

CARACTÉRISATION DES RATIONS MÉLANGÉES UTILISÉES EN ÉLEVAGE CAPRIN

Mise en situation

La ration mélangée consiste à mélanger, et parfois couper, différents aliments dans une mélangeuse et à distribuer directement ce mélange aux animaux. Elle est peu développée en élevage caprin, mais présente des intérêts en termes de mécanisation de la distribution de l'alimentation et est un levier d'adaptation au changement climatique.

Résumé

La ration mélangée est une technique courante et bien maîtrisée en élevage de vaches laitières, mais elle reste moins utilisée en élevage caprin. Sur le terrain, cette méthode soulève des questions en raison des craintes liées à la fibrosité physique de la ration et au comportement de tri alimentaire des chèvres. L'objectif de cette étude est de caractériser les rations mélangées utilisées en élevage caprin, pour mieux accompagner les éleveurs de chèvres. Pour ce faire, 22 fermes caprines de l'Ouest de la France utilisant une ration mélangée ont été suivies quatre fois par an, pendant deux lactations successives. La composition des rations au pic de lactation est variée : en moyenne, 5,7 aliments composent le mélange, avec deux autres aliments distribués en dehors du mélange. Le mélange représente 78 % de la ration quotidienne et contient de 2 à 5 fourrages de nature et/ou de conservation différentes. Sur les 22 élevages, seuls 2 distribuent 100 % de la ration via une mélangeuse, tandis que la plupart ajoutent des aliments en dehors du mélange. Trois types de ration mélangée ont été identifiés : la ration « tout mélangé » (près de 90 % de la ration), la ration mixte (3/5 de la ration en mélange) et la ration « mélange + concentrés » (21 % de concentrés apportés séparément). Bien que les chèvres trient légèrement les rations, le faible niveau de refus toléré par les éleveurs limite les effets négatifs du tri. Les rations respectent globalement les équilibres nutritionnels, y compris en termes de fibrosité chimique.

Summary

Characterization of mixed rations used in goat farming

Mixed diet is a common and well-established feeding technique in dairy cow farming, but it is less commonly used in goat farming. In practice, concerns about the physical fibrosity of the ration and the goats' sorting behaviour raise questions about its effectiveness. The aim of this study is to characterize the mixed diets used in goat farming. To achieve this, 22 goat farms in Western France using mixed diets were monitored four times a year over two successive lactations. The composition of the diets at peak lactation is varied: on average, the mixture consists of 5.7 feeds, with two additional feeds distributed separately from the mixture. The mixture represents 78% of the daily diet and contains 2 to 5 types of forage of different nature and/or preservation methods. Of the 22 farms, only 2 distribute 100% of the diet via a mixer, while most add additional feeds outside the mixture. Three types of mixed diets were identified: the "all mixed" ration (nearly 90% of the total diet), the mixed diet (three-fifths of the diet is mixed), and the "mix + concentrates" ration (21% of concentrates provided separately). Although the goats slightly sort the diets, the low level of refusal tolerated by the farmers limits the negative effects of sorting. Overall, the diets meet nutritional balances, including in terms of chemical fibrosity.

Auteurs

Jost J. (1), Gourlez E. (1, 2), Garnier M-G. (3), Couvet R. (3), Blanchard M. (4), Forgerit A. (4), Fanca B. (1), Bluet B. (1), Bayourthe C. (2)

¹INSTITUT DE L'ÉLEVAGE

²INP-ENSAT

³EILYPS GROUP

⁴SEENOVIA

Auteur correspondant

Jérémie JOST, Jeremie.JOST@idele.fr

Mots clés

Caprin, ration mélangée

Key words

Goat, total mixed ration

Références de l'article

Jost J., Gourlez E., Garnier M-G., Couvet R., Blanchard M., Forgerit A., Fanca B., Bluet B., Bayourthe C. (2025). Caractérisation des rations mélangées utilisées en élevage caprin - *Fourrages* 261, 89-102

Article accepté pour publication le 27 mars 2025.

1. Introduction

La ration mélangée consiste à mélanger, et parfois couper, différents aliments dans une mélangeuse et à distribuer directement ce mélange aux animaux. Il s'agit d'une technique d'alimentation courante et bien maîtrisée en élevage bovins laitiers (Schingoethe, 2017) où elle permet une simplification du travail de l'éleveur (Kuhn, 2005), une amélioration des performances des animaux (Deraedt et Lagel, 2001 ; Gentesse, 2010) et finalement un accroissement de la marge brute/UMO (Deraedt et Lagel, 2001). Elle l'est beaucoup moins en élevage caprin pour diverses raisons techniques, économiques et structurelles.

Parmi les raisons techniques, des craintes sont souvent émises sur le terrain concernant la fibrosité physique de la ration, en raison d'une proportion de concentré plus élevée dans la ration des chèvres par rapport à celle des vaches laitières. La fibrosité est au cœur du rationnement des chèvres laitières. Elle influe sur la capacité d'une ration ou d'un fourrage à faire suffisamment saliver les animaux et ainsi à neutraliser les acides du rumen produits par les fermentations et les digestions bactériennes. La fibrosité chimique est facilement évaluable via la valeur en NDF, Neutral detergent fibre, alors que la fibrosité physique l'est par évaluée par la taille moyenne des particules ou bien la proportion de particules retenues par un tamis de taille précisée (Sauvant & Mertens, 2005). Le comportement alimentaire des chèvres, en particulier leur capacité de tri, incite également à prendre des précautions particulières dans la préparation du mélange pour réduire les risques métaboliques.

Pour l'instant, on ne connaît pas les caractéristiques des rations mélangées des élevages caprins et peu de travaux de recherche sont disponibles. Chez la chèvre laitière, Monzon-Gil *et al.* (2010) ont montré qu'une ration mélangée très riche en concentrés (85% de concentrés contenant 26.5% de luzerne deshydratée) peut augmenter la matière sèche (MS) ingérée (+42 à 44% pour les fourrages et +8 à 9% pour les concentrés et deshydratés) et la production laitière (+10 %), comparativement à une distribution séparée des aliments. Des travaux récents menés par Agroscope (Keil *et al.*, 2024) montrent également que :

i/ en proposant simultanément de l'ensilage d'herbe, du foin et un mélange de ces deux fourrages (dans un rapport 50/50 sur la base de la MS ; longueur de coupe 3-4 cm), les chèvres laitières taries n'ont pas de préférence pour le mélange de fourrages puisqu'elles consomment plus d'ensilage (57% de la MS ingérée) que de foin (36 % de la MS ingérée) et de mélange (7 % de la MS ingérée),

ii/ la comparaison de trois mélanges (un mélange de foin et de regain dans un rapport 50/50 sur la base de la MS , un mélange d'ensilage d'herbe et de foin dans un rapport 50/50 et un mélange d'ensilage d'herbe, d'ensilage de maïs et de luzerne dans un rapport 40/55/5), selon deux tailles de coupe des fourrages (coupe courte : 3-4 cm et coupe plus longue : 6-8 cm), montre qu'il n'y a pas de différence sur le fonctionnement du

rumen entre la coupe courte et longue et que même avec une ration mélangée avec des particules courtes, les chèvres ont été capables de trier les aliments.

Cette étude tend à montrer que l'augmentation de l'ingestion observée par Monzo-Gil *et al.* (2010) n'est pas une règle générale et sans doute pas transposable à des rations riches en fourrages. Elle montre également que les craintes liées à la fibrosité physique de la ration en fonction de la préparation du mélange ne sont pas justifiées dans le contexte de l'étude et que les leviers pour réduire le tri sont limités.

Les rations mélangées sont surtout utilisées chez les éleveurs caprins de l'Ouest de la France depuis les années 2010 pour des raisons de simplification du travail et d'intensification de la production. Face aux conséquences du changement climatique, la ration mélangée est aussi un levier d'adaptation mobilisé par les éleveurs de chèvres (Jost *et al.*, 2024). Ces rations permettent en effet de valoriser « facilement » une diversité de fourrages, de nature et de mode de conservation différents. Ceci permet, dans un contexte de changement climatique, de saisir toutes les opportunités de récolte en diversifiant nature des prairies et mode de récolte. On estime qu'actuellement, moins de 5 % des élevages caprins français utilisent une ration mélangée.

