

ORDRE DE DISTRIBUTION DE DEUX FOURRAGES CHEZ LA CHÈVRE : EFFETS SUR L'INGESTION, LA PRODUCTION ET LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Mise en situation

Afin d'optimiser la gestion des stocks fourragers et équilibrer la ration, de nombreux éleveurs caprins distribuent deux fourrages différents par jour, matin et soir. L'ordre de distribution joue-t-il un rôle sur les quantités ingérées par les chèvres ? Comment s'adaptent-elles aux différences de qualité des deux fourrages et montrent-elles des préférences ?

Résumé

La capacité des chèvres à s'adapter à l'ordre de distribution de deux fourrages différents dans la même journée n'est pas connue, alors que cette pratique est très répandue. Une série de 5 essais, combinant chacun 2 fourrages, ont été conduits pour déterminer les effets de l'ordre de distribution de ces fourrages sur l'ingestion volontaire journalière, la production laitière et le comportement d'ingestion de chèvres laitières Alpine en milieu de lactation. Les combinaisons testées ont été les suivantes : herbe verte et ration semi-complète (ensilage de maïs - tourteau de soja), foin de luzerne de bonne qualité et ensilage de maïs, enrubannage de graminées et foin de luzerne de bonne qualité, foin de luzerne de bonne et de moyenne qualité, et enfin herbe verte et foin de graminées de mauvaise qualité. Dans chaque essai, 24 chèvres ont été étudiées au cours de 3 ou 4 périodes successives, avec 300 à 600 g de concentré par jour selon les essais. Les chèvres ont montré des réactions très différentes selon les combinaisons de fourrages étudiées, avec parfois aucune préférence marquée entre les deux fourrages, et parfois une nette préférence pour l'un des deux fourrages (ratio de 50:50 à 90:10 dans la ration). Un fourrage a toujours été plus ingéré lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin (+53% en moyenne), l'ordre de distribution affectant largement la proportion de chaque fourrage dans la ration. En moyenne, l'ingestion totale a eu tendance à augmenter, mais faiblement, lorsque le fourrage préféré a été distribué le soir, en lien avec un temps d'accès au fourrage plus élevé. Les effets de l'ordre de distribution sur la production laitière ont varié selon les essais, en fonction de l'écart de préférence et de valeur alimentaire entre fourrages, ainsi que des variations d'ingestion totale.

Summary

Feeding order of two forages in goats : effects on intake, production and behaviour

The ability of dairy goats to adapt to the feeding order of two forages within a day is unknown, although this practice is very common. Five trials, each combining two forages, investigated the effects of the feeding order of two forages on voluntary intake, milk production and feeding behaviour of Alpine dairy goats in mid-lactation. The combinations of forages investigated were: fresh grass and partial mixed ration (maize silage and soyabean meal), good-quality lucerne hay and maize silage, grass haylage and good-quality lucerne hay, good-quality and medium quality lucerne hay, fresh grass and low-quality grass hay. In each trial, 24 goats were studied during 3 or 4 successive periods, with 300 to 600 g of concentrate per day according to the trial. Goats responses largely depended on the combinations of forages tested, with sometimes no preference between the two forages, and sometimes a strong preference for one of the two forages (ratio of 50:50 to 90:10 in the diet). A forage was more eaten when fed in the evening than in the morning (+53% on average), feeding order widely affecting the proportion of each forage in the diet. On average, total dry matter intake tended to increase, but only weakly, when the preferred forage was given in the evening, probably thanks to the longer access time than when given in the morning. The effects of the feeding order on milk production varied between trials, in relation with the difference of the preferences and of feeding values between forages, as well as the variations in total dry matter intake.

Auteurs

Rémy Delagarde¹, Hugues Caillat³, Laurence Puillet², 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, choix alimentaire, moment d'accès

Key words

Feeding management, goat, feeding choice, access moment

Références de l'article

Delagarde R., Caillat H., Puillet L., Boyer C., Bluet B. Ordre de distribution de deux fourrages chez la chèvre: effets sur l'ingestion, la production et le comportement alimentaire, 55-68 *Fourrages* 261.

Article accepté pour publication le 12 mars 2025.

1. Introduction

En élevage caprin, la conduite alimentaire du troupeau est un des principaux leviers d'action dont disposent les éleveurs pour optimiser leur système. Maximiser la valorisation des fourrages est un enjeu fort tant pour maîtriser les coûts alimentaires que pour améliorer l'autonomie des élevages. D'autre part, les systèmes alimentaires caprins sont très diversifiés en France (Caillat *et al.*, 2016), et les chèvres sont réputées particulièrement exigeantes sur la qualité des fourrages aimant la diversité, trier et choisir si possible leur régime alimentaire (Abijaoudé *et al.*, 2000 ; Görgülü *et al.*, 2008). Enfin, des enquêtes récentes ont montré qu'une grande majorité des éleveurs caprins offrent, en plus des concentrés, au moins deux fourrages différents chaque jour à leur troupeau, dans le double objectif de gérer la diversité des stocks fourragers et de jouer sur la complémentarité entre fourrages pour optimiser l'ingestion et l'équilibre nutritionnel de la ration (Fança *et al.*, 2025).

Il existe cependant très peu de repères pour les éleveurs caprins et leurs conseillers quant à l'impact de la diversité fourragère, et en particulier sur les modalités de distribution de ces différents fourrages, sur leur valorisation, l'ingestion et la production laitière. Les situations alimentaires où les chèvres ont le choix entre plusieurs types de fourrages ont en effet été très peu étudiées et les systèmes de prévision de l'ingestion ne prennent pas en compte ces situations complexes (Cannas *et al.*, 2007, NRC 2007, INRA, 2018). En pratique, les éleveurs distribuent souvent les différents fourrages de manière asynchrone, c'est-à-dire que l'un des fourrages est offert le matin et l'autre le soir. Cela ne permet pas aux chèvres de choisir à tout moment entre les deux fourrages, ce qui peut affecter leur comportement et leur capacité de choix alimentaire connu dans des situations où les différents fourrages sont disponibles en même temps (Ginane *et al.*, 2000 ; Baumont *et al.*, 2000 ; Niderkorn et Baumont, 2009). C'est d'autant plus vrai que les chèvres, comme les autres ruminants, ont un rythme d'activité circadien influencé par le rythme lumineux donc aussi par les saisons (Jarrige *et al.*, 1995), avec une plus forte propension à ingérer en phase diurne et à ruminer en phase nocturne, ce qui pourrait "favoriser" l'ingestion du fourrage distribué le matin après le jeûne relatif de la nuit (Piccione *et al.*, 2008 ; Moyo *et al.*, 2019). Le rythme d'ingestion est aussi largement influencé par celui des pratiques d'élevage. En effet, les animaux calent leurs pics d'ingestion aux heures de distribution des rations (Dulphy et Faverdin, 1987). Aucun consensus n'existe aujourd'hui chez les éleveurs ou chez leurs conseillers sur un ordre idéal de distribution des fourrages, avec des avis parfois contradictoires (Fança *et al.*, 2025).

L'objectif de cette étude, basée sur 5 essais, est de déterminer les effets de l'ordre de distribution de deux fourrages au cours d'une même journée, sur l'ingestion, le comportement alimentaire et la production laitière des chèvres. L'hypothèse testée est que les chèvres peuvent avoir des préférences relatives entre les deux fourrages

distribués de façon asynchrone, et adapter leur comportement au cours de la journée pour « favoriser » l'ingestion du fourrage préféré, avec des conséquences possibles sur la composition finale de la ration, l'ingestion totale journalière, la quantité et la qualité du lait produit. Les différentes combinaisons de fourrages testées ont été définies par le Groupe d'Alimentation Caprine (<https://idele.fr/groupe-alimentation-caprine/>), comme représentant une grande partie de la diversité des modes d'alimentation à l'auge des chèvres laitières en France.

2. Matériels et méthodes

2.1 Description générale des essais

Les 5 essais ont été réalisés à la ferme expérimentale INRAE de Méjusseume (Le Rheu, Bretagne, France, <https://doi.org/1015454/yk9q-pf68>). Les chèvres étaient en bâtiment, sur aire paillée, élevées en lots, avec deux lots physiques de 12 chèvres par essai. Les essais ont été réalisés en suivant la législation française et européenne en termes d'expérimentation et de bien-être animal (décret 2001-464, 29 Mai 2001). Les procédures ont été approuvées par le CREEA, le Comité Rennais d'Ethique en matière d'Expérimentation Animale, sous le contrôle du Ministère de l'Agriculture.

