3,27	3,32	0,126	0,02	0,033	0,76
Taux butyreux (g/kg de lait)	31,3	31,4	34,3	33,4	1,04	0,034	0,061	0,026
Taux protéique (g/kg de lait)	31,2	31,4	31,5	31,8	0,48	0,643	0,026	0,591
Production laitière standardisée (kg/j)	3,59	3,66	3,24	3,26	0,121	0,081	0,079	0,306

R = type de ration ; D = nombre de distributions ; etr = écart-type résiduel ; P = seuil de probabilité

3.2 Essai F2

La proportion de foin refusé dans l'auge n'a pas varié avec la fréquence de distribution (11 % de refus en moyenne) (Tableau 4). La proportion de foin gaspillé sur la litière a diminué linéairement lorsque la fréquence de distribution a augmenté, à raison d'environ 0,01 par distribution supplémentaire ($P < 0,05$). Au final, l'ingestion de foin (2,22 kg MS/jour), l'ingestion totale (3,01 kg MS/jour) et la production laitière (2,85 kg/jour) n'ont pas varié avec la fréquence de distribution. Le poids vif, mesuré le matin, et le taux butyreux du lait, ont été légèrement plus élevés avec une seule distribution par jour qu'avec deux ou trois distributions par jour (+ 0,7 kg, $P < 0,001$, et + 1,1 g/kg de lait, $P < 0,001$, respectivement). Le taux protéique du lait et la production laitière standardisée ont été légèrement plus faibles avec deux distributions par jour qu'avec une ou trois distributions par jour (- 0,3 g/kg de lait, $P < 0,05$, et - 0,1 kg/jour, $P < 0,05$, respectivement) (Tableau 4).

3.3 Essai F3

La proportion de foin de luzerne refusé (12 % en moyenne) n'a pas varié entre les traitements. L'ingestion de foin (2,82 kg MS/jour) et l'ingestion totale (3,50 kg MS/jour) ont été très élevées, et n'ont pas varié significativement entre deux et trois distributions par jour

(Tableau 5). C'est également le cas pour la production laitière (3,94 kg/jour), le taux butyreux (29,7 g/kg de lait), le taux protéique (30,7 g/kg de lait) et la production laitière standardisée (3,64 kg/jour).

Les chèvres ont passé le même temps à ingérer (344 min/jour) et le même temps passé couché (769 min/jour), quelle que soit la fréquence de distribution, avec, au final, une vitesse d'ingestion de foin identique entre traitements (495 g MS/h) (Tableau 5). En revanche, la répartition journalière des activités d'ingestion a été modifiée par la fréquence de distribution du foin (Figure 2).

Dans les deux traitements, les chèvres ont montré un gros pic d'activité d'ingestion après chaque distribution. Mais avec trois distributions, le premier repas du matin a été plus court qu'avec 2 distributions. Les chèvres du traitement 2D n'ont eu aucune reprise d'ingestion à midi, lorsque les chèvres du traitement 3D ont eu leur deuxième distribution de la journée. Au final, le temps passé à ingérer entre 08:00 h et 16:00 h a été identique. La cinétique d'ingestion lors du repas du soir a été identique entre les traitements. La proximité des lots n'a pas altéré le comportement à l'auge. En effet le lot 2D n'a montré aucune activité particulière lorsque seul le lot 3D se voyait distribuer du fourrage.