L'objectif de cet article est de caractériser les rations mélangées utilisées en élevage caprin dans l'Ouest de la France. Plus largement, l'étude décrite ici a été réalisée dans le cadre du projet Casdar CAPHERB (Jost *et al.*, 2021), qui a permis de proposer des recommandations pour le conseil auprès des éleveurs de chèvres valorisant une ration mélangée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Un réseau de 22 élevages caprins de l'Ouest de la France

Entre 2017 et 2019, 21 fermes commerciales caprines volontaires et utilisatrices de ration mélangée ont été suivies en Deux-Sèvres (12), Vendée (8) et Maine et Loire (1), ainsi que l'exploitation caprine de l'EPLEFPA de Montmorillon dans la Vienne. Il s'agit d'exploitations caprines spécialisées caprin (7) ou mixte avec caprin et bovin viande (13) ou caprin et bovin lait (2), utilisant des mélangeuses à pâles (7), à vis verticale (11) ou horizontale (4) (figure 1).

Les informations relatives à la structure des exploitations et de leurs ateliers ont été recueillies : superficie des terres, main-d'œuvre disponible, taille des ateliers, type de mélangeuse et mélanges distribués. Dans le cas des exploitations caprines mixtes, les mélanges alimentaires pouvant varier d'un atelier à l'autre afin de répondre aux besoins spécifiques des différents types d'animaux, seuls les mélanges destinés aux chèvres ont été pris en compte dans cette étude. Les 22 élevages suivis sont adhérents au contrôle de performances pour l'atelier caprin, et les données collectées au stade « pic de lactation » pendant la deuxième année de suivi ont été exploitées dans le cadre de l'étude.

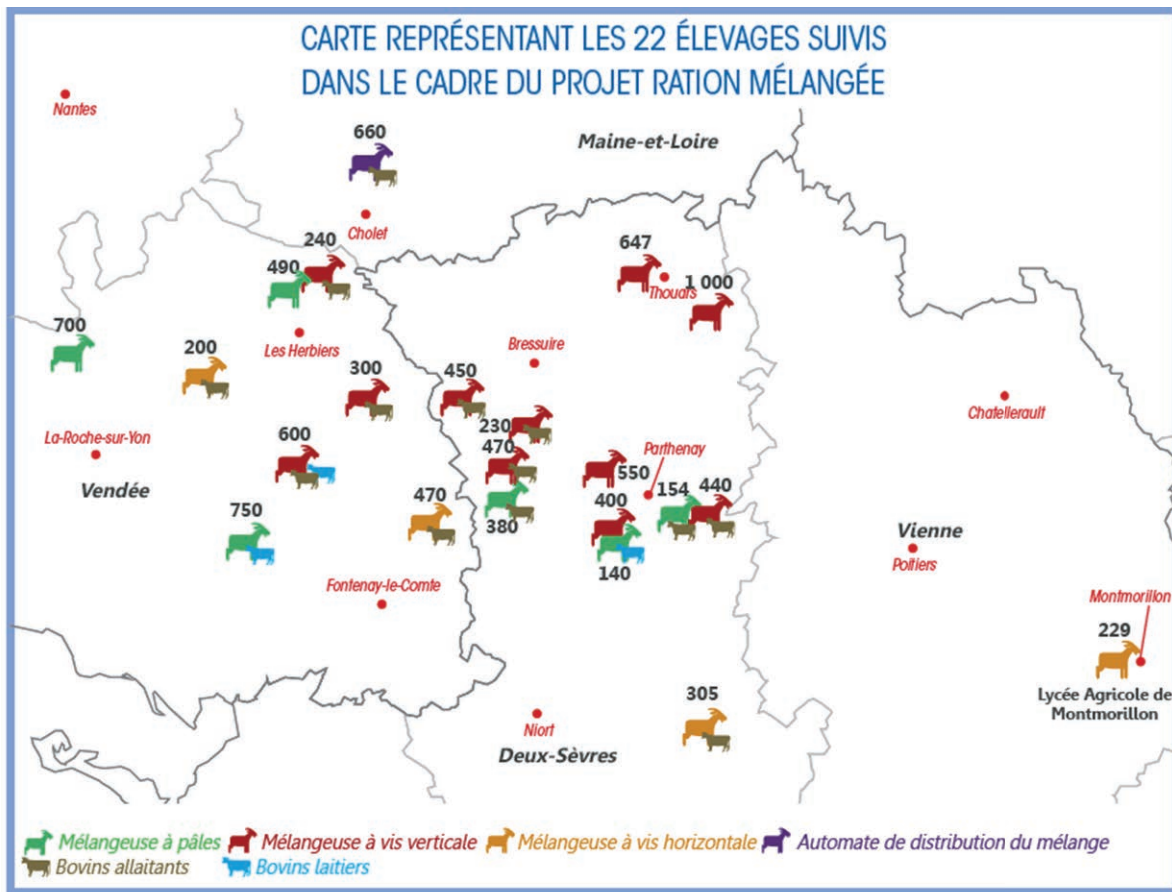


Figure 1 : Répartition géographique, nature du cheptel et taille du troupeau caprin des 22 élevages suivis dans le réseau
 Figure 1: Geographical distribution, nature of livestock and size of the goat herd of the 22 farms monitored in the network

Cinq des 22 élevages font partie du réseau Inosys, permettant une analyse approfondie de leurs données technico-économiques.

2.2. Un suivi des rations mélangées 4 fois par an, pendant 2 années

Pour chaque exploitation, un suivi des rations mélangées a été réalisé 4 fois par an (pic de lactation, mise à la reproduction, fin de lactation, tarissement), au cours de 2 lactations successives. Parallèlement, le groupe d'éleveurs et de conseillers a été réuni 4 fois durant le projet, afin d'analyser et de valider collectivement les résultats obtenus. Les mesures effectuées ont concerné :

- la composition du mélange (nature et proportion des aliments, composition chimique de chaque aliment et du mélange par analyse biochimique au laboratoire INRAE UR P3F de Lusignan),
- son mode de préparation (ordre d'incorporation des aliments, temps de mélange),
- ses caractéristiques (mesure de la teneur en MS par passage à l'étuve pendant 72 h à 60 °, granulométrie avec le Penn State Separator)
- et le niveau de production des animaux (production laitière et taux au stade « pic de lactation »).

Lors de la réalisation du suivi, le technicien commence, sans gêner l'éleveur, par chronométrer la préparation du mélange, en enregistrant les aliments incorporés (nature et quantité), le temps de mélange et éventuellement le temps de déplacement de la mélangeuse. La valeur alimentaire de chaque aliment est également enregistrée (informations fournies par l'éleveur et/ou le conseiller). Lors de la distribution de la ration mélangée, six échantillons de 500 g de matière brute sont prélevés : 2 en début, 2 au milieu et 2 à la fin. Ces échantillons sont tamisés (maille de tamis de 19, 8 et 4 mm) à l'aide du Penn State Separator pour déterminer la granulométrie (Heinrichs & Kononoff, 2002). Chaque échantillon est placé sur le tamis supérieur (19 mm) lui-même empilé sur les deux autres tamis. Après positionnement des tamis empilés sur une surface plane, 5 mouvements horizontaux sont réalisés, avec une amplitude de 18-20 cm. Le Penn State Separator est ensuite tourné d'un quart de tour et 5 nouveaux mouvements horizontaux de 18-20 cm sont réalisés. Cette opération est répétée au total 8 fois selon le protocole proposé par Heinrichs & Kononoff (2002) pour chaque échantillon testé. La quantité de matière retenue sur chaque tamis est pesée et rapportée à la quantité de départ.

La quantité de refus est également mesurée, par pesée des refus à l'auge avant la nouvelle distribution journalière de la

ration mélangée. Deux échantillons de refus (500 g chacun) sont également pesés et tamisés pour en déterminer la granulométrie. Le taux de MS des mélanges distribués et des refus est déterminé après passage à l'étuve des échantillons pendant 72 h à 60°C. Ils sont ensuite analysés d'un point de vue biochimique pour estimer leurs valeurs alimentaires (matière minérale, matière azotée totale, cellulose, digestibilité enzymatique, NDF, ADF, matière grasse). Une évaluation qualitative (état visuel du mélange, de sa granulométrie, de son homogénéité et de son humidité) du mélange et du refus, ainsi que des outils (positionnement des couteaux et contre-couteaux, entretien) est également réalisée par le conseiller. Les aliments distribués et non incorporés dans le mélange sont également suivis : nature, quantité et moment d'intégration dans la ration quotidienne des chèvres.

2.3. Traitement des données collectées.

Le protocole de tamisage décrit précédemment permet de déterminer la proportion de particules retenues sur chaque tamis et, in fine, la taille moyenne des particules (figure 2). L'homogénéité du mélange est appréciée en calculant le coefficient de variation de la taille moyenne des particules entre les échantillons prélevés en début, milieu et fin d'auge.