Les paires de fourrages testées ont été :

- Essai O1 (avril-juin 2022) : Herbe verte affourragée (HV) et ration complète (RC, 85% d'ensilage de maïs, 15% de tourteau de soja)
- Essai O2 (mars-mai 2023) : Foin de luzerne de bonne qualité (FL) et ensilage de maïs (EM)
- Essai O3 (mars-mai 2023) : Enrubannage de graminées de bonne qualité (EG) et foin de luzerne de bonne qualité (FL)
- Essai O4 (avril-juin 2023) : Foin de luzerne de bonne qualité (FLb) et foin de luzerne de qualité moyenne (FLm)
- Essai O5 (avril-juin 2023) : Herbe verte affourragée (HV) et foin de graminées de qualité médiocre (FG)

Dans l'essai O1, la composition botanique moyenne de l'herbe offerte, mesurée par tri manuel 3 fois au cours de l'essai, était de 66% de graminées (ray-grass anglais dominant), de 9% de trèfle blanc et de 24% de diverses (pissenlit dominant). Dans l'essai O3, l'enrubannage était un enrubannage de fétuque élevée. Dans l'essai O5, la composition botanique moyenne de l'herbe offerte était de 61% de graminées (ray-grass anglais dominant), 9% de trèfle blanc, 12% de pissenlit, 6% de rumex (recherché par les chèvres) et 11% d'autres diverses. Dans ce dernier essai, le foin de graminées était à base de ray-grass anglais, sans légumineuses ni diverses.

Dans chaque essai, deux ordres de distribution ont été comparés : dans le premier, l'un des fourrages était distribué le matin, l'autre le soir (ordre A), tandis que c'était l'ordre inverse de distribution dans le second (ordre B). En complément des fourrages, les

chèvres recevaient du concentré, distribué individuellement deux fois par jour en salle de traite à raison de 0,4, 0,3 et 0,6 kg brut/chèvre/jour dans les essais O1, O2 et O3 à O5 respectivement. Le concentré était un concentré granulé à base de maïs (95% de maïs grain et 5% de mélasse de canne) dans l'essai O1, et un concentré de mélange à 199 g MAT/kg MS dans les essais O2 à O5 (30% d'orge, 25,5% de pulpes de betteraves, 5% de son fin de blé, 12% de luzerne, 23% de tourteau de soja, 1% d'huile de colza, 3% de mélasse, 0,5% de sel). Les chèvres avaient un accès permanent à de l'eau de boisson, à un bloc de sel et à un bloc d'oligo-éléments à lécher, et elles recevaient chaque matin 20 g/chèvre de minéraux dans l'auge vide (distribution au lot) entre le retrait des refus et la nouvelle distribution). L'herbe verte affourragée était fauchée avec une machine de type Haldrup une fois par jour le matin vers 8 h, pesée et mise en bacs pour la distribution du matin et pour celle du soir. Les bacs pour la distribution du soir étaient préparés le matin et entreposés devant les auges jusqu'à la distribution du soir, après avoir vérifié que l'herbe ne chauffait pas dans les bacs (délai suffisamment court).

Le schéma expérimental était identique dans tous les essais, à savoir un schéma en inversion, chacun des lots changeant alternativement de traitement à chaque période, et le second lot démarrant par l'ordre inverse à celui du premier lot. En 2022, l'essai O1 a été réalisé sur 3 périodes successives. L'un des lots a donc suivi la séquence ABA, l'autre la séquence BAB. En 2023, les 4 essais étaient prévus avec 4 périodes expérimentales afin d'augmenter la puissance statistique du dispositif (séquence ABAB pour un lot, et BABA pour le second), mais l'essai O4 n'a finalement été réalisé que sur 3 périodes en raison du manque de disponibilité d'un des fourrages. Les périodes avaient une durée de 14 jours. La première semaine de chaque période était une semaine d'adaptation au nouveau traitement, la seconde étant la semaine des mesures utilisées pour les analyses statistiques. Chaque essai a été réalisé avec 24 chèvres Alpine en lactation, différentes d'un essai à l'autre, et réparties juste avant les essais en deux lots homogènes de 12 chèvres, sur la base du poids

vif, de l'âge, du stade de lactation, de la production laitière, des taux butyreux et protéique, ainsi que des productions de matières grasses et protéiques, et de la production laitière standardisée (INRA, 2018). Les lots ont été constitués sur la base d'une période de référence de 10 à 14 jours selon les essais, durant laquelle les chèvres recevaient un régime moyen correspondant à celui de l'essai à venir (les deux fourrages étant distribués en proportion identique et en même temps, avec la dose de concentré de l'essai à venir). Les caractéristiques moyennes des chèvres par essai durant cette période de référence sont indiquées dans le Tableau 1. Les écarts moyens entre lots ont toujours été inférieurs à 2 % sur chacun des critères. Les fourrages et les rations testées ont été très variables. Ils ont été introduits progressivement dans la ration 4 semaines avant le début des essais pour une transition lente, donc souvent avant la mise-bas, ou juste après la mise-bas. Les lots physiques de 12 chèvres sont restés séparés durant toute la durée des essais.

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. Le fourrage du matin était distribué en moyenne à 09:15 h et la totalité des refus correspondants était enlevée et pesée à 16:15 h (avant la traite du soir). Le fourrage du soir était distribué en moyenne à 17:45 h, et la totalité des refus correspondants étaient enlevés et pesés à 08:45 h le matin (soit au moins 1h30 après le retour de la traite du matin). La quantité de chaque fourrage à offrir à chaque lot a été calculée quotidiennement pour permettre environ 15% de refus ($\text{quantité offerte du jour}_n = \text{quantité ingérée du jour}_{n-1} / 0,85$). Pour les fourrages verts et l'enrubannage, il était aussi tenu compte des variations inter-journalières ou inter-bottes de la teneur en MS pour ajuster les quantités brutes à distribuer. Les fourrages étaient distribués pour l'ensemble du lot dans une auge collective spécifique (Delagarde *et al.*, 2025), permettant aux chèvres d'avoir accès en permanence à la totalité du fourrage offert sans aucune intervention humaine, avec une place de cornadis par chèvre, pour que toutes les chèvres puissent accéder au fourrage en même temps.

Tableau 1 : Caractéristiques moyennes des chèvres une semaine avant le début de chaque essai (O1 à O5)

Table 1: Mean goats characteristics one week before the start of each trial (O1 to O5)

Variable	O1	O2	O3	O4	O5
Pourcentage de multipares	100	100	100	75	75
Rang moyen de lactation	4,2 ± 1,86	3,9 ± 1,26	3,6 ± 1,50	2,6 ± 1,44	2,6 ± 1,44
Stade de lactation (jours)	40,2 ± 9,40	16,6 ± 5,63	17,1 ± 2,25	41,9 ± 2,83	41,1 ± 3,34
Poids vif (kg)	58,6 ± 6,38	66,1 ± 7,84	64,5 ± 7,11	52,9 ± 8,35	51,1 ± 6,18
Production laitière (kg/j)	3,26 ± 0,507	4,64 ± 0,545	3,99 ± 0,436	3,27 ± 0,753	2,96 ± 0,658
Taux butyreux (g/kg de lait)	34,7 ± 4,90	45,5 ± 4,98	44,1 ± 6,19	33,2 ± 2,81	33,4 ± 4,05
Taux protéique (g/kg de lait)	30,4 ± 2,77	31,7 ± 3,07	33,5 ± 2,76	27,5 ± 2,01	27,7 ± 2,23
Production laitière standardisée (kg/j) ^a	3,21 ± 0,486	5,32 ± 0,688	4,56 ± 0,716	3,11 ± 0,723	2,82 ± 0,655

^aSelon INRA, 2018

2.2 Mesures

2.2 Mesures

L'ingestion (kg MS) de chaque fourrage de chaque lot a été mesurée chaque jour par différence entre la quantité de MS offerte dans l'auge, la quantité de MS refusée dans l'auge, et la quantité gaspillée sur la litière, pour les aliments que les chèvres pouvaient tirer devant elles (foins, herbe verte, enrubannage). Le fourrage gaspillé sur la litière a représenté de 0 à 2 % de la quantité distribuée selon les fourrages, et n'a pas différé entre les deux ordres de distribution. 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 (copeaux) devant les cornadis, trois fois au cours de la journée, quel que soit le fourrage. La teneur en MS des aliments offerts et refusés a été déterminée par séchage de 48 h à 60°C en étuve ventilée (300 à 600 g/échantillon selon la nature des aliments). La fréquence d'échantillonnage était de 3 fois par semaine pour les concentrés, deux fois par jour pour l'herbe verte, et tous les jours ouvrés pour les autres fourrages. Les analyses chimiques des aliments offerts (MM, N total, NDF, ADF et ADL) ont été réalisées selon les méthodes décrites par Charpentier *et al.* (2019). La composition chimique de tous les aliments utilisés dans les essais est indiquée au Tableau 2. Pour les fourrages conservés humides (ensilages et enrubannages), 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 fourrages (Dulphy et Demarquilly, 1981).