Tableau 4 : Effets de la fréquence de distribution (D) du foin séché en grange sur l'ingestion, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière (essai F2)
Table 4: Effects of the feeding frequency of the barn-dried multispecies hay on daily intake, body weight, milk production and composition in dairy goats (trial F2)

Variable	1 D	2 D	3 D	etr	Effet (P)
Proportion de foin refusé (auge)	0,103	0,105	0,120	0,0096	0,179
Proportion de foin gaspillé (litière)	0,036 ^a	0,023 ^b	0,017 ^b	0,0038	0,012
Foin ingéré (kg MS/j)	2,18	2,24	2,25	0,075	0,539
Ingestion totale (kg MS/j)	2,96	3,02	3,04	0,066	0,446
Poids vif (kg)	62,1 ^a	61,3 ^b	61,6 ^b	1,13	0,001
Production laitière (kg/j)	2,85	2,82	2,87	0,172	0,280
Taux butyreux (g/kg de lait)	35,3 ^a	34,1 ^b	34,3 ^b	1,46	0,001
Taux protéique (g/kg de lait)	35,6 ^{ab}	35,4 ^a	35,7 ^b	0,60	0,016
Production laitière standardisée (kg/j)	2,96 ^a	2,88 ^b	2,94 ^a	0,185	0,046

D = nombre de distributions ; etr = écart-type résiduel ; P = seuil de probabilité

Tableau 5 : Effets de la fréquence de distribution (D) de foin de luzerne (FL) sur l'ingestion, le comportement, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière (essai F3)

Table 5: Effects of the feeding frequency of the lucerne hay on daily intake, feeding behaviour, body weight, milk production and composition in dairy goats (trial F3)

Variable	2 D	3 D	etr	Effet (P)
Proportion de foin refusé (auge)	0,119	0,122	0,0056	0,702
Ingestion de foin (kg MS/j)	2,85	2,79	0,102	0,654
Ingestion totale (kg MS/j)	3,52	3,47	0,102	0,654
Durée d'ingestion du foin (min/j)	347	339	18,5	0,701
Durée passée couché (min/j)	760	778	24,1	0,532
Vitesse d'ingestion du foin (g MS/h)	492	499	7,3	0,482
Poids vif (kg)	58,4	58,5	1,43	0,464
Production laitière (kg/j)	3,93	3,94	0,268	0,714
Taux butyreux (g/kg de lait)	29,8	29,5	1,55	0,231
Taux protéique (g/kg de lait)	30,7	30,6	0,69	0,303
Production laitière standardisée (kg/j)	3,64	3,63	0,244	0,882

D = nombre de distributions ; etr = écart-type résiduel ; P = seuil de probabilité)

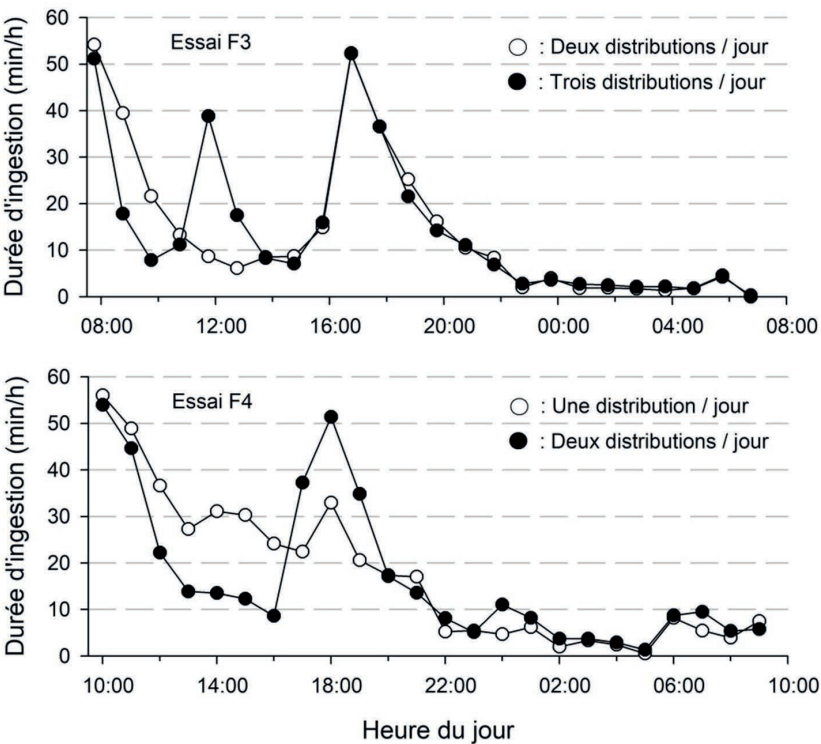


Figure 2 : Effet de la fréquence de distribution du fourrage sur la cinétique d'ingestion journalière des chèvres laitières. Essai F3 : foin de luzerne, Essai F4 : herbe affourragée en vert