Calculer la taille moyenne des particules (source : Pennstate University)

$$\text{Taille moyenne des particules} = 10^{\frac{\log(30) \times A + \log(12,33) \times B + \log(5,66) \times C + \log(2) \times D}{100 \%}}$$

Avec :
A = % de particules dans le tamis > 19 mm
B = % de particules dans le tamis 8 mm < tamis < 19 mm
C = % de particules dans le tamis 4 mm < tamis < 8 mm
D = % de particules dans le tamis < 4 mm

Figure 2 : Equation de calcul de la taille moyenne des particules (Pennstate University - Heinrichs & Kononoff (2002))

Figure 2: Equation for calculating mean particle size (Pennstate University - Heinrichs & Kononoff (2002))

Les indicateurs de rationnement (couverture des besoins en UFL, PDI et critères nutritionnels tels que NDF, amidon et sucres, part de fourrages dans la ration) sont calculés en croisant plusieurs sources de données : la composition de la ration, les analyses biochimiques des aliments, et les résultats des contrôles laitiers pour estimer les besoins des animaux. Ces calculs sont effectués à l'aide des équations INRA 2007 (Agabriel, 2010) en adoptant une approche par lot (Institut de l'Élevage, 2011). Le traitement des données est réalisé avec le logiciel Cap'Alim.

Dans Cap'Alim, un lot correspond à un groupe de chèvres recevant la même ration. Cependant, en raison des différences de niveaux de production entre les chèvres au sein d'un même lot, leurs besoins nutritionnels et leurs capacités d'ingestion varient. Chaque chèvre ingère la ration en fonction de sa capacité d'ingestion selon les règles suivantes : les fourrages (ou mélanges contenant au moins un fourrage) sont consommés au prorata de la capacité d'ingestion, tandis que les concentrés distribués séparément des fourrages sont consommés en quantités identiques par tous les animaux.

L'analyse du rationnement dans un lot repose sur trois profils d'animaux (Institut de l'Élevage, 2011) :

- l'animal cible est celui dont la production laitière correspond à la moyenne du lot augmentée d'un écart-type. C'est l'animal dont on cherche à couvrir les besoins. C'est sur cet individu théorique qu'est évalué le taux de couverture des besoins en unités fourragères lait (UFL) et en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) ;
- l'animal moyen est celui dont la production laitière correspond à la moyenne du lot. Si l'on suppose une répartition normale des productions, cet animal est représentatif de l'ingestion moyenne du lot et permet d'évaluer le niveau de saturation de la capacité d'ingestion du lot ;
- l'animal faible correspond au premier décile du lot en termes de production (les 10 % des animaux les moins productifs). C'est l'animal qui ingère le moins et par conséquent, celui pour lequel la part de concentrés dans la ration peut être la plus élevée, si des concentrés sont apportés séparément des fourrages. L'analyse de cet animal porte sur les indicateurs liés aux risques métaboliques, tels que la part des concentrés, les taux d'amidon et de fibres (NDF).

Cette analyse a été réalisée uniquement pour les rations mélangées distribuées au pic de lactation lors de la deuxième année de suivi. La typologie des rations mélangées a mobilisé la méthode graphique de Bertin (1977), sur les critères suivants : part de concentrés et de fourrages distribués dans et hors mélange.

3. Résultats

Dans cette partie résultats, nous allons décrire :

- les élevages caprins utilisateurs de la ration mélangée,
- la composition des mélanges
- la préparation et la distribution du mélange
- les performances zootechniques permises par ces rations
- l'évolution des caractéristiques des rations mélangées selon le stade physiologique des chèvres
- les pratiques des éleveurs sur le rationnement des chevrettes avec une ration mélangée.

3.1. Description des élevages caprins utilisateurs de la ration mélangée

Les 22 élevages suivis se caractérisent par une surface agricole utile (SAU) moyenne de 114 hectares. La surface fourragère principale (SFP) représente 75 ha, soit 66 % de la SAU. On dénombre 3 unités main d'œuvre (UMO), dont 1,5 pour l'atelier caprin.

L'élevage moyen de l'échantillon étudié compte 472 chèvres (médiane à 270 chèvres/UMO), avec une orientation laitière

(100 %), des mises-bas saisonnées (84 %) et plusieurs lots (4 en moyenne) physiquement séparés d'animaux en production. Un peu plus des deux tiers (16 sur 22) des élevages sont mixtes, le troupeau bovin étant également nourri avec une ration mélangée. Dans ces troupeaux, l'atelier complémentaire est majoritairement un troupeau allaitant (12 élevages), occasionnellement laitier (3 élevages). Un élevage possède des vaches laitières et des bovins allaitants. Les élevages spécialisés possèdent un cheptel plus important (625 vs 363 chèvres en moyenne régionale) que les non spécialisés (419 vs 361 chèvres en moyenne régionale). Lors du suivi réalisé au pic de lactation, le lait standard corrigé (35 g/kg de TB et 31 g/kg de TP) produit en moyenne par chèvre multipare est de 3,6 kg par jour.

Le matériel de mélange utilisé est diversifié : mélangeuses à vis verticale (11 élevages) ou horizontales (4 élevages), mélangeuses à pâles (7 élevages).

Les 5 exploitations du réseau Inosys (2 spécialisés et 3 mixtes) obtiennent les mêmes performances laitières que les autres fermes du réseau (tableau 1). Elles présentent des rations plus fourragères et autonomes (achats d'aliments inférieurs). Malgré des équipements importants en matériel, leur coût de mécanisation ramené aux 1 000 litres est un peu en dessous des autres élevages. La taille du troupeau et souvent la présence d'un atelier bovin permettent de "diluer" ce coût. Ces résultats ne peuvent pas être généralisés car ils ont été observés sur 5 exploitations de l'échantillon seulement. 3.2. Des rations mélangées diversifiées, composées à plus de 50% par des fourrages

3.2. Des rations mélangées diversifiées, composées à plus de 50% par des fourrages

La composition des rations au pic de lactation est diversifiée (tableau 2) : en moyenne 5,7 aliments en mélange (entre 2 et 12 aliments différents par ration) et 2 aliments distribués hors mélange. Le mélange représente en moyenne 78 % (entre 51 et 100%) de la ration distribuée par jour et est composé de 2,9 fourrages en moyenne (entre 2 et 5) de nature et/ou conservation différente.

Les rations distribuées au pic de lactation sont composées en moyenne de 64% de fourrages et de 57% d'aliments produits sur l'exploitation. L'ensilage de maïs est présent dans la quasi-totalité des mélanges (seuls 2 mélanges en sont dépourvus). On observe une diversité d'aliments utilisés (figure 3), dont notamment, des foins de graminées (en moyenne, 12% de la ration) et/ou de légumineuses (6%), des enrubannés d'herbe (12%), des ensilages d'herbe ou de méteil/sorgho (3%), et des concentrés (42 %).

La figure 4 décrit la composition massique moyenne de la ration distribuée aux chèvres, en mélange et hors-mélange. La ration mélangée est diversifiée, avec une forte présence (45%) de fourrages humides (30 % d'ensilage de maïs, 12 % d'enrubanné et 3% d'autres ensilages) et de concentrés + déshydratés (39%). Les fourrages secs, souvent plus fibreux, se retrouvent en majorité hors mélange : 54 % de foin de luzerne, de foin grossier de graminée et de paille hors mélange (13 % dans le mélange). Les concentrés composent à 46 % la ration hors-mélange.