La production laitière a été mesurée individuellement chaque jour, à chaque traite, par des compteurs à lait agréés. Les taux protéique (TP) et butyreux (TB) du lait ont été déterminés individuellement durant les 4 derniers jours de chaque période, matin et soir, par une analyse en spectrophotométrie moyen infra-rouge. La production laitière standardisée à 35 g TB/kg de lait et 31 g TP/kg de lait) a été calculée selon INRA (2018).

Le poids vif a été mesuré par pesée une fois par période et par chèvre, le matin du dernier jour de chaque période, après la traite et avant le premier repas.

2.3 Analyses statistiques

Seules les données mesurées durant les 7 derniers jours de chaque période ont été utilisées pour les analyses statistiques. Pour chaque variable, préalablement aux analyses, les données journalières disponibles ont été moyennées par période et par lot pour les données mesurées au lot (ingestion et comportement), ou bien par période et par chèvre pour les données mesurées individuellement (production et composition du lait). En effet, les données journalières d'un même lot ou d'un même animal durant une période expérimentale ne sont pas indépendantes et ne peuvent constituer des individus statistiques.

Le modèle d'analyse de variance a été identique pour tous les essais, et a pris en compte les effets fixes du traitement et de la période, et l'effet aléatoire du lot (ingestion et comportement) ou de la chèvre (poids vif et production laitière). Le logiciel SAS (SAS 9.2 Institute Inc., Cary, Caroline du Nord, États-Unis) a été utilisé, et les moyennes par traitement issues de l'analyse de variance sont présentées pour chacun des essais dans les tableaux 1 à 5.

Tableau 2 : Composition chimique moyenne des aliments offerts dans les 5 essais (O1 à O5)

Table 2: Mean chemical composition of offered feeds in each trial (O1 to O5)

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
O1	Herbe verte	238	80	102	493	250	17
	Ensilage de maïs	376	37	61	396	213	18
	Tourteau de soja	895	69	505	149	58	3
	Ration complète ^a	412	42	128	359	190	16
O2	Foin de luzerne	883	92	206	442	302	54
	Ensilage de maïs	368	49	83	474	255	22
O3	Foin de luzerne	884	90	209	448	309	58
	Enrubannage de graminées	384	100	145	489	275	27
O4	Bon foin de luzerne	906	99	200	453	298	57
	Foin de luzerne moyen	905	92	175	465	324	61
O5	Herbe verte	172	87	156	513	272	20
	Foin graminées	885	68	83	649	348	29
O1	Concentré maïs	877	36	99	123	35	4
O2 à O5	Concentré de mélange	890	61	199	344	163	19

^a85% ensilage de maïs, 15% tourteau de soja

Dans chaque essai, pour déterminer si l'un des fourrages a été en moyenne plus ingéré que l'autre, une analyse de variance supplémentaire a été réalisée en restructurant les fichiers et en rajoutant au modèle précédent l'effet fixe de la nature du fourrage et de l'interaction entre le traitement et la nature du fourrage.

3. Résultats

Dans les 5 essais, chacun des fourrages a bien été offert à volonté, les proportions de refus variant de 11 à 30% (Tableaux 3 à 7). Les rares situations où les pourcentages de refus étaient supérieurs à 20% correspondent à des ingestions de fourrages très faibles (< 0,3 kg MS/jour), avec très peu de refus par chèvre (< 60 g MS/jour). Ils ne correspondent donc pas à des situations d'offre alimentaire excessive.

3.1 Essai O1 (Tableau 3)

En moyenne, les chèvres ont ingéré nettement plus d'herbe verte que de ration complète (1,53 ± 0,136 contre 0,60 ± 0,136 kg MS/jour, P<0,01). Les chèvres ont eu tendance à ingérer plus d'herbe verte lorsqu'elle a été distribuée le soir plutôt que le matin (+0,34 kg MS/jour, soit +25%, 0.05<P<0,10 ; Tableau 3). L'ingestion de ration complète et l'ingestion totale (2,46 kg MS/jour) n'ont pas varié significativement selon l'ordre de distribution. Les chèvres ont passé plus de temps à ingérer l'herbe verte lorsqu'elle a été distribuée le soir plutôt que le matin (+144 min, soit +64%, P<0,05), avec une tendance à la réduction de la vitesse d'ingestion d'herbe (-24%, P<0,10). La vitesse d'ingestion de la ration complète a également été plus faible lorsque celle-ci a été distribuée le soir plutôt que le matin (P<0,05). La durée d'ingestion totale et le temps passé couché n'ont pas varié entre traitements.

Tableau 3 : Effet de l'ordre de distribution de deux fourrages (herbe verte **HV** et ration complète **RC**, 85% d'ensilage de maïs et 15% de tourteau de soja) sur l'ingestion, le comportement, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière (essai O1)

*Table 3 : Effects of the feeding order of two forages (fresh grass **HV** and partial mixed ration **RC**, 85% of maize silage and 15% of soyabean meal) on daily intake, feeding behaviour, body weight, milk production and composition in dairy goats (trial O1)*

Variable	HV matin	RC matin	etr	P<
	RC soir	HV soir		
Données en lots				
Proportion HV refusée ^a	0,137	0,137	0,0022	0,915
Proportion RC refusée ^a	0,116	0,126	0,0013	0,067
HV ingérée (kg MS/j)	1,36	1,70	0,056	0,093
RC ingérée (kg MS/j)	0,80	0,39	0,110	0,154
Ingestion totale (kg MS/j) ^b	2,49	2,42	0,055	0,381
Proportion HV (ration fourrages)	0,626	0,812	0,0423	0,130
Teneur en MAT de la ration (g/kg MS)	114	108	3,0	0,294
Teneur en NDF de la ration (g/kg MS)	395	424	4,0	0,079
Teneur en ADF de la ration (g/kg MS)	199	212	1,8	0,080
Durée d'ingestion de l'HV (min/j)	224	368	5,3	0,021
Durée d'ingestion de la RC (min/j)	136	40	17,9	0,106
Durée d'ingestion des 2 fourrages (min/j)	360	408	12,6	0,151
Durée passée couché (min/j)	733	719	53,7	0,806
Vitesse d'ingestion de l'HV (g MS/h)	359	274	11,4	0,075
Vitesse d'ingestion de la RC (g MS/h)	317	656	16,6	0,027
Données en individuel				
Poids vif du matin (kg)	58,3	59,8	1,63	0,001
Production laitière (kg/j)	3,18	3,10	0,138	0,019
Taux butyreux (g/kg de lait)	35,0	35,0	1,35	0,817
Taux protéique (g/kg de lait)	28,3	28,1	0,68	0,212
Production laitière standardisée (kg/j)	3,11	3,02	0,133	0,008

HV = herbe verte ; RC = ration complète (85% ensilage de maïs et 15% de tourteau de soja), etr =écart-type résiduel du modèle d'analyse ; P = seuil de signification

^aLes proportions de fourrage refusés sont exprimées en kg MS/kg MS offert.

^bL'ingestion totale inclut le concentré ingéré en individuel (0,34 kg MS/j)

Ordre de distribution des fourrages chez la chèvre

Que ce soit le matin ou le soir, le temps d'ingestion d'herbe est resté élevé (> 40 min/h) dans les 3 h qui ont suivi la distribution, et l'ingestion d'herbe s'est poursuivie jusqu'à la traite du soir (distribution du matin) et quasiment toute la nuit (distribution du soir) avec 10 à 30 min/h d'ingestion (Figure 1). Les repas de ration complète ont au contraire été très courts (< 1 h), avec quasiment aucune ingestion dans l'après-midi (distribution du matin) ni la nuit (distribution du soir) (Figure 1).

Le poids vif du matin a été plus élevé de 1,5 kg ($P<0,001$) lorsque l'herbe a été distribuée le soir plutôt que le matin. La production laitière (-0,08 kg/jour, $P<0,05$) et la production laitière standardisée (-0,09 kg/jour, $P<0,01$) ont été plus faibles lorsque l'herbe a été distribuée le soir plutôt que le matin, sans variation des taux butyreux et protéique entre traitements.