Figure 2: Effect of the feeding frequency of the forage or the total mixed rations on daily pattern of feeding behaviour in dairy goats. Study F3: lucerne hay, study F4: cut-and-carry fresh grass

Dans les deux traitements, les chèvres ont montré un gros pic d'activité d'ingestion après chaque distribution. Mais avec trois distributions, le premier repas du matin a été plus court qu'avec 2 distributions. Les chèvres du traitement 2D n'ont eu aucune reprise d'ingestion à midi, lorsque les chèvres du traitement 3D ont eu leur deuxième distribution de la journée. Au final, le temps passé à ingérer entre 08:00 h et 16:00 h a été identique. La cinétique d'ingestion lors du repas du soir a été identique entre les traitements. La proximité des lots n'a pas altéré le comportement à l'auge. En effet le lot 2D n'a montré aucune activité particulière lorsque seul le lot 3D se voyait distribuer du fourrage.

3.4 Essai F4

La proportion d'herbe verte refusée dans l'auge (14 % en moyenne) et la proportion d'herbe gaspillée sur la litière (1,8 % en moyenne) n'ont pas varié entre traitements (Tableau 6). L'ingestion d'herbe (1,76 kg MS/jour) et l'ingestion totale (2,16 kg MS/jour) ont été assez faibles, et n'ont pas varié entre une ou deux distributions par jour. C'est également le cas pour la production laitière (2,58 kg/ jour), le taux butyreux (34,1 g/kg de lait), le taux protéique (27,4 g/ kg de lait) et la production laitière standardisée (2,49 kg/jour).

La durée d'ingestion d'herbe (423 min/jour), le temps passé couché (740 min/jour) et la vitesse d'ingestion d'herbe (238 g MS/h) n'ont pas varié avec la fréquence de distribution (Tableau 6). La répartition journalière de l'ingestion a varié avec la fréquence de distribution de l'herbe (Figure 2). Avec une seule distribution par jour (le matin), l'activité d'ingestion moyenne a été continue durant toute la phase diurne, avec un fort taux d'activité durant au

moins les deux premières heures suivant la distribution, puis une réduction lente et régulière de la durée d'ingestion par heure, avec environ 30 min/h d'ingestion, soit 50 % des chèvres en ingestion durant tout l'après-midi. Avec deux distributions, l'activité a aussi été très forte durant les deux premières heures suivant la première distribution, mais avec un taux d'activité assez faible durant l'après-midi (10-15 min/h en moyenne, soit environ 20 % des chèvres en ingestion). La distribution du soir a entraîné une forte reprise de l'activité d'ingestion, durant 2 à 3 h, qui a compensé la plus faible activité d'ingestion de l'après-midi par rapport aux chèvres n'ayant eu qu'une distribution le matin.

4. Discussion

4.1 La fréquence de distribution n'affecte ni l'ingestion ni la production laitière des chèvres

L'ingestion de fourrages ou de rations complètes, offerts à volonté, n'a été modifiée par la fréquence de distribution des rations dans aucun des 4 essais de cette étude. Ce type d'étude n'avait pas encore été réalisé sur chèvres laitières en lactation, notamment avec des fréquences de distribution cohérentes avec des pratiques d'éleveurs caprins (1 à 3 distributions par jour, Fança *et al.*, 2025). Il confirme la très grande majorité des études réalisées sur les ovins ou les bovins adultes sur ce sujet. Chez le mouton nourri à base de foin de graminées, distribuer le fourrage une ou deux fois par jour n'a pas affecté l'ingestion journalière (Dulphy *et al.*, 1988). Toujours chez le mouton, le même résultat a été observé en comparant 2 et 4 distributions quotidiennes d'herbe verte (Assoumaya *et al.*, 2009),