Tableau 1 : Un système économiquement viable, à condition de maîtriser les charges de mécanisation

Table 1: An economically viable system, provided that mechanization costs are controlled

	Livreurs mélangeuse	Livreurs Ouest > 300 chèvres et plus*
Nombre d'élevages	5	64
Nombre de chèvres	406	493
Lait par chèvre (kg lait/chèvre)	939	913
+ Achats d'aliments (€/1 000 l)	210	228
+ Approvisionnement des surfaces (€/1 000 l)	33	30
+ Mécanisation (€/1 000 l)	107	119
+ Foncier (€/1 000 l)	25	20
= Coût du système d'alimentation (€/1 000 l)	376	397

*Source : traitement Institut de l'élevage des bases de données DIAPASON - Inosys Réseaux d'élevage et COUPROD-2017

Caractérisation des rations mélangées utilisées en élevage caprin

Tableau 2 : description des rations distribuées au pic de lactation (40 données)

Table 2: description of rations distributed at peak lactation (40 data)

	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum	Maximum
Nombre d'aliments dans la ration (hors CMV)	8,0	8	1,7	4	15
Dont en mélange	5,7	6	1,7	2	12
Nombre de fourrages dans la ration	3,9	4	0,9	2	7
Dont en mélange	2,9	3	0,8	2	5
Nombre de concentrés dans la ration	3,8	4	0,9	2	6
Dont en mélange	2,6	3	1,3	0	5
Part de mélange dans la ration	78%	81%	12%	51%	100%
Part de fourrages dans la ration	64%	65%	8%	37%	83%
Part de fourrages dans le mélange	68%	65%	14%	37%	100%
Part d'ensilage de maïs dans le mélange	34%	32%	14%	0%	71%
Part d'herbe (foin, enrubannage ou ensilage) dans le mélange	23%	21%	12%	0%	52%

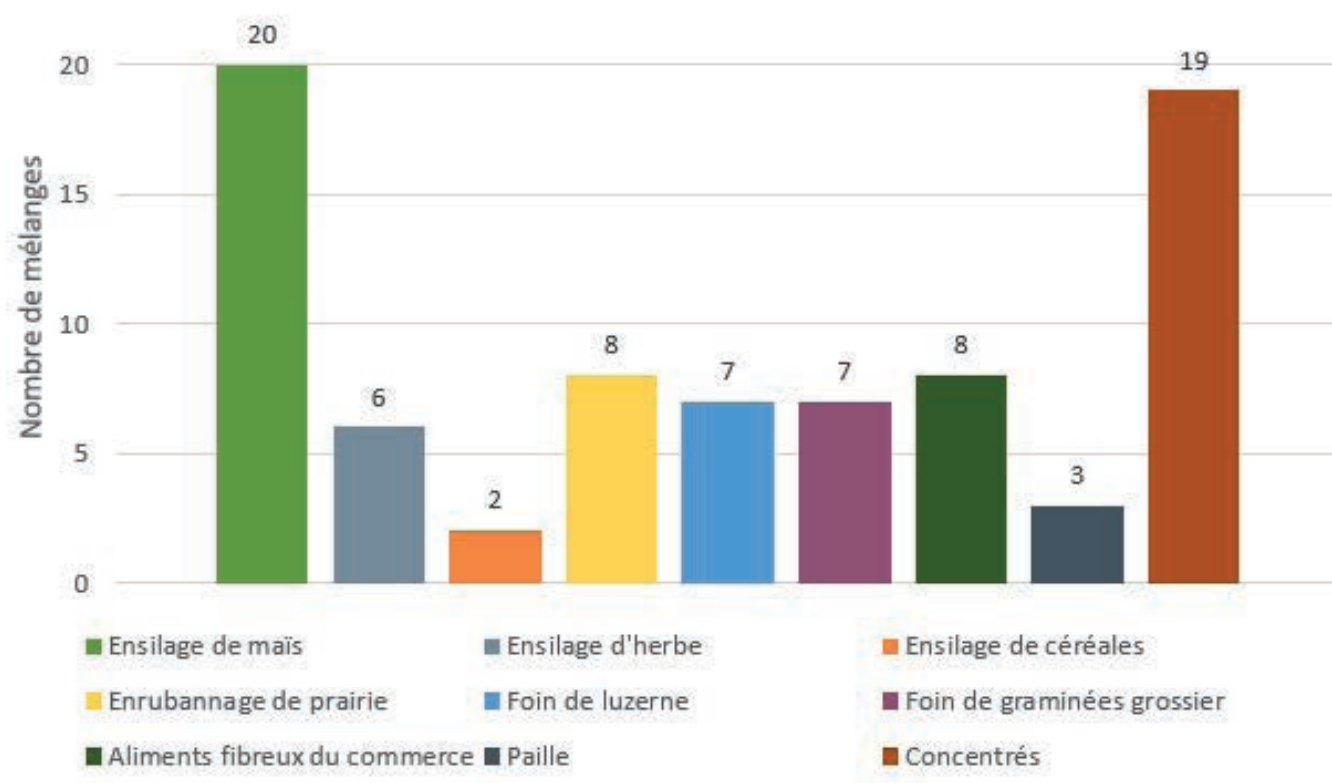


Figure 3 : Aliments présents dans les différents mélanges analysés

Figure 3: Feeds present in the different mixtures analyzed

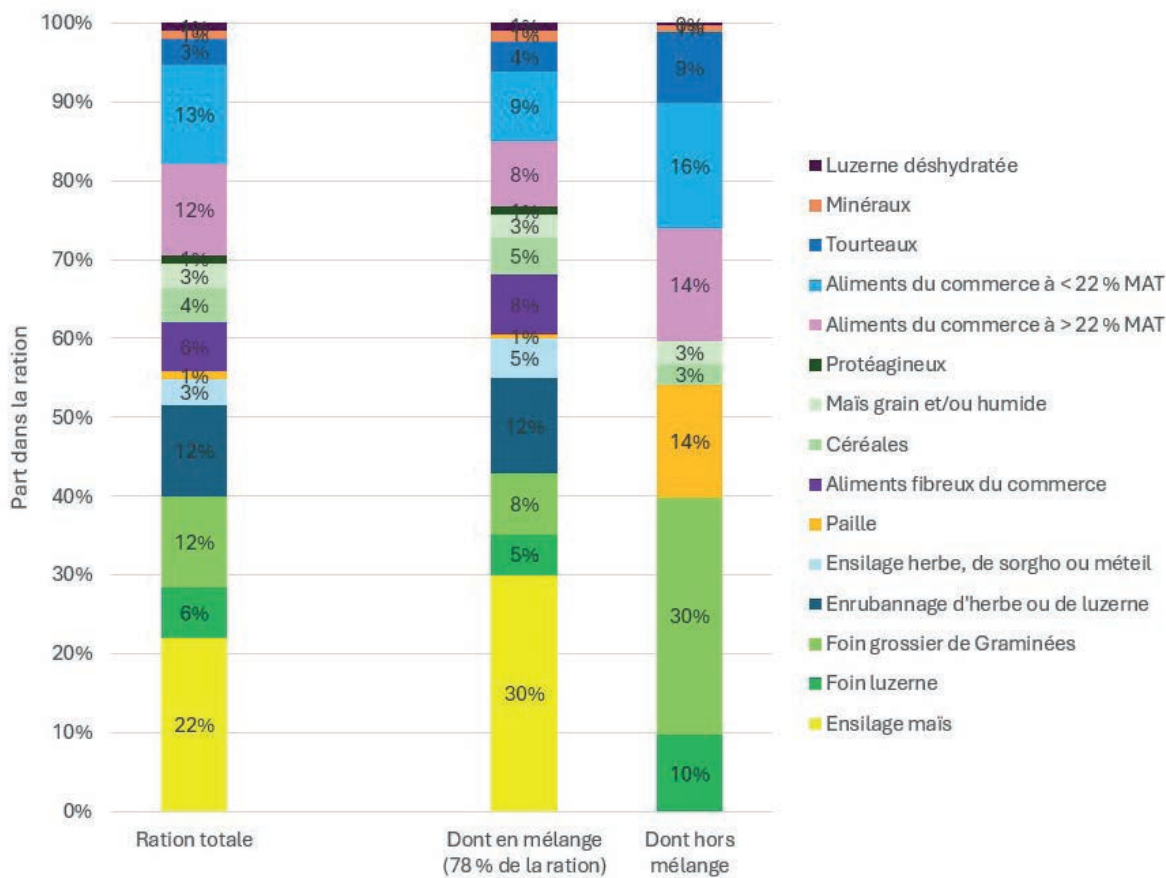


Figure 4 : Composition moyenne de la ration des chèvres, distribuée en mélange ou hors mélange

Figure 4: Average composition of the goat diet, distributed in a mixture or not in a mixture

D'autres ingrédients sont ajoutés dans les rations mélangées : de l'eau dans 3 élevages (ce qui correspond alors à 8 % de la masse du mélange préparé), de la mélasse (36,7 kg de MS du mélange, soit moins de 0,1% du mélange) dans 4 élevages, de la matière grasse (19,5 kg de MS, soit moins de 0,1% du mélange) dans 3 élevages ou des levures vivantes dans 2 élevages uniquement (2% de la matière sèche du mélange).

3.3. Préparation et distribution du mélange

Le temps de préparation du mélange (pour 405 chèvres en moyenne) est d'environ 52 min, dont 20 min de mélange et 9 min de distribution du mélange dans la chèvrerie. Ainsi, il faut une heure pour préparer et distribuer la ration mélangée. En moyenne, 15 min sont nécessaires pour préparer, mélanger et distribuer la ration mélangée pour un équivalent de 100 chèvres.