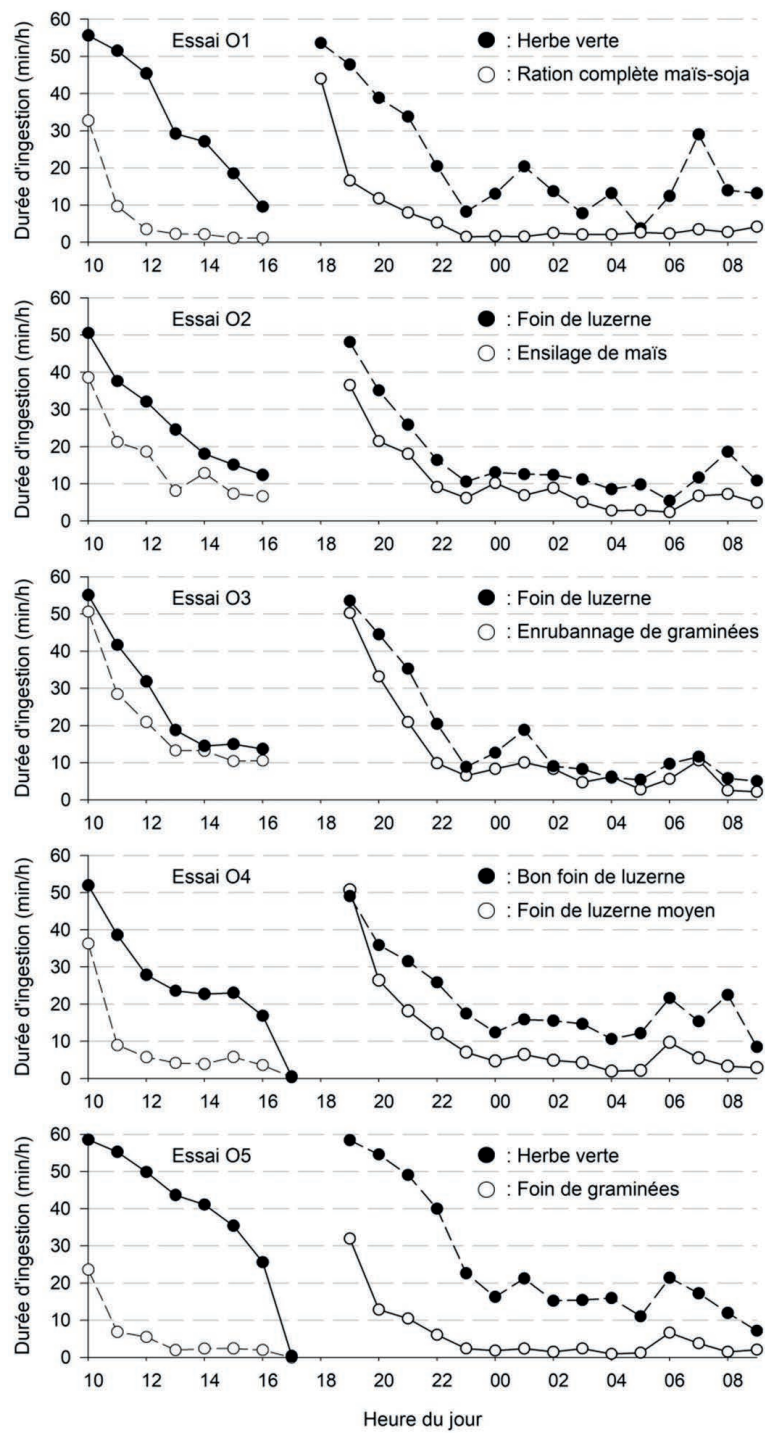


Figure 1 : Effet de l'ordre de distribution de deux fourrages sur la cinétique d'ingestion journalière des chèvres laitières. Les paires de fourrages testées différent entre les 5 essais (O1 à O5). Quand un fourrage est donné le matin, l'autre est donné le soir. L'un des traitements est représenté par des traits pleins, l'autre par des pointillés.

Figure 1 : Effect of the feeding order of two forages on daily pattern of feeding behaviour in dairy goats. The pairs of forages investigated differ between the 5 trials (O1 to O5). When a forage is fed in the morning, the other is fed in the evening. One of the treatments is represented by solid lines, the other by dotted lines.

3.2 Essai O2 (Tableau 4)

En moyenne, les chèvres ont ingéré autant de foin de luzerne que d'ensilage de maïs (1,54 ± 0,100 contre 1,32 ± 0,100 kg MS/jour, P=0,15). Chacun des deux fourrages a eu tendance à être ingéré en plus grande quantité lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin (+0,50 et +0,27 kg MS/jour pour FL et EM, respectivement, P<0,10 ; Tableau 4), sans effet de l'ordre de distribution (P=0,15) sur l'ingestion totale journalière (3,15 kg MS/jour en moyenne). La proportion de foin de luzerne (dans la fraction fourragère de la ration) a augmenté de 0,47 à 0,60 lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin. Les chèvres ont passé plus de temps à ingérer chacun des fourrages lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin (+60 et

+37 min/jour pour FL et EM, respectivement, P<0,05), sans effet de l'ordre de distribution sur la durée d'ingestion journalière, la vitesse d'ingestion ou le temps passé couché. Les cinétiques d'ingestion au cours du nycthémère ont peu varié avec l'ordre de distribution, avec cependant toujours un temps passé à ingérer plus faible pour l'ensilage de maïs que pour le foin de luzerne (Figure 1).

Le poids vif du matin (+1,6 kg, P<0,05), la production laitière (+0,15 kg/jour, P<0,01), le taux protéique (+0,5 g/kg, P<0,01) et la production laitière standardisée (+0,10 kg/jour, 0,05<P<0,10) ont été plus élevés, et le taux butyreux a été plus faible (-1,2 g/kg de lait, P<0,05), lorsque le foin de luzerne a été distribué le soir plutôt que le matin.

Tableau 4 : Effet de l'ordre de distribution de deux fourrages (foin de luzerne **FL** et ensilage de maïs **EM**) sur l'ingestion, le comportement, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière en lactation (essai O2)
*Table 4 : Effects of the feeding order of two forages (lucerne hay **FL** and maize silage **EM**) on daily intake, feeding behaviour, body weight, milk production and composition in dairy goats (trial O2)*

Variable	FL matin	EM matin	etr	P<
	EM soir	FL soir		
Données en lots				
Proportion FL refusé ^a	0,112	0,116	0,0145	0,713
Proportion EM refusé ^a	0,137	0,114	0,0239	0,310
FL ingéré (kg MS/j)	1,29	1,79	0,175	0,054
EM ingéré (kg MS/j)	1,45	1,18	0,112	0,077
Ingestion totale (kg MS/j) ^b	3,03	3,26	0,138	0,142
Proportion de FL (ration fourrages)	0,473	0,602	0,0408	0,043
Teneur en MAT de la ration (g/kg MS)	145	160	4,2	0,038
Teneur en NDF de la ration (g/kg MS)	448	445	2,2	0,218
Teneur en ADF de la ration (g/kg MS)	266	272	2,4	0,071
Durée d'ingestion du FL (min/j)	190	250	19,5	0,046
Durée d'ingestion de l'EM (min/j)	150	113	7,9	0,020
Durée d'ingestion des 2 fourrages (min/j)	340	364	12,7	0,120
Durée passée couché (min/j)	743	745	24,2	0,878
Vitesse d'ingestion du FL (g MS/h)	406	427	13,6	0,160
Vitesse d'ingestion de l'EM (g MS/h)	580	622	36,1	0,247
Données en individuel				
Poids vif du matin (kg)	64,8	65,6	1,82	0,029
Production laitière (kg/j)	3,70	3,85	0,235	0,003
Taux butyreux (g/kg de lait)	38,0	36,8	2,23	0,013
Taux protéique (g/kg de lait)	27,0	27,5	0,87	0,006
Production laitière standardisée (kg/j)	3,74	3,84	0,248	0,052

FL = foin de luzerne ; EM = ensilage de maïs ; etr =écart-type résiduel du modèle d'analyse ; P = seuil de signification
^aLes proportions de fourrage refusés sont exprimées en kg MS/kg MS offert.
^bL'ingestion totale inclut le concentré ingéré en individuel (0,56 kg MS/j)

3.3 Essai O3 (Tableau 5)

En moyenne, les chèvres ont ingéré plus de foin de luzerne que d'enrubannage de graminées (1,49 ± 0,070 contre 1,06 ± 0,070 kg MS/jour, P<0,01). Le foin de luzerne a été ingéré en plus grande quantité lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin (+0,42 kg MS/jour, P<0,01), sans effet de l'ordre de distribution sur l'ingestion d'enrubannage (1,08 kg MS/jour, P=0,12) ni sur l'ingestion totale (3,10 kg MS/jour en moyenne, P=0,22). La proportion d'enrubannage de graminées (dans la fraction fourragère de la ration) a été plus élevée lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin (0,49 contre 0,35, P<0,05). Les chèvres ont globalement passé plus de temps à ingérer chacun des fourrages lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin (+65 min/jour pour le foin, P<0,05 ; +35 min/jour pour l'enrubannage, P<0,10).