Tableau 6 : Effets de la fréquence de distribution (D) d'herbe verte (HV) sur l'ingestion, le comportement, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière (essai F4, Pegase)

Table 6: Effects of the feeding frequency of the fresh herbage on daily intake, feeding behaviour, body weight, milk production and composition in dairy goats (trial F4)

Variable	1 D	2 D	etr	Effet (P)
Proportion HV refusée (auge)	0,144	0,137	0,0068	0,443
Proportion HV gaspillée (litière)	0,023	0,012	0,0052	0,262
Ingestion HV (kg MS/j)	1,75	1,77	0,008	0,35
Ingestion totale (kg MS/j)	2,15	2,16	0,008	0,35
Durée d'ingestion de l'HV (min/j)	443	403	33,1	0,394
Durée passée couché (min/j)	732	749	21,2	0,524
Vitesse d'ingestion de l'HV (g MS/h)	227	248	22,8	0,48
Poids vif (kg)	52,9	53,4	1,16	0,138
Production laitière (kg/j)	2,59	2,57	0,206	0,716
Taux butyreux (g/kg de lait)	34,1	34,0	1,58	0,854
Taux protéique (g/kg de lait)	27,6	27,2	1,1	0,169
Production laitière standardisée (kg/j)	2,5	2,47	0,228	0,727

1 à 3 distributions quotidiennes d'ensilage de sorgho (Ribeiro *et al.*, 2009), ou 2 et 8 distributions quotidiennes d'ensilage de luzerne (Charmley *et al.*, 1991). Chez la génisse ou la vache laitière, l'effet de la fréquence de distribution des rations ou des fourrages a souvent été étudié, allant de 1 à 8 distributions quotidiennes. Aucune étude n'a observé d'effet positif d'une augmentation de la fréquence de distribution sur l'ingestion journalière, la production laitière ou la composition du lait (Nocek et Braud, 1985 ; Robinson et Sniffen, 1985 ; Klusmeyer *et al.*, 1990 ; Mäntysaari *et al.*, 2006 ; Robles *et al.*, 2007 ; Hart *et al.*, 2014). Mäntysaari *et al.* (2006) ont même observé une réduction de l'ingestion de 1 kg MS/j, soit 5 %, avec 5 distributions par jour, comparativement à 1 distribution par jour, mais sans effet sur la production laitière.

Plusieurs études sur la fréquence de distribution ont été conduites chez le très jeune chevreau, avec des résultats contradictoires. Dans l'étude de Bawala *et al.* (2009), les chevreaux de race Red Sokoto ont fortement augmenté leur ingestion de *Panicum maximum* (à 9 % de MAT) entre 1 vs. 2 ou 3 distributions par jour, mais avec une confusion probable liée à la dose de concentrés variable selon les traitements et au faible nombre d'animaux (3 lots de 7 chevreaux sans inversion). Ahmad *et al.* (2014) ont également trouvé une augmentation de l'ingestion et du gain de poids de chevreaux de race Beetal entre 2 et 4 distributions par jour d'une ration à base de paille de riz (de teneur en MAT inconnue), également avec peu d'animaux (3 lots de 6 chevreaux sans inversion). Enfin, sur une ration à base de foin de luzerne et d'ensilage de maïs, Nazari *et al.* (2019) ont observé une diminution significative mais faible (-2 %) de l'ingestion de chevreaux de race Mahabadi en augmentant la fréquence de distribution de 2 à 4 par jour. De plus, dans la plupart de ces essais, rien n'est précisé sur d'éventuels écarts de pourcentage de refus entre traitements. Ces études sur chevreaux ne permettent donc pas vraiment de déterminer si les chevreaux seraient plus sensibles que les chèvres adultes à la fréquence de distribution des rations ou des fourrages.