Le mélange est distribué 1 fois par jour dans 20 des 22 exploitations sur une plage horaire allant de 7h30 à 11h30. Il est repoussé entre 1 à 6 fois dans la journée (2 fois en moyenne) car une partie du mélange est souvent inaccessible aux chèvres lors de la première distribution. Les repousses sont généralement faites manuellement (19 éleveurs/22). Un éleveur distribue deux fois par jour du mélange (à 9h et 18h) et, dans ce cas, il n'y a pas de repousse du mélange à l'auge. En complément, il y a 2,3 distributions hors mélange de concentrés (6 distributions au maximum, via un distributeur

automatique, en salle de traite et/ou à l'auge) et 0,2 distributions de fourrages (1 au maximum, dans 12 élevages). Ainsi, sur la journée, les chèvres reçoivent de 1 à 9 distributions, avec une moyenne de 4,9 distributions.

Il reste moins de 5 % de refus dans les rations suivies avant distribution d'un nouveau mélange.

3.4. Trois types de ration mélangée

Trois types de ration mélangée, décrits dans le tableau 3, ont été identifiés :

- La ration « tout mélangé » (10 élevages/22) : près de 90 % de la ration est apporté par le mélange. En complément, du fourrage sec (10%) est distribué au râtelier pour « sécuriser la ration » selon les éleveurs et leurs conseillers et très peu de concentré (1%) est distribué en salle de traite ;
- La ration mixte (7 élevages/22) : le mélange constitue environ 3/5ème de la ration. Du concentré (26%) et des fourrages (13%) sont apportés à l'auge ;
- La ration « mélange + concentrés » (5 élevages/22) : 80 % de la ration est composée du mélange ; une proportion encore significative de concentrés (21%) est apportée à l'auge, mais aucun fourrage.

Tableau 3 : Description des rations au pic de lactation

Table 3: Description of diets at peak lactation

	Ration « tout mélangé »	Ration mixte	Ration « mélange + concentrés »
Nombre d'élevages concernés	10	7	5
Part de la ration en mélange (%)	89 ± 0,07	61 ± 0,14	79 ± 0,12
Part de fourrages dans la ration (%)	71 ± 0,06	60 ± 0,08	58 ± 0,03
Nombre d'aliments dans le mélange (dont fourrages)	6,8 (2,9)	5 (2,7)	3,9 (3,2)
Nombre d'aliments hors du mélange (dont fourrages)	1,4 (1)	3,6 (1)	2 (0)
Part de fourrages hors mélange (%)	10 ± 0,06	13 ± 0,05	0
Part de concentrés hors mélange (%)	1 ± 0,01	26 ± 0,11	21 ± 0,11
Refus (% de MB)	4,6 ± 0,02	3,5 ± 0,03	4,6 ± 0,03
Taux de MS de la ration (%)	56 ± 0,03	54 ± 0,08	56 ± 0,03
NDF des fourrages de la ration (%)	26 ± 0,06	28 ± 0,04	26 ± 0,03
NDF total de la ration (%)	40 ± 0,04	41 ± 0,02	35 ± 0,04
MAT (%)	17,3 ± 0,02	16,8 ± 0,015	19,7 ± 0,02

MB : matière brute ; MS : matière sèche ; NDF : Neutral Detergent Fiber ; MAT : matières azotées totales.

La structure d'exploitation et le choix de la mélangeuse ne varient pas entre les groupes.

Du fourrage grossier est disponible en libre accès dans toutes les exploitations. L'apport de fourrage en dehors du mélange (à l'auge ou au râtelier) est motivé, à dire d'éleveur, par l'objectif de sécuriser la ration en favorisant la consommation de fibres. L'apport de concentrés en dehors du mélange est bien souvent lié à la présence d'un automate de distribution, antérieur à l'investissement dans une mélangeuse. Il permet également d'ajuster les rations aux besoins des différentes catégories d'animaux recevant le même mélange.

Le tableau 4 présente les caractéristiques des différents mélanges pour chaque type de ration mélangée, notamment en termes de composition chimique et de granulométrie. La teneur en NDF est relativement proche et comprise entre 55,4 et 56,1% de la MS. En toute logique, les mélanges des rations « mixtes » et des rations « mélange + concentrés » sont moins riches en MAT (14,3% et 13,2% respectivement) que ceux des rations « tout mélangé » (15,6%), les concentrés riches en protéines étant généralement apportés au distributeur automatique de concentrés.

Le taux de refus et la composition chimique des trois types de ration sont proches. Ainsi, quel que soit le mode de distribution, les éleveurs ont des objectifs similaires en termes de qualité de ration et les aliments apportés en dehors des mélanges rééquilibrent les différences observées entre les mélanges. L'évaluation de l'équilibre de la ration totale a été effectuée lors du suivi au pic de lactation de la deuxième campagne.

L'analyse granulométrique des mélanges montre un gradient entre les trois types de rations : les mélanges des rations « tout mélangé » (où 100 % des concentrés sont apportés dans le mélange et 10% des fourrages grossiers au râtelier) se caractérisent par une proportion de particules fines plus importante et une proportion de particules grossières plus faible que les mélanges des deux autres types de rations. En conséquence, la taille moyenne des particules est plus faible pour les rations « tout mélangé » qui sont également mélangées plus longtemps (+1,3 minutes par tonne de matière brute mélangée).

3.5. Ration mélangée, couverture des besoins et risques métaboliques

Afin d'évaluer la capacité de tri des chèvres, un suivi spécifique de la composition chimique de 17 mélanges distribués et des refus a été réalisé lors des mesures au pic de lactation de la 2ème année (tableau 5). Les résultats illustrent que malgré les efforts des éleveurs pour limiter le tri en mélangeant les aliments, les chèvres parviennent à consommer la partie la plus protéique, la plus digestible et la moins fibreuse de la ration. Cependant les écarts restent relativement faibles et, étant donné le faible niveau de refus toléré par les éleveurs dans ces systèmes (moins de 5%, tableau 3), la différence entre la valeur du distribué total et de l'ingéré total est faible.

Les rations mélangées et les compléments en fourrages et concentrés (qualitatif et quantitatif) ont été renseignées dans l'outil de rationnement CAP'ALIM, en lien avec les données du contrôle

Tableau 4 : Description des mélanges au pic de lactation

Table 4: Description of mixtures at peak lactation

	Ration « tout mélangé »	Ration mixte	Ration « mélange + concentrés »
Taux de MS du mélange (%)	54 ± 0,03	44 ± 0,05	47 ± 0,05
MAT (% MS)	15,6 ± 0,03	14,3 ± 0,04	13,2 ± 0,05
NDF (% MS)	55,7 ± 0,05	56,1 ± 0,03	55,4 ± 0,04
Digestibilité pepsine-cellulase (%)	67,3 ± 0,05	65,9 ± 0,04	64,9 ± 0,05
Temps de mélange (min/t MB)	11,2 ± 7,1	8,8 ± 5,2	9,9 ± 5,4
Taille moyenne des particules du mélange (mm)	9,2 ± 1,6	10,1 ± 1,8	12,8 ± 1,0
Coefficient de variation de la taille moyenne des particules (homogénéité des mélanges)	3,7 ± 0,02	4,2 ± 0,02	3,3 ± 0,02
Part de mélange à forte granulométrie (> 19 mm) (%)	19 ± 0,13	29 ± 0,17	35 ± 0,06
Part de mélange à faible granulométrie (< 4 mm) (%)	18 ± 0,05	15 ± 0,05	10 ± 0,05

MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales ; NDF : Neutral Detergent Fiber ; MB : matière brute.

Tableau 5 : Composition chimique des mélanges et des refus au pic de lactation (17 échantillons)

Table 5: Chemical composition of mixtures and refusals at peak lactation (17 samples)

	Mélange		Refus	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
MS (% MB)	53	0,11	59	0,09
En % MS				
MM	8,4	1,4	10,4	3,6
MAT	15,9	4,1	13	2,3
NDF	54,3	4,1	60,5	3,2
ADF	31,2	3,1	36,7	3,3
CB	30,7	6,2	33,4	4,4
Amidon	12,9	3,7	9,6	5,0
MG	3,1	0,57	2,3	0,7
Digestibilité pepsine-cellulase (%)	67,4	4,4	61,1	4,7

MB : matière brute ; MS : matière sèche ; MM : matière minérale ; MAT : matières azotées totales ; NDF : Neutral Detergent Fiber ; ADF : Acid Detergent Fiber ; CB : cellulose brute ; MG : matière grasse.

laitier. Conformément à la méthode d'analyse proposée par l'Idel (2011), l'analyse de la ration se fait sur les trois animaux : faible, moyen et cible. Le tableau 6 présente les niveaux de production en lait brut pour les troupeaux de multipares suivis pour les trois types de rations. Il n'y a pas de différence entre les types décrits. La moyenne de production laitière est de 3,7 kg/chèvre/j au pic de lactation. L'analyse de la cohérence de l'ingestion est réalisée sur l'animal moyen (tableau 7). 3,1 kg de MS est distribué aux chèvres par jour, dont 77 % en mélange. Les refus représentent 3,9 % de la ration distribuée et la saturation de la capacité d'ingestion est de 96 %.