La durée d'ingestion totale a été plus élevée lorsque le foin de luzerne a été distribué le soir plutôt que le matin (+29 min/jour, P<0,001). La vitesse d'ingestion des deux fourrages et le temps passé couché n'ont pas varié significativement entre traitements. Les cinétiques d'ingestion au cours du nycthémère n'ont pas varié avec l'ordre de distribution des fourrages, les chèvres passant toujours un peu moins de temps à ingérer l'enrubannage que le foin. (Figure 1).

Le poids vif du matin (+0,6 kg, P<0,05), la production laitière (+0,22 kg/jour, P<0,001) et la production laitière standardisée (+0,23 kg/jour, P<0,001) ont été plus élevés lorsque l'enrubannage a été distribué le soir plutôt que le matin, sans effet de l'ordre de distribution sur les taux butyreux et protéique du lait.

Tableau 5 : Effet de l'ordre de distribution de deux fourrages (enrubannage de graminées EG et foin de luzerne FL) sur l'ingestion, le comportement, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière en lactation (moyennes par traitement, essai O3)

Table 5 : Effects of the feeding order of two forages (baled grass EG and lucerne hay FL) on daily intake, feeding behaviour, body weight, milk production and composition in dairy goats (means per treatment, trial O3)

Variable	EG matin	FL matin	etr	P<
	FL soir	EG soir		
Données en lots				
Proportion EG refusé ^a	0,180	0,161	0,0326	0,491
Proportion FL refusé ^a	0,115	0,121	0,0037	0,122
EG ingéré (kg MS/j)	0,93	1,22	0,151	0,111
FL ingéré (kg MS/j)	1,70	1,28	0,050	0,005
Ingestion totale (kg MS/j) ^b	3,16	3,03	0,102	0,213
Proportion de l'EG (ration fourrages)	0,350	0,488	0,0353	0,027
Teneur en MAT de la ration (g/kg MS)	188	182	1,1	0,011
Teneur en NDF de la ration (g/kg MS)	441	445	0,8	0,024
Teneur en ADF de la ration (g/kg MS)	274	269	0,9	0,012
Durée d'ingestion de l'EG (min/j)	147	182	15,5	0,086
Durée d'ingestion du FL (min/j)	255	190	16,0	0,026
Durée d'ingestion des 2 fourrages (min/j)	402	373	1,8	0,001
Durée passée couché (min/j)	765	778	19,5	0,437
Vitesse d'ingestion de l'EG (g MS/h)	372	398	24,4	0,267
Vitesse d'ingestion du FL (g MS/h)	402	403	23,3	0,965
Données en individuel				
Poids vif du matin (kg)	62,6	63,2	1,51	0,035
Production laitière (kg/j)	4,15	4,37	0,133	0,001
Taux butyreux (g/kg de lait)	33,5	33,8	2,31	0,532
Taux protéique (g/kg de lait)	28,0	28,1	0,59	0,582
Production laitière standardisée (kg/j)	3,97	4,20	0,203	0,001

EG = enrubannage de graminées ; FL = foin de luzerne ; etr =écart-type résiduel du modèle d'analyse ; P = seuil de signification

^aLes proportions de fourrage refusés sont exprimées en kg MS/kg MS offert.

^bL'ingestion totale inclut le concentré ingéré en individuel (0,53 kg MS/j)

3.4 Essai O4 (Tableau 6)

En moyenne, les chèvres ont ingéré beaucoup plus de bon foin de luzerne que de foin de luzerne de qualité moyenne (2,27 ± 0,057 contre 0,53 ± 0,057 kg MS/jour, P<0,001). Chacun des deux fourrages a été plus ingéré lorsqu’il a été distribué le soir plutôt que le matin (+0,73 kg MS/jour pour FLb, P<0,05 et +0,45 kg MS/jour pour FLm, P<0,10). L’ingestion totale a eu tendance à être supérieure lorsque le foin de luzerne de bonne qualité a été distribué le soir plutôt que le matin (+0,27 kg MS/jour, 0,05<P<0,10), avec un accroissement significatif de sa proportion dans la fraction fourragère de la ration (0,90 contre 0,72, P<0,05). La durée d’ingestion du foin de luzerne de qualité moyenne a été plus élevée lorsque celui-ci a été distribué le soir plutôt que le matin

(+87 min/jour, P<0,05). L’ordre de distribution n’a pas eu d’effet sur les autres paramètres comportementaux. Les cinétiques d’ingestion au cours du nycthémère ont été très différentes selon l’ordre de distribution, les chèvres ingérant très peu en journée lorsque le foin de qualité moyenne était distribué le matin (Figure 1).

Le poids vif du matin (+5,3 kg, P<0,001), la production laitière (+0,30 kg/jour, P<0,001), la production laitière standardisée (+0,25 kg/jour, P<0,001) et le taux protéique (+0,4 g/kg de lait, P<0,001) ont été plus élevés lorsque le foin de luzerne de bonne qualité a été distribué le soir plutôt que le matin, sans effet de l’ordre de distribution des fourrages sur le taux butyreux (P>0,10).

Tableau 6 : Effet de l’ordre de distribution de deux fourrages (foin de luzerne de bonne qualité **FLb** et foin de luzerne de qualité moyenne **FLm**) sur l’ingestion, le comportement, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière en lactation (moyennes par traitement, essai O4)

Table 6 : Effects of the feeding order of two forages (good-quality lucerne hay **FLb** and medium-quality lucerne hay **FLm**) on daily intake, feeding behaviour, body weight, milk production and composition in dairy goats (means per treatment, trial O4)

Variable	FLb matin	FLm matin	etr	P<
	FLm soir	FLb soir		
Données en lots				
Proportion HV refusée ^a	0,113	0,116	0,0045	0,581
Proportion FG refusé ^a	0,151	0,232	0,0090	0,061
FLb ingéré (kg MS/j)	1,90	2,63	0,025	0,019
FLm ingéré (kg MS/j)	0,75	0,30	0,053	0,066
Ingestion totale (kg MS/j) ^b	3,22	3,49	0,029	0,056
Proportion du FLb (ration fourrages)	0,717	0,895	0,0162	0,049
Teneur en MAT de la ration (g/kg MS)	205	199	0,8	0,086
Teneur en NDF de la ration (g/kg MS)	438	442	3,9	0,496
Teneur en ADF de la ration (g/kg MS)	280	286	2,1	0,203
Durée d’ingestion du FLb (min/j)	240	305	19,6	0,170
Durée d’ingestion du FLm (min/j)	155	68	6,9	0,043
Durée d’ingestion des 2 fourrages (min/j)	395	373	26,5	0,516
Durée passée couché (min/j)	768	794	14,5	0,299
Vitesse d’ingestion du FLb (g MS/h)	479	522	30,0	0,352
Vitesse d’ingestion du FLm (g MS/h)	300	270	24,4	0,396
Données en individuel				
Poids vif du matin (kg)	54,0	59,3	1,30	0,001
Production laitière (kg/j)	4,21	4,51	0,209	0,001
Taux butyreux (g/kg de lait)	29,6	29,2	1,87	0,422
Taux protéique (g/kg de lait)	28,4	28,8	0,44	0,001
Production laitière standardisée (kg/j)	3,83	4,08	0,199	0,001

FLb = foin de luzerne de bonne qualité ; FLm = foin de luzerne de moyenne qualité ; etr =écart-type résiduel du modèle d’analyse ; P = seuil de signification

^aLes proportions de fourrage refusés sont exprimées en kg MS/kg MS offert.