Dans nos essais, mis à part pour l'essai F1 où l'ingestion est mesurée individuellement, la puissance statistique du dispositif expérimental était faible concernant l'effet de la fréquence de distribution sur l'ingestion, en raison de la mesure en lots, mais les écarts en valeur absolue et en valeur relative entre traitements sont toujours restés très faibles (de - 1,5 % à + 3,7 % selon les essais). De plus, ces résultats sont en parfaite cohérence avec l'absence d'effet significatif de la fréquence de distribution sur la production laitière, toujours mesurée individuellement, donc avec une puissance statistique élevée. Dans l'essai F1, il est difficile d'expliquer la petite augmentation de production laitière en passant de 2 à 3 distributions par jour, mais cet effet reste très modéré (+60 g/j en moyenne, soit +1,7 %). De même, des variations de taux ont pu être observées entre fréquences de distribution grâce à la puissance du dispositif expérimental, mais restent de très faible ampleur sur un plan biologique (écart maximal de 1,1 g/kg de lait pour le taux butyreux et de 0,3 g/kg de lait pour le taux protéique).

4.2 Chaque distribution des fourrages stimule le démarrage d'un nouveau repas, mais sans effet sur la durée d'ingestion totale

L'absence d'effet de la fréquence de distribution sur la durée totale journalière passée à ingérer, ou sur le temps passé couché, est en bonne cohérence avec l'absence d'effet sur l'ingestion et sur la production laitière. Elle est aussi en bonne cohérence avec les données de la littérature, qui ne montre aucun effet de la fréquence de distribution sur la durée d'ingestion, la durée de rumination ou la durée de repos, chez les bovins (Mäntysaari *et al.*, 2006 ; Robles *et al.*, 2007) et les ovins (Assoumaya *et al.*, 2009 ; Ribeiro *et al.*, 2011 ; Saldanha *et al.*, 2021). Aucune donnée sur le comportement des chèvres nourries à volonté avec des fréquences d'alimentation variables n'a pu être trouvée dans la littérature. En revanche, nos résultats montrent clairement que la chèvre, comme les ovins et les bovins, est stimulée à démarrer un repas à chaque nouvelle distribution, alors même qu'il restait encore du fourrage disponible et accessible dans l'auge, modifiant la répartition journalière des activités d'ingestion (Ulyatt *et al.*, 1984 ; Nocek et Braund, 1985 ; Dulphy *et al.*, 1988). Le fait que le rythme de distribution affecte l'organisation des repas à court terme (l'heure, la demi-journée), sans affecter la durée totale d'ingestion ni la quantité ingérée à l'échelle du jour ou de la semaine, montre bien que la régulation de l'ingestion à moyen terme, intégrant les signaux post-ingestifs, est déterminante sur les signaux et comportements à court terme (Faverdin *et al.*, 1995). Ceci est rassurant sur le concept de capacité d'ingestion et d'ingestion volontaire, qui semble bien ici indépendants de la fréquence de distribution. Il ne semble donc pas possible de stimuler la chèvre à ingérer davantage en lui distribuant plus fréquemment sa ration ou ses fourrages. À l'inverse, il semble donc possible de réduire fortement la fréquence de distribution quotidienne sans pénaliser les performances laitières, dans la mesure où cela est possible techniquement (système d'auge de volume suffisant et permettant un accès permanent au fourrage), en veillant à limiter le gaspillage de fourrage.

5. Conclusion

Cette étude a bien montré, sur des rations ou des fourrages très divers (foin de luzerne, foin ventilé de prairies multi-espèces, herbe verte affourragée, rations complètes à base d'ensilage de maïs ou de pulpes de betterave), que la fréquence de distribution des fourrages n'influe ni l'ingestion quotidienne ni la production laitière des chèvres en lactation, pourvu que le fourrage soit accessible en quantité suffisante et en permanence. Les chèvres sont bien stimulées à démarrer un nouveau repas à chaque nouvelle distribution, mais ni la durée d'ingestion journalière, ni la vitesse d'ingestion moyenne du fourrage ne sont affectées par la fréquence de distribution. Il semble donc possible de simplifier les pratiques de distribution des fourrages sans affecter les performances des chèvres laitières, si les conditions et le matériel d'élevage le permettent.