L'analyse de la cohérence entre la ration et la production laitière est réalisée sur l'animal cible (tableau 8). La couverture des besoins en UFL (102%) et en PDI (132 %) est en cohérence avec les recommandations. Enfin, les risques métaboliques sont évalués sur l'animal faible, à partir des indicateurs nutritionnels (tableau 9). 51 % de la ration est composée de fourrages, permettant une fibrosité chimique suffisante (NDF = 39%).

Caractérisation des rations mélangées utilisées en élevage caprin

Tableau 6 : Production laitière brute selon les besoins des animaux (animal faible, moyen et cible) au pic de lactation

Table 6: Milk production according to animal needs (low, medium and target animal) at peak lactation

	Ration « tout mélangé »	Ration mixte	Ration « mélange + concentrés »	Moyenne
Production laitière brute (kg/chèvre) – Animal faible	2,8	2,5	2,7	2,6
Production laitière brute (kg/chèvre) – Animal moyen	3,8	3,5	3,7	3,7
Production laitière brute (kg/chèvre) – Animal cible	4,7	4,3	4,5	4,5
Ecart-type	0,92	0,94	0,93	0,93

Tableau 7 : Performances laitières moyennes et ingestion de la ration distribuée au pic de lactation

Table 7: Average milk performance and feed intake of the distributed diet at peak lactation

	Moyenne	Ecart-type
Chèvres traites	403	193
Lait produit par chèvre traite (kg) - Multipares	3,4	0,7
TB moyen (g/kg) - Multipares	37,6	3,1
TP moyen (g/kg) - Multipares	33,2	1,8
Lait standard (TB = 35 g/kg et TP = 31 g/kg) - Multipares	3,6	0,8
Quantité distribuée (kg MS/chèvre/jour)	3,1	0,50
dont en mélange	2,4	0,59
dont hors mélange	0,7	0,47
Taux de refus (%)	3,9	0,03
Quantité ingérée (kg MS/chèvre/jour)	3,0	0,03
Saturation de la capacité d'ingestion (%) - l'animal moyen	96	0,1

Tableau 8 : Taux de couverture de l'animal cible (22 rations)

Table 8: Coverage rate of the target animal's needs (22 diets)

	Moyenne	Ecart-type
UFL (%)	102	0,11
PDI (%)	132	0,18

Tableau 9 : Indicateurs nutritionnels de la ration distribuée au pic de lactation (taux de couverture des besoins de l'animal faible)

Table 9: Nutritional indicators of the distributed diet at peak lactation (low level of animal needs coverage)

	Moyenne	Écart-type
Part de fourrages (%)	51	0,12
NDF (%)	39	0,04
Amidon et sucres (%)	21	0,06

La ration des chèvres évolue au cours de la lactation pour répondre à ses besoins (Institut de l'Élevage, 2011). On constate une forte évolution de la composition du mélange entre le pic de lactation et la période de tarissement (tableau 10). Le mélange est plus riche en fourrages au tarissement (70 % du mélange) par rapport au pic de lactation (63 % de fourrages). Ceci induit logiquement, malgré un temps de mélange plus long (+ 3,6 min / t MB), un mélange au tarissement avec une proportion de particules grossières supérieure à 19 mm plus forte (+ 22 %), de particules fines inférieures à 4 mm plus faible (- 13 %) et donc une taille moyenne de particules plus longue (+ 4,5 mm).

3.6. Ration mélangée pour les chevrettes : un état des lieux des pratiques

Lors des suivis, la ration mélangée distribuée aux chevrettes n'a pas été étudiée. Cependant, lors d'une réunion du groupe d'éleveurs (avril 2018, 20 participants), ces derniers ont pu échanger sur leurs pratiques en termes de rationnement des chevrettes avec une mélangeuse. Les chevrettes peuvent consommer de la ration mélangée : 19 éleveurs (/20) distribuent de la ration mélangée aux chevrettes.

Tableau 10 :Évolution des caractéristiques du mélange selon le stade physiologique des chèvres

Table 10: Evolution of the mixture's characteristics according to the physiological stage of the goats

	Pic de Lactation	Mise à la reproduction	Fin de Lactation	Tarissement	Moyenne
Nombre d'échantillons	41	46	27	39	153
Granulométrie (%)					
Particules > 19 mm	25	35	33	47	35
Particules 8-19 mm	43	35	36	30	36
Particules 4-8 mm	17	16	17	13	16
Particules < 4 mm	15	14	15	10	13
Taille moyenne des particules (mm)	10,8	12,3	11,7	15,3	12,5
Coefficient de variation de la taille moyenne des particules (%)	4	4	5	5	4
Surface spécifique (cm ² .g ⁻¹)	0,86	0,79	0,82	0,64	0,78
Coefficient de variation de la surface spécifique (%)	4	5	5	6	5
Temps de mélange (min/t MB)	9,8	12,7	12,2	19,9	13,4

MB : matière brute.

L'introduction de la ration mélangée aux chevrettes se fait, selon les élevages, à différents âges : i/ avant 6 mois (11 éleveurs/20), ii/ autour de la mise à la reproduction vers 6-8 mois (3 éleveurs/20), iii/ avant la mise-bas (6 éleveurs/20). Le choix de ne pas utiliser une ration mélangée est principalement justifié par un problème d'accessibilité du bâtiment « chevrettes » avec la mélangeuse (distance, hauteur et/ou facilité de circulation avec la mélangeuse) et/ou des craintes d'un « manque de développement de la panse » avec la ration mélangée.

4. Discussion

4.1. Résultats obtenus

En comparaison des références acquises sur les rations mélangées caprins, Jost *et al.* (2021) montrent que dans 18 élevages valorisant du foin ventilé, la ration au pic de lactation est composée de 1,1 fourrages différents (nature et mode de conservation) et de 3 concentrés en moyenne (soit 4,1 aliments différents). Les rations mélangées sont donc plus diversifiées que celles présentes dans les autres systèmes alimentaires.

Concernant le temps de préparation et de distribution de la ration mélangée, les références Institut de l'Élevage (2010) indiquent que le cumul de temps de travail moyen (quel que soit le système alimentaire) pour les troupeaux de plus de 300 chèvres est de 55 min/100 chèvres. Avec la ration mélangée, notre étude montre qu'il faut 15 min/100 chèvres. La mécanisation de la préparation de la ration et de la distribution avec une mélangeuse peut permettre un gain de temps : 40 min/100 chèvres. La distribution de l'alimentation sera également moins pénible, plus précise et plus homogène entre les animaux. Concernant l'ordre d'incorporation des aliments, il est souvent recommandé de commencer par les aliments les plus

fibres pour terminer avec les aliments les plus fragiles, ce qui est fait dans 78 % des élevages.

4.2. En caprin, les rations mélangées ne sont jamais 100% mélangées : à tort ou à raison ?

La diversité des rations mélangées analysées dans cette étude rend difficile toute généralisation. Cependant, les rations où la totalité des aliments distribués quotidiennement sont mélangés (ration « tout mélangé ») sont rares. Seuls 2 élevages (sur 22) distribuent 100 % de la ration des chèvres avec une mélangeuse. Pour les autres élevages, un ou plusieurs aliments sont distribués hors mélange.