^bL’ingestion totale inclut le concentré ingéré en individuel (0,56 kg MS/j)

3.5 Essai O5 (Tableau 7)

En moyenne, les chèvres ont ingéré beaucoup plus d'herbe verte que de foin de graminées (1,57 ± 0,047 contre 0,20 ± 0,047 kg MS/jour, P<0,001). Chacun des deux fourrages a été plus ingéré lorsqu'il a été distribué le soir plutôt que le matin (+0,19 et + 0,09 kg MS/jour pour l'herbe et le foin respectivement, P<0,05), avec une augmentation de la part d'herbe dans la ration fourragère lorsque celle-ci est distribuée le soir plutôt que le matin (0,91 contre 0,86, P<0,05). L'ingestion totale (2,36 kg MS/jour) n'a pas varié avec l'ordre de distribution (P=0,14). La durée d'ingestion de chacun des deux fourrages a été plus élevée lorsque celui-ci a été distribué le soir plutôt que le matin (+68 et +43 min/jour pour l'herbe et le foin respectivement, P<0,01). La durée d'ingestion totale a augmenté (+24 min/jour, P<0,01), et la vitesse d'ingestion d'herbe a diminué

(P<0,05) lorsque l'herbe a été distribuée le soir plutôt que le matin. Les cinétiques d'ingestion au cours du nycthémère ont été très différentes selon l'ordre de distribution, les chèvres ingérant très peu en journée lorsque le foin est distribué le matin et très peu la nuit lorsqu'il est distribué le soir (Figure 1). L'ingestion d'herbe verte a occupé au contraire une part très importante du temps des chèvres, quasiment jusqu'à la traite du soir lorsqu'elle était distribuée le matin, au moins 4 h le soir et 15-20 min/h toute la nuit lorsqu'elle était distribuée le soir (Figure 1).

Le poids vif du matin (+2,8 kg, P<0,001) a été plus élevé lorsque l'herbe verte a été distribuée le soir plutôt que le matin. Nous n'avons pas observé d'effet de l'ordre de distribution des fourrages sur la production ou la composition du lait.

Tableau 7 :Effet de l'ordre de distribution de deux fourrages (herbe verte **HV** et foin de graminées **FG**) sur l'ingestion, le comportement, le poids vif, la production et la composition du lait chez la chèvre laitière en lactation (moyennes par traitement, essai O5)

*Table 7: Effects of the feeding order of two forages (fresh grass **HV** and grass hay **FG**) on daily intake, feeding behaviour, body weight, milk production and composition in dairy goats (means per treatment, trial O5)*

Variable	HV matin FG soir	FG matin HV soir	etr	P<
Données en lots				
Proportion HV refusée ^a	0,156	0,152	0,0057	0,722
Proportion FG refusé ^a	0,218	0,295	0,0569	0,194
HV ingérée (kg MS/j)	1,48	1,67	0,024	0,047
FG ingéré (kg MS/j)	0,25	0,16	0,009	0,027
Ingestion totale (kg MS/j) ^b	2,31	2,40	0,021	0,137
Proportion HV (ration fourrages)	0,856	0,914	0,0045	0,016
Teneur en MAT de la ration (g/kg MS)	159	162	1,5	0,109
Teneur en NDF de la ration (g/kg MS)	485	480	1,1	0,022
Teneur en ADF de la ration (g/kg MS)	252	250	0,9	0,057
Durée d'ingestion de l'HV (min/j)	310	378	1,7	0,002
Durée d'ingestion du FG (min/j)	88	45	1,1	0,002
Durée d'ingestion des 2 fourrages (min/j)	398	422	1,0	0,004
Durée passée couché (min/j)	764	736	8,1	0,204
Vitesse d'ingestion de l'HV (g MS/h)	288	265	2,3	0,029
Vitesse d'ingestion du FG (g MS/h)	164	188	4,6	0,106
Données en individuel				
Poids vif du matin (kg)	52,6	55,4	1,61	0,001
Production laitière (kg/j)	3,14	3,18	0,220	0,377
Taux butyreux (g/kg de lait)	32,3	32,7	2,03	0,356
Taux protéique (g/kg de lait)	27,2	27,1	1,22	0,942
Production laitière standardisée (kg/j)	2,93	2,98	0,23	0,303

HV = herbe verte ; FG = foin de graminées ; etr =écart-type résiduel du modèle d'analyse ; P = seuil de signification d'analyse ; P = seuil de signification.
^aLes proportions de fourrage refusés sont exprimées en kg MS/kg MS offert.
^bL'ingestion totale inclut le concentré ingéré en individuel (0,56 kg MS/j).

4. Discussion

Les préférences et les choix alimentaires des petits ruminants et en particulier des caprins ont déjà été étudiés en offrant aux animaux plusieurs (deux en général) fourrages en même temps, dans des dispositifs ou des tests de choix (Ginane *et al.*, 2000 ; Morand-Fehr, 2003 ; Scherer *et al.*, 2019). Ce type d'essai est généralement réalisé sur des temps assez courts (quelques minutes à quelques heures), ne permettant pas d'estimer les choix des animaux à moyen ou long terme (des jours et des semaines), ni les conséquences en termes d'ingestion et de production d'une offre alimentaire variée. Ils ne permettent pas non plus de savoir comment les animaux s'adaptent et expriment leurs choix alimentaires lorsque deux fourrages sont offerts séparément de façon asynchrone au cours d'une même journée, comme cela a été testé dans les essais de cette étude. En cela, et répondant aux pratiques et aux interrogations des éleveurs et des conseillers en France, nos résultats sont novateurs, car aucune étude similaire n'a pu être trouvée dans la littérature française et internationale.

4.1 Les chèvres expriment clairement des préférences relatives entre fourrages

En moyenne, dans chaque essai, et en moyennant les deux traitements, chacun des deux fourrages a été distribué à volonté, durant la même durée (moyenne entre 7 h et 15 h selon le moment de distribution), et autant le matin que le soir (deux lots en inversion à chaque période). Malgré ces conditions moyennes identiques, les chèvres ont parfois clairement exprimé des préférences pour l'un des deux fourrages, avec des quantités ingérées parfois très différentes entre les deux fourrages. C'est notamment le cas des essais O4 et O5, avec respectivement le bon foin de luzerne largement préféré au foin de luzerne de qualité moyenne (ratio moyen 81/19) et l'herbe verte largement préférée au foin de graminées de qualité médiocre (ratio moyen 89/11). En règle générale dans tous les essais, les deux fourrages préférés ont été le foin de luzerne et l'herbe verte. Le fourrage préféré a majoritairement été celui qui contenait le plus de MAT et le moins d'ADF (essais O3 à O5) ou de NDF (essai O2). Dans l'essai O1, les chèvres ont cependant préféré l'herbe verte à la ration semi-complète (ratio moyen 72/28), malgré une faible teneur en MAT de l'herbe, plus faible que celle de la ration semi-complète (Tableau 2). Elles ont ainsi sélectionné un régime alimentaire contenant moins de protéines que si elles avaient sélectionné en priorité la ration semi-complète. Cependant, les analyses chimiques des refus de la ration complète ont clairement montré que les chèvres ont trié et ingéré tout le tourteau de soja, les refus n'étant constitués que d'ensilage de maïs. Une fois le soja ingéré dans le mélange, les chèvres ont donc globalement privilégié l'herbe à l'ensilage de maïs, peut-être parce qu'il était le fourrage le plus riche en MAT. Il reste donc encore difficile d'établir une loi générale sur les préférences des chèvres

vis-à-vis de la fibrosité ou de la richesse en protéines des rations, suggérant que l'appétence ou l'hédonisme expliquent une part non négligeable des choix alimentaires (Ginane *et al.*, 2011). Il est à noter également que les chèvres sont capables de sélectionner des proportions relativement similaires entre deux fourrages de composition chimique très différente comme le foin de luzerne et l'ensilage de maïs (ratio moyen 54/46). Tous essais confondus, il n'a pas été possible non plus de faire un lien entre préférence, quantité ingérée et vitesse d'ingestion de chaque fourrage. Les choix alimentaires des chèvres dans nos différents essais, lorsque deux fourrages sont offerts à volonté mais de manière asynchrone, démontrent une fois de plus que les raisons de leurs préférences sont multifactorielles et difficiles à prévoir (Baumont, 1996 ; Ginane *et al.*, 2000 ; Ginane *et al.*, 2011).