Remerciements

Ces travaux de recherche ont été financés par l'Institut Carnot France Futur Elevage, dans le cadre du projet MaxForGoat. Nous remercions vivement toutes les personnes des quatre fermes expérimentales (Grignon, MoSAR ; le Pradel, EPLEFPA Olivier de Serres ; Lusignan, FERLus ; Méjusseaume, PEGASE) pour leur forte implication dans l'organisation, la conduite des essais, les mesures et les soins apportés aux animaux, les techniciennes et techniciens de laboratoire pour les analyses chimiques des aliments, ainsi que Julian Belz (PEGASE), Colas Nivelles (FERLus), Jeanne Lassalle et Rémi Bettendorff (Le Pradel), stagiaires ayant assuré le suivi des essais et le dépouillement des données.

Références bibliographiques

Ahmad N., Ali A., Abdullah M., Khalique A. (2014). Effect of feeding frequency on the growth performance of Beetal goat kids during winter season. *J. Anim. Plant Sci.*, 24 (Suppl. 1), 73-76.

Assoumaya C., Sauvans D., Pommier F., Boval M., Calif V., Archimède H. (2009). Effect of frequency of meals on intake and digestion of tropical grass consumed by rams. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 22, 72-81. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80067>

Bawala T.O., Akinsoyinu A.O., Eniolorunda O.O., Aina A.B.J., Ogun M.O. (2009). Influence of feeding frequency on changes in body measurements and carcass characteristics of Red Sokoto Goats. *Nigerian J. Anim. Prod.*, 36, 325-334. <https://doi.org/10.51791/njap.v36i2.1397>

Bluet B., Caillat H., Boyer C., Puillet L., Fança B., Delagarde R. (2024). Impacts des modalités de distribution des fourrages sur leur valorisation chez la chèvre laitière : une approche combinée entre acteurs du terrain et de la recherche. *Renc. Rech. Rumin.*, 27, 501-504.

Brun-Bellut J., Abdul-Ahad N., Vignon B. (1987). Effet du jeûne et de la fréquence de distribution des repas sur les variations de l'urémie et du taux d'urée du lait chez la chèvre laitière. *Reprod. Nutr. Develop.*, 27(1B), 275-276.

Charmley E., Veira D., Butler G., Aroeira L., Codagnone H. (1991). The effect of frequency of feeding and supplementation with sucrose on ruminal fermentation of alfalfa silage given ad-libitum or restricted to sheep. *Canadian J. Anim. Sci.*, 71, 725-737. <https://doi.org/10.4141/cjas91-088>

Charpentier A., Caillat H., Gastal F., Delagarde R. (2019). Intake, milk production and grazing behaviour responses of strip-grazing dairy goats to daily access time to pasture and to dehydrated lucerne supplementation. *Livest. Sci.*, 229, 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.019>

Delagarde R., Puillet L., Caillat H., Boyer C., Bluet B. (2025). Ordre de distribution de deux fourrages chez la chèvre: effets sur l'ingestion, la production et le comportement. *Fourrages*, 261, ce volume.

Dulphy J.P., Demarquilly C. (1981). Problèmes particuliers aux ensilages. In : Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, Ed. INRA Publications, Versailles, 81-104.

Dulphy J., Elmeddahi Y., Baumont R. (1988). Ingestive activities and diurnal rumen content variations in sheep as affected by feeding frequency. *Reprod. Nutr. Develop.*, 28(4A), 919-929.

Fança B., Couvet R., Dufour V., Gentil E., Lictevout V., Bluet B. (2025). Comprendre les pratiques des éleveurs en termes de distribution des fourrages chez les chèvres laitières. *Fourrages*, 261, ce volume.