Le choix des systèmes combinant des rations mélangées avec des apports complémentaires, tels que les rations mixtes ou les rations « mélange + concentrés », semble souvent motivé par deux principales raisons, selon les éleveurs. La première raison est l'apport de fourrage supplémentaire, à l'auge ou au râtelier, en dehors du mélange pour sécuriser l'apport de fibre physique aux chèvres, malgré une fibrosité chimique (caractérisé par la NDF, Neutral detergent fibre) conforme aux recommandations. Les travaux récents du projet MaxForGoat (Delagarde *et al.*, 2025) montrent que les chèvres expriment des préférences alimentaires marquées lorsqu'elles ont accès à plusieurs fourrages ou mélanges. Cela soulève des questions sur la pertinence de la distribution supplémentaire d'un fourrage (en dehors du mélange), d'autant plus qu'elle peut représenter un surcroît de travail pour l'éleveur. Une étude approfondie serait nécessaire pour confirmer ou infirmer son intérêt réel. La seconde raison est l'apport de concentrés à la traite ou en chèvrerie, généralement via un distributeur automatique de concentrés. Ce choix est souvent lié à l'existence de ces dispositifs avant l'adoption des rations mélangées et permet d'ajuster la ration en fonction des besoins spécifiques de chaque lot de production.

4.3. Des rations mélangées plus grossières qu'en bovin lait

Des recommandations existent en bovin concernant les valeurs de granulométrie au Penn State. Elles sont décrites par Méline (2015) et reprises dans le tableau 11. On constate que les rations mélangées tamisées (n = 153) présentent une proportion moyenne de particules grossières (> 19 mm) plus importante que les recommandations en vache laitière, mais similaire si on prend en compte les particules > 8mm. Devant la diversité de composition des mélanges et la présence fréquentes de fourrages et/ou concentrés distribués hors mélange, nous n'avons pas émis de recommandation de répartition de la granulométrie de la ration mélangée.

4.4. Une rationalisation du travail pour les grands troupeaux ou les troupeaux mixtes

Ce qui différencie les exploitations ayant recours à la ration mélangée semble principalement lié à leur structure, notamment à la taille du cheptel caprin ou à la présence d'un autre atelier herbivore. Cela est cohérent avec la nécessité de disposer de bâtiments permettant une utilisation rationnelle de la mélangeuse, d'une dimension structurelle suffisante pour amortir le matériel, et qui offre un intérêt en termes de rationalisation du travail.

4.5. Des rations conformes aux recommandations et pratiques usuelles.

Cette analyse doit être interprétée avec prudence en raison de l'incertitude persistante concernant l'évaluation des besoins des animaux, notamment en lien avec leur poids.

Dans les rations analysées au pic de lactation, l'écart-type des productions brutes observée est de 0,93 kg (tableau 6), ce qui est supérieur au niveau généralement observé dans les troupeaux adhérents au contrôle laitiers (0,8 kg). Cette plus forte hétérogénéité peut s'expliquer par le fait que les lots d'animaux sont plus importants et que le recours à la ration mélangée permet moins d'alimenter les animaux en sous-groupes selon leurs besoins, en particulier pour les rations « tout mélangé ».

La saturation de la capacité d'ingestion observée est légèrement inférieure à 100 %. Ce résultat est cohérent avec le faible niveau de refus toléré sur ces rations. Il est en effet reconnu que, chez les caprins, le niveau d'ingestion augmente avec la quantité d'aliments offerts, dépassant parfois la capacité d'ingestion prévue par le modèle INRA 2007 (Sauvant *et al.*, 2021). Ce constat suggère que soit le niveau d'ingestion tend à être légèrement plus faible en ration mélangée qu'en ration classique, soit nous avons sous-estimé les quantités ingérées par les chèvres. Cependant, cette différence ne doit pas nécessairement être attribuée de manière intrinsèque à la ration mélangée. Elle pourrait plutôt résulter du fait que les rations mélangées sont souvent associées à un niveau de refus toléré plus faible, visant à limiter le gaspillage, notamment des concentrés. Cette hypothèse reste à confirmer par des études supplémentaires pour mieux comprendre les interactions entre le mode de distribution et les comportements d'ingestion.

Les taux de couverture en UFL sont très proches de 100 %. Dans d'autres systèmes, le taux de couverture au pic de lactation reste légèrement en deçà de ce seuil, conformément aux recommandations, la différence étant compensée par une mobilisation des réserves corporelles. Cette particularité semble indiquer que les rations mélangées, telles que pratiquées par les éleveurs suivis et généralement plus denses en énergie, entraîneraient une moindre mobilisation des réserves corporelles par rapport à d'autres systèmes. Cette hypothèse nécessite d'être confirmée par des suivis de poids ou par l'évaluation des notes d'état corporel.

Les besoins en PDI sont quant à eux très largement couverts. Il convient cependant de noter que la révision du modèle INRA (INRA, 2018) a conduit à une augmentation des besoins estimés en PDI pour les chèvres, de l'ordre de +20 %, tout en intégrant une révision des apports évalués dans la ration. Cet excès apparent de PDI pourrait donc être plus faible à la lumière de ce nouveau modèle et reste dans la moyenne des observations antérieures (Bluet, 2017). Les rations pratiquées présentent un facteur de risque quant à la part de fourrage dans la ration (seuil de risque inférieur à 60%). Cela peut expliquer le recours quasi systématique aux aliments dits

Tableau 11 : Valeurs Penn State recommandées pour les vaches laitières (Méline, 2015) et valeurs moyennes pour les rations mélangées pour chèvres

Table 11: Recommended Penn State values for dairy cows (Méline, 2015) and average values for mixed goat diets

Particules (%)	Ensilage de maïs	Ration complète vaches laitières	Ration vaches taries et génisses	Ensilage d'herbe	Paille et foin sec pour RTM	Valeur mesurée caprin (153 rations mélangées)
> 19 mm	5-10	6-10	10-20	10-20	20	35
8-19 mm	45-65	45-55	50-60	45-75	40	36
4-8 mm	20-30	10-20	20-30	30-40	20	16
< 4 mm	< 10	30-40	10-20	< 10	20	14

« fibreux » ou à la luzerne déshydratée. Il en résulte une proportion de fibres (NDF fourrage et ration) conforme aux recommandations (>35%). Enfin, les rations pratiquées sont largement dans les recommandations concernant les apports d'amidon (<25%) avec un taux d'amidon et sucres autour de 21%.

4.6. Des références pour outiller le conseil aux éleveurs

À partir de ces résultats et de l'expérience de terrain des conseillers et des éleveurs, nous avons proposé des recommandations pour la réalisation des mélanges et pour maîtriser la conduite d'une ration mélangée en caprin. Elles sont présentées dans un guide technique (Jost et al., 2019), où nous avons également sensibilisé, avec des mini bandes-dessinées (figure 5), les intérêts et freins de ce système alimentaire. Notre analyse de la ration mélangée repose sur 4 thématiques : i / une évaluation quantitative et qualitative des refus, ii/ une évaluation de la fibrosité du mélange, iii/ une évaluation de l'homogénéité du mélange et iv/ une évaluation de la distribution du mélange.