4.2 Un fourrage est toujours plus consommé lorsqu'il est distribué le soir plutôt que le matin

Dans tous les essais, les chèvres ont toujours ingéré un fourrage davantage lorsqu'il était distribué le soir plutôt que le matin ($+0,37 \pm 0,117$ kg MS, soit +53%). Cette augmentation est à relier principalement à celle du temps d'accès au fourrage, qui était nettement plus élevé le soir (13 h entre 17:45 h et 08:45 h) que le matin (7 h entre 09:15 et 16:15 h). Il est cependant à noter que l'augmentation de l'ingestion le soir (+53% en moyenne) est moins que proportionnelle à celle du temps d'accès (+85%). Ceci s'explique sans doute parce que l'accès au fourrage le soir comporte une grande partie de nuit et que les chèvres, comme tous les ruminants, n'ingèrent pas beaucoup en période nocturne (Figure 1 ; Piccione *et al.*, 2008 ; Moyo *et al.*, 2019). Ces essais ont été réalisés au printemps (mars-juin), en période de jours croissants et longs. Il est possible que, en automne et en hiver, avec des jours courts et donc un faible temps d'accès au fourrage en phase diurne après la traite du soir, le ratio entre quantité ingérée le matin et quantité ingérée le soir aurait été différent, avec moins d'ingestion nocturne. Ces résultats ne sont donc sans doute pas directement extrapolables au cas des troupeaux désaisonnés en période hivernale, et mériteraient d'être confirmés dans ces conditions. Enfin, ces essais ont été réalisés avec des grandes auges permettant un accès constant au fourrage et en proposant systématiquement les fourrages à volonté, des conditions qu'on ne retrouve pas souvent chez les éleveurs, qui ne disposent en général pas de ce type d'équipement. Il est par ailleurs fréquent que le niveau de refus toléré diffère entre les fourrages distribués, avec un fourrage à faible niveau de refus voire rationné en quantité. Ces aspects pratiques sont donc à considérer avant toute extrapolation aux contextes variés des élevages caprins.

4.3 L'ordre de distribution des fourrages affecte plus la composition de la ration ingérée que l'ingestion totale

L'ingestion totale de MS n'a globalement pas varié selon l'ordre de distribution des fourrages, sauf dans l'essai O4 lorsque le bon foin de luzerne, préféré, a été distribué le soir. L'absence d'effet significatif ici est en partie imputable au manque de puissance statistique du dispositif expérimental, l'ingestion étant mesurée à l'échelle du lot et pas de l'individu. La tendance générale est plutôt à une augmentation légère de l'ingestion totale lorsque le fourrage préféré est distribué le soir, ce qui est cohérent avec le fait que les chèvres mangent plus du fourrage sans doute le plus ingestible. Mais cette augmentation, non significative, reste faible en valeur absolue (+0,13 kg MS/jour en moyenne).

L'ordre de distribution des deux fourrages a en revanche eu un effet relativement marqué sur la composition de la ration ingérée, modifiant le ratio entre les quantités ingérées des deux fourrages jusqu'à 10 à 20 points. Les conséquences en termes de composition chimique des rations sont cependant relativement faibles, les éleveurs pouvant choisir l'ordre de distributions des fourrages le plus adapté à leurs contraintes organisationnelles dès lors qu'ils sont proposés à volonté.

Le résultat le plus remarquable de cette étude est sans doute que les chèvres sont capables de boudier un fourrage non préféré pendant très longtemps, soit quasiment toute la journée lorsqu'il est distribué le matin, soit quasiment tout le soir et toute la nuit lorsqu'il est distribué le soir. Cela a été particulièrement net dans l'essai O5, dans lequel le foin de graminées de mauvaise qualité n'a été que très peu consommé, quel que soit l'ordre de distribution. Il est aussi remarquable que le foin de luzerne de qualité moyenne, pourtant à 17% de MAT, a été largement boudé par rapport au foin de luzerne à 21% de MAT. Ainsi, lorsque deux fourrages très différents par leurs préférences sont distribués, la cinétique d'ingestion au cours de la journée a été complètement modifiée, les chèvres ne mangeant pratiquement plus en journée, ou le soir, lorsqu'elles reçoivent le « mauvais fourrage ». Elles peuvent donc attendre longtemps, montrant une extraordinaire capacité à s'adapter et à anticiper les horaires de distribution des bons ou moins bons fourrages, et également à manger le fourrage préféré dans un temps relativement court et contraint en journée. Ceci a aussi déjà été observé au pâturage en l'absence totale de distribution de fourrage le soir, donc sans aucune ingestion de fourrage la nuit, les chèvres ayant quasiment la même ingestion d'herbe pâturée lorsque le temps d'accès au pâturage est de 8 h ou de 11 h par jour, avec un accès au pâturage entre les traites, et avec ou sans accès au pâturage durant 3 h supplémentaires après la traite du soir (Charpentier et Delagarde, 2018 ; Charpentier *et al.*, 2019). Ainsi, les pratiques visant à inciter les chèvres à consommer le moins préféré des fourrages en l'offrant sur un temps d'accès plus long sont vaines dès lors que le fourrage préféré est proposé à volonté sur un temps cohérent avec sa vitesse d'ingestion. De même, les

pratiques visant à proposer un fourrage très grossier pour améliorer la part de fibres dans la ration sont sans doute illusoires s'il est apporté en face d'un fourrage plus appétant distribué à volonté, même beaucoup plus tard dans la journée.

4.4 Les effets de l'ordre de distribution des fourrages sur la production laitière et la composition du lait sont multifactoriels

Globalement, sur l'ensemble des 5 essais, il n'est pas possible de faire un lien « unique » entre l'ordre de distribution des fourrages et la production ou la composition du lait. Les effets de l'ordre de distribution des fourrages ont été très variables selon les essais, pour des raisons différentes. Dans la majorité des cas, la variation de production laitière est positivement corrélée à celle de la quantité ingérée totale, avec des variations relatives proportionnelles, notamment dans les essais O2 et O4, dans lesquels la distribution du fourrage préféré le soir tend à augmenter l'ingestion totale et augmente en conséquence la production laitière. C'est aussi le cas de l'essai O5, où l'absence d'effet de l'ordre de distribution sur la production laitière est clairement imputable à l'absence de variation de l'ingestion totale et à la très faible variation de composition de la ration, les chèvres ayant toujours ingéré très peu de foin de graminées. Dans l'essai O1, le fait que les chèvres aient produit moins de lait lorsque le fourrage préféré (herbe verte) a été distribué le soir peut sembler incohérent avec les résultats ci-dessus, mais reste cohérent avec le fait que l'ingestion totale a aussi plutôt diminué (quantitativement). Ce résultat particulier est très probablement à relier au fait que les chèvres recevant l'herbe le soir ont ingéré moins de ration semi-complète et donc moins de concentré (-0,08 kg MS/jour de tourteau de soja ici). Une partie de la réponse laitière est donc ici imputable à l'effet négatif d'une réduction de la dose de concentré ingéré sur l'ingestion totale, via le taux de substitution (INRA, 2018 ; Sauvante *et al.*, 2021). Dans l'essai O3, l'augmentation nette de production laitière lorsque l'enrubannage de graminées est distribué le soir ne peut pas être imputée à la variation d'ingestion totale, qui a diminué numériquement, mais plutôt à la réduction de l'ingestion du foin de luzerne et à l'augmentation de la proportion d'enrubannage dans la ration, qui ont augmenté la valeur énergétique de la ration malgré des teneurs en MAT et fibres de la ration identiques (INRA, 2018).

D'une manière générale, les effets de l'ordre de distribution des fourrages sur les taux butyreux et protéique du lait ont été assez faibles, et l'ensemble des résultats n'est pas toujours aisé à expliquer, comme c'est souvent le cas chez la chèvre laitière (INRA, 2018). Aucun effet de l'ordre de distribution des fourrages n'a été observé dans les essais O1, O3 et O5, malgré parfois des variations significatives de la composition des rations (O1 et O3). Dans l'essai O2, les variations de taux sont relativement faibles, mais significatives. L'augmentation du taux protéique du lait lorsque le foin de luzerne a été distribué le soir ne peut pas être imputé comme chez la vache à l'accroissement quantitatif de l'ingestion totale et des apports énergétiques (Coulon et Rémond, 1991), qui

est très souvent rapporté comme sans effet chez la chèvre (INRA, 2018). La raison est sans doute plus liée à l'augmentation assez forte de la quantité de foin de luzerne ingéré et de la proportion de foin de luzerne dans la ration, qui ont amélioré la teneur en MAT de la ration, et peut-être aussi rééquilibré le profil de la ration en acides aminés, si tant est qu'une ration contenant 47% de foin de luzerne et 53% d'ensilage de maïs puisse être déficitaire en certains acides aminés limitants chez la chèvre (INRA, 2018). De la même façon, la réduction du taux butyreux lorsque le foin de luzerne a été distribué le soir pourrait être attribuée à la réduction de la part d'ensilage de maïs dans la ration, et donc probablement à une réduction des apports en lipides de la ration, ce qui a été bien démontré chez la chèvre (Chilliard *et al.*, 2008). Ceci n'a toutefois pas été observé dans l'essai O1, malgré une réduction assez similaire de l'ensilage de maïs lorsque l'herbe verte a été distribuée le soir, sans doute en raison d'une teneur en lipides de l'herbe (essai O1) supérieure à celle du foin de luzerne dans l'essai O2). Dans l'essai O3, l'augmentation du taux protéique du lait lorsque le bon foin de luzerne a été distribué le soir est faible, et possiblement imputable à la meilleure qualité de la ration, la teneur en MAT des deux régimes comparés n'étant absolument pas limitante pour couvrir les besoins protéiques des chèvres.