Farooq M., Abdullah M., Ahmad N. (2017). Effect of feeding frequency on dry matter intake weight gain feed conversion efficiency and its relation with body measurements in lohri lambs. *Pak. J. Agric. Sci.*, 54, 689-692.

Faverdin P., Baumont R., Ingvarsten K.L. (1995). Control and prediction of feed intake in ruminants. In : Recent developments in the nutrition of

herbivores. Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. (eds M. Journet, E. Grenet, M.H. Farce, M. Thériez and C. Demarquilly), pp. 95-120. INRA Editions, Versailles.

Guyard R., Delagarde R., Puillet L., Boyer C., Bluet B., Caillat H. (2025). Prévision de la composition chimique du fourrage ingéré par des chèvres selon sa nature et le niveau de refus. *Fourrages*, 261, ce volume.

Hart K.D., McBride B.W., Duffield T.F., DeVries T.J. (2014). Effect of frequency of feed delivery on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 97, 1713-1724. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7504>

Keskin M., Gul S., Şahin A., Kaya S., Duru M., Görgülü Ö., Şahinler S., Biçer O. (2007). Effects of feed refreshing frequency on growth and carcass characteristics of Awassi lambs. *South African J. Anim. Sci.*, 37, 248-255. <https://doi.org/10.4314/sajas.v37i4.4097>

Klusmeyer T.H., Cameron M.R., McCoy G.C., Clark J.H. (1990). Effects of feed processing and frequency of feeding on ruminal fermentation, milk production, and milk composition. *J. Dairy Sci.*, 73, 3538-3543. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)79053-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)79053-4)

Mäntysaari P., Khalili H., Sariola J. (2006). Effect of feeding frequency of a total mixed ration on the performance of high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 89, 4312-4320. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72478-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72478-X)

Nazari S.A., Ganjkanlou M., Bahnamiri H.Z. (2019). Effects of Omega-3 fatty acid supplement and feeding frequency on insulin sensitivity and carcass characteristics in Mahabadi goat kids. *Small Rumin. Res.*, 172, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.12.010>

Nocek J.E., Braund D.G. (1985). Effect of feeding frequency on diurnal dry matter and water consumption, liquid dilution rate, and milk yield in first lactation. *J. Dairy Sci.*, 68, 2238-2247. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81096-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81096-1)

Ribeiro E.L.A., Mizubuti I.Y., Silva L.D.F., Paiva F.H.P., Sousa C.L., Castro F.A.B. (2011). Performance, ingestive behavior and carcass characteristics of feedlot lambs submitted to different feeding frequencies. *Rev. Brasil. Zootec.*, 40, 892-898. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000400025>

Robinson P.H., Sniffen C.J. (1985). Forestomach and whole tract digestibility for lactating dairy cows as influenced by feeding frequency. *J. Dairy Sci.*, 68, 857-867. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80903-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80903-6)

Robles V., González L.A., Ferret A., Manteca X., Calsamiglia S. (2007). Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.*, 85, 2538-2547. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-739>

Saldanha R.B., dos Santos C.P., Alba D.R., Rodrigues S., Pina S., Cirne L.G.A., Santos S.A., Pires A.J.V., Silva R.R., Tosto M.S.L., Bento S.C., Grimaldi A.B., Becker C.A., de Carvalho G.G.P. (2021). Effect of feeding frequency on intake, digestibility, ingestive behavior, performance, carcass characteristics, and meat quality of male feedlot lambs. *Agriculture*, 11, 776. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080776>

Ulyatt M.J., Waghorn G.C., John A., Reid C.S.W., Monro J. (1984). Effect of intake and feeding frequency on feeding behaviour and quantitative aspects of digestion in sheep fed chaffed lucerne hay. *J. Agric. Sci.*, 102, 645-657. <https://doi.org/10.1017/S0021859600042192>