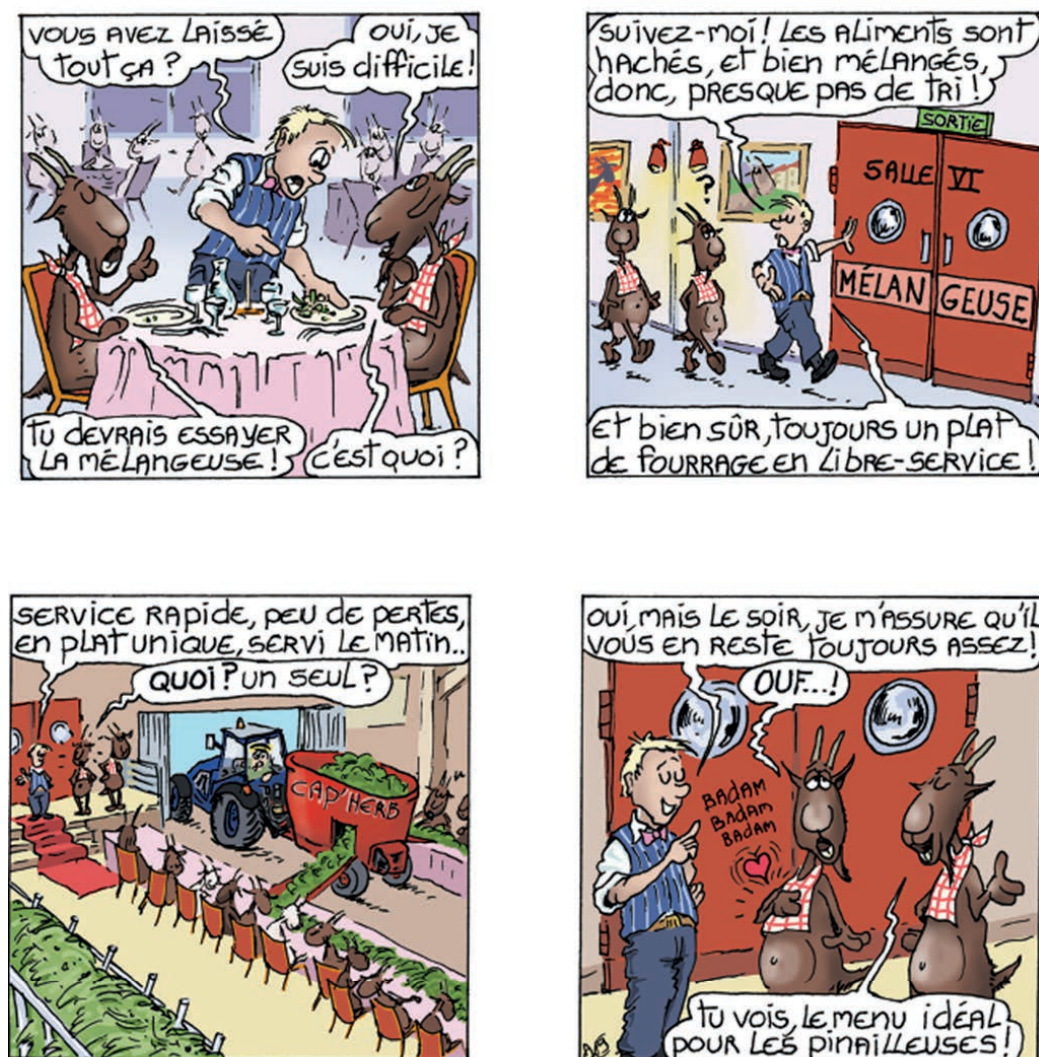
4.7. Des questions encore en suspens

Le travail présenté ici constitue une mise à jour des références établies dans les années 1990 sur les rations mélangées en élevages caprins de l'Ouest. Il montre que, globalement, la ration mélangée est maîtrisée et performante dans les exploitations suivies, bien que des questions périphériques aient été soulevées, notamment sur les pratiques de distribution.

Cependant, les outils et pratiques évoluent constamment, rendant nécessaires des mises à jour régulières. En particulier, il serait pertinent d'approfondir l'étude des spécificités des automates de distribution de l'alimentation et du compact feeding (technique danoise qui consiste à apporter de l'eau lors de la constitution de la ration pour faire coller les concentrés aux fourrages préalablement hachés finement pour assurer un mélange compact et homogène), aspects non explorés ici, mais qui se développent en filière bovine. Cette démarche pourrait permettre de réduire les contraintes liées au travail d'astreinte et d'optimiser le pilotage de l'alimentation pour améliorer encore les performances et l'efficacité des systèmes étudiés.

Figure 5 : Mini bande-dessinée pour sensibiliser les éleveurs sur les forces et limites de la ration mélangée en élevage caprin

Figure 5: Mini comic strip to raise awareness among breeders about the strengths and limitations of mixed goat diets



Auteur : Alain Chrétien

5. Conclusion

L'analyse des rations mélangées en élevage caprin a permis de mettre en évidence la diversité des pratiques et de confirmer l'intérêt de cette méthode d'alimentation dans les élevages suivis. Elles répondent bien aux exigences des élevages de taille importante ou mixtes, tout en favorisant une rationalisation du travail. Les rations étudiées se caractérisent par une composition variée, un recours fréquent aux fourrages complémentaires et une maîtrise globale des principes nutritionnels. Contrairement aux craintes souvent exprimées, elles sont suffisamment fibreuses et globalement peu triées, sans doute parce que peu de refus sont tolérés.

Malgré ces atouts, des incertitudes demeurent, notamment concernant l'impact des rations mélangées sur le comportement alimentaire des chèvres et leurs performances, comparativement aux mêmes rations dont les aliments sont distribués séparément. Ces résultats soulignent la nécessité de poursuivre les recherches, en tenant compte des spécificités des automates de distribution et en approfondissant les indicateurs de performance.

Ces études complémentaires permettront d'affiner les conseils aux éleveurs et d'optimiser l'efficacité de ce système d'alimentation.

Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien du projet CAPHerb (financé par le Casdar géré par le ministère de l'Agriculture), ainsi que des régions Pays de la Loire, Nouvelle-Aquitaine et du BRILAC dans le cadre du réseau REDCap. Nous remercions les éleveurs et éleveuses de chèvres ayant participé aux suivis, ainsi que les élèves-ingénieurs agronomes de l'AgroToulouse (spécialisation de 3^{ème} année SYStèmes et Produits de l'ELevage) pour leur appui à l'analyse des données.

Références bibliographiques

Agabriel J. (2010). Alimentation des bovins, ovins et caprins : Besoins des animaux - Valeurs des aliments, Tables Inra 2007, Mise à jour 2010, Editions Quae, 294 p.

Bertin J. (1977). La graphique et le traitement graphique de l'information, Paris : Flammarion, Nouvelle bibliothèque scientifique. 978-2-08-211112-6.

Bluet B. (2017). Cap'Alim -Rationneur caprin, Présentation lors des Journées Techniques Caprines, Najac.

Delagarde R., Caillat H., Puillet L., 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, p 43-54.

Deraedt M., Lagel D. (2001). Dairy cows on total mix ration: economical and technical results of 110 dairy herds on TMR compared with 546 herds on half-total mix ration, Rencontres Recherches Ruminants.

Doreau M., Baumont R., Perez J.M. (Eds). Dossier, INRA Prod. Anim., 24, 433-446.Sauvant D., Chapoutot P., Giger-Reverdin S., Bluet B. (2022). Extension spatio-temporelle du modèle chèvre INRA 2018: 1. Application à l'alimentation en lots, INRAE Productions Animales, 34, 305-326. doi:10.20870/productions-animales.2021.34.4.5354.

Gentesse N. (2010). Bases de l'alimentation fourragère, Belisle Solutions Nutrition.

Heinrichs J., Kononoff P. (2002). Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator, 15p.

Institut de l'Élevage (2010). Référentiel travail en élevages caprins- Synthèse de 53 Bilans Travail en productions laitière et fromagère fermière, 24p, https://idele.fr/rmt-travail/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F36583ba4-a00f-4346-8109-a7fb288da915&cHash=3baecb729a4a7c362066bcf1063462d2

Institut de l'Élevage (2011). Guide pratique de l'alimentation des chèvres laitières, collection Incontournables, 216p.

Jost J., Blanchard M., Forgerit A., Colin D., Garnier MG., Couvet R., Gourlez E. (2019). La ration mélangée en élevage caprin, collection Synthèse, Institut de l'Élevage, 80p.

Jost J., Bossis N., Fañça B., Bluet B., Bossis C., Couvet R., Poupin B., Lazard K., Gervais P., Lefrileux Y., Pommaret A., Delagarde R., Caillat H. (2021). CAPHERB – Faciliter les transitions des systèmes d'alimentation caprins vers des systèmes plus herbagers. Innovations Agronomiques, 82, pp.67-80. [10.15454/j8y3-3t54].[hal-03182689]

Jost J., Lecarme M., Couvet R., Garnier MG., Py V., Lesne R., Bourasseau M., Proust M., Lebas M., Cadu M., Prodhomme O., Subileau O., Soulard T., Tardif V., Caillat H. (2024). Adaptation des systèmes fourragers caprins de Nouvelle-Aquitaine et Pays de la Loire au changement climatique : quels leviers d'action pour quelles performances ?, Fourrages, n°260.

Keil N., Dohme-Meier F., Berthel R. (2024). Rations mélangées : les brebis et les chèvres laitières font le tri. Effets sur la qualité de l'alimentation et sur le comportement alimentaire et social, Agroscope Transfert, n°546.

Kuhn (2005). Le guide de la ration mélangée, B.P. 19 - F 85260 La Copechagnière, 28p.

Méline B. (2015). Les particules de votre ration sont-elles efficaces ou trop grossières ?, PLM, 470, 34-35.

Monzon-Gil E., Castanon J. I. R., Ventura M. R. (2010). Effect of low-forage rations on milk production of dairy goats: Separate concentrate-forage versus mixed rations, Small Ruminant Research, 94(1-3), 196-200.

Nozière P., Sauvant D., Delaby L. (2018). Inra. 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, 4^{ème} Ed., 728 p. <https://hal.inrae.fr/hal-02789908>.

Sauvant D. & Mertens (2005). Etude comparative de quelques critères de fibrosité. Renc. Rech. Ruminants, 2005, 111.

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. doi:10.20870/productions-animales.2021.34.4.5354

Schingoethe D.J. (2017). A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. Journal of Dairy Science, Volume 100, Issue 12, 10143 - 10150.