5. Conclusion

Cette série d'essais chez les chèvres laitières en lactation a montré de façon très claire leur capacité d'anticipation et d'adaptation pour opérer des choix alimentaires en fonction de leurs préférences, lorsque deux fourrages différents sont offerts à volonté chaque jour de manière asynchrone (matin vs soir). S'il ne semble pas y avoir de lien direct entre la composition chimique des fourrages offerts, la vitesse à laquelle ils sont ingérés et le niveau auquel ils sont ingérés, les chèvres ont montré qu'elles ingéraient en priorité et en majorité le fourrage qu'elles préféraient, étant capables de se priver quasiment toute la journée d'ingérer un fourrage non désiré distribué le matin, pour attendre le fourrage préféré distribué le soir. L'herbe verte affourragée et le foin de luzerne ont toujours été les fourrages préférés, malgré des niveaux d'ingestion très différents. Le fait que les chèvres mangent systématiquement plus d'un fourrage donné lorsqu'il est distribué le soir plutôt que le matin (temps d'accès presque deux fois plus long) modifie profondément la cinétique d'ingestion journalière, mais sans modification majeure de l'ingestion totale. Les effets sur la composition du lait et la production laitière ne sont observés que lorsque les fourrages proposés sont d'appétence proche mais de composition chimique très différente. Dans ces cas seulement, les éleveurs peuvent influencer sur les performances des animaux en modulant l'ordre de distribution. En revanche, lorsque les fourrages sont proches en termes de composition chimique, ou très éloignés en termes de préférence, l'ordre de distribution n'a aucun impact majeur. Les éleveurs peuvent alors choisir l'ordre de distribution le plus adapté à leurs contraintes organisationnelles sans craindre de conséquences sur le troupeau. Pourvu que les fourrages offerts restent accessibles

en permanence, ces essais nous permettent de conclure qu'une grande souplesse dans les pratiques de distribution des fourrages reste possible en élevage caprin.

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 de la ferme expérimentale de Méjusseume (Jean Parois, Antoine Eveno, François Demay, Ségolène Noireau, Jean-Yves Thébault, Jean-Luc Harel, Adeline Chauvin, Ophélie Dhumez, Philippe Lamberton, INRAE, Pegase, 35 Le Rheu) pour leur forte implication dans l'organisation, la conduite des essais, les mesures et les soins apportés aux animaux, Nicole Huchet et Stéphanie Giboulot (INRAE, Pegase, 35 Saint-Gilles) pour la détermination de la composition chimique des aliments, ainsi que les stagiaires qui ont été déterminants dans la réussite de ces études (Julian Belz, Clotilde Delsol, Elisa Deschamps, Ombeline Levert).

Références bibliographiques

- Abijaoudé J.A., Morand-Fehr P., Tessier J., Schmidely P., Sauvant D. (2000). Diet effect on the daily feeding behaviour, frequency and characteristics of meals in dairy goats. *Livest. Prod. Sci.*, 64, 29–37. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00173-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00173-1).
- Baumont R. (1996). Palatabilité et comportement alimentaire chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 9, 349-358.
- Baumont R., Prache S., Meuret M., Morand-Fehr P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 64, 15-28.
- Caillat H., Bossis N., Jost J., Pierre P., Legarto J., Lefrileux Y., Delagarde R. (2016). Les légumineuses dans les systèmes caprins : quelles espèces pour quelles valorisations ? *Fourrages*, 227, 199-206.
- Cannas A., Tedeschi L.O., Atzori A.S., Fox D.G. (2007). The Small Ruminant Nutrition System: Development and evaluation of a goat submodel. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6, 609-611.
- Charpentier A., Delagarde R. (2018). Milk production and grazing behaviour responses of Alpine dairy goats to daily access time to pasture or to daily pasture allowance on temperate pastures in spring. *Small Rumin. Res.*, 162, 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.03.004>
- 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>
- Chilliard Y., Bauchart D., Lessire M., Schmidely P., Mourot J. (2008). Qualité des produits: modulation par l'alimentation des animaux de la composition en acides gras du lait et de la viande. *INRA Prod. Anim.*, 21, 95-106.
- Coulon J.B., Rémond B. (1991). Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply to the dairy cow: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 29, 31-47. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90118-A](https://doi.org/10.1016/0301-6226(91)90118-A)
- Delagarde R., Puillet L., Caillat H., Boyer C., Bluet B. (2025). Fréquence de distribution des fourrages chez la chèvre: effets sur l'ingestion, la production et le comportement. *Fourrages*, 261.
- Dong R.L., Chibisa G.E., Beauchemin K.A. (2018). Estimating optimal observational sampling frequency of behaviors for cattle fed high- and low-forage diets. *J. Anim. Sci.*, 96, 783-796. <https://doi.org/10.1093/jas/skx073>
- 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.P., Faverdin P. (1987). L'ingestion alimentaire chez les ruminants: modalités et phénomènes associés. *Reprod. Nut. Develop.*, 27, 129-155.
- Fança B., Couvet R., Dufourg V., Gentil E., Lictévout V., Bluet B. (2025). Comprendre les pratiques des éleveurs en termes de distribution des fourrages chez les chèvres laitières. *Fourrages*, ce volume.
- Ginane C., Petit M., Baumont R., Lassalas J. (2000). L'ingestibilité des fourrages pourrait orienter les choix alimentaires, et le choix stimuler l'ingestion. *Renc. Rech. Rumin.*, 7, 126.
- Ginane C., Baumont R., Favreau-Peigné A. (2011). Perception and hedonic value of basic tastes in domestic ruminants. *Physiol. Behav.*, 104, 666-674.
- Görgülü M., Boğa M., Serbest U., Şahin, A., Kutlu H. R., Şahinler S. (2008). Diet selection and eating behaviour of lactating goats subjected to time restricted feeding in choice and single feeding system. *Small Rumin. Res.*, 78, 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.04.004>
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) (2018). Alimentation des ruminants. Editions Quae, Versailles, France, 728 pp
- Jarrige R., Dulphy J.P., Faverdin P., Baumont R., Demarquilly C. (1995). Activités d'ingestion et de rumination. In Nutrition des ruminants domestiques. Ingestion et digestion (eds R. Jarrige, Y. Ruckebusch, C. Demarquilly, M.H. Farce, M. Journet), pp. 123-181. INRA Editions, Versailles.
- Miller-Cushon E.K., DeVries T.J. (2011). Validation of methodology for characterization of feeding behavior in dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 94, 6103-6110. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4589>
- Morand-Fehr P. (2003). Dietary choices of goats at the trough. *Small Rumin. Res.*, 49, 231-239. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00141-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00141-X)
- Moyo M., Adebayo R.A., Nsahlai I.V. (2019). Effects of diet and roughage quality, and period of the day on diurnal feeding behaviour patterns of sheep and goats under subtropical conditions. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, 32, 675-690. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0901>
- Niderkorn V., Baumont R. (2009). Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. *Animal*, 3, 951-960. <https://doi.org/10.1017/S1751731109004261>
- NRC (National Research Council) (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep Goat, Cervids, and New World Camelids, National Academy Press, Washington DC, USA 384 p.
- Piccione G., Giannetto C., Casella S., Caola G. (2008). Circadian activity rhythm in sheep and goats housed in stable conditions. *Folia Biologica*, 56, 133-137. https://doi.org/10.3409/fb.56_3-4.133-137
- Pullin A.N., Pairis-Garcia M.D., Campbell B.J., Campler M.R., Proudfoot K.L. (2017). Instantaneous sampling intervals validated from continuous video observation for behavioral recording of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.*, 95, 4703-4707. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1835>
- Sauvant D., Chapoutot P., Giger-Reverdin S., Bluet B. (2021). Extension spatio-temporelle du modèle chèvre INRA 2018 : 1. Application à l'alimentation en lots. *INRAE Prod. Anim.*, 34, 305-326. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.4.535>
- Scherer R., Gerlach K., Südekum K.H. (2019). Decision-making of goats when exposed to choice feeding : triggered by taste or smell ? *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 210, 46-51. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.007>