



Optimiser l'alimentation azotée en élevage laitier

Contenu

Le métabolisme protéique des ruminants	1
Problématique de la valorisation de l'azote	3
Apport protéique adapté au stade de lactation	3
Taux d'urée du lait pour optimiser l'apport protéique	7
Facteurs d'influence à prendre en compte pour un apport protéique adapté aux besoins	8
Dégradabilité des protéines dans le rumen	
Utilisation d'acides aminés protégés de la dégradation ruminale	
Équilibre entre protéines et énergie dans la ration	
Conflit d'objectifs entre l'affouragement d'été et les rejets d'azote	9
Résumé	10
Bibliographie	11

Une alimentation optimisée en azote, et donc un apport en protéines ou en azote (N) adapté aux besoins, prend de plus en plus d'importance en tant que mesure de réduction des émissions dans l'alimentation du bétail laitier. En plus des effets positifs sur l'environnement, une alimentation optimisée en azote peut également générer des avantages économiques pour l'éleveur en raison de l'économie de complément protéiques - notamment achetés - réalisée pour une même performance et une alimentation aussi équilibrée. En ce qui concerne la sollicitation du métabolisme (charge métabolique), une alimentation conforme aux besoins en azote peut en outre avoir des effets positifs sur la santé des animaux.

Le métabolisme protéique des ruminants

Les ruminants digèrent les protéines qui arrivent dans le rumen (ou panse) d'une manière très particulière.

Une partie des protéines alimentaires est dégradée par les microorganismes dans le rumen en ammoniac (NH_3), qui peut être utilisé par les microorganismes pour la synthèse de protéines microbiennes (fig. 1). La Protéine Microbienne synthétisée à partir de la matière azotée (N) dégradable des aliments est appelée PMN.

La dégradabilité des protéines alimentaires et la matière organique fermentescible (= part de la matière organique digestible disponible comme source d'énergie pour les microorganismes du rumen) influencent la part de protéines qui peut être dégradée dans le rumen et transformée en protéines microbiennes. La Protéine Microbienne constituée à partir de l'Énergie fermentescible est appelée PME.

La protéine alimentaire n'ayant pas subi de dégradation dans le rumen, appelée protéine non dégradée, arrive dans l'intestin grêle, avec la protéine microbienne, où elle est disponible sous forme de Protéine Absorbable dans l'Intestin (PAI) pour couvrir les besoins en protéines et en acides aminés pour la croissance et la production de lait. La PAI provenant de l'alimentation est appelée PAIA, tandis que la PAI d'origine microbienne se divise en PAIMN (synthétisée à partir de la matière azotée (MA) dégradable) et PAIME (synthétisée à partir de l'énergie fermentescible). On obtient ainsi deux valeurs de PAI, PAIN (PAIE + PAIMN) et PAIE (PAIE + PAIME). Le NH_3 , qui n'est pas nécessaire à la formation de protéines microbiennes, est évacué par la circulation sanguine et détoxifié dans le foie, nécessitant une dépense énergétique élevée. Il en résulte de l'urée qui est éliminée par l'urine. En cas d'accumulation supérieure à la moyenne de NH_3 dans le rumen, ce processus de désintoxication représente une charge métabolique supplémentaire qui peut également avoir un effet négatif sur les performances en raison de la dépense énergétique élevée. En outre, le taux d'urée dans le sang augmente, ce qui se traduit par des valeurs élevées d'urée du lait. Les protéines non digestibles sont éliminées par les fèces.

Attention !

Le PAI est le paramètre décisif pour la couverture des besoins en protéines des ruminants. Comme la synthèse microbienne des protéines ne peut pas être augmentée à volonté, la part de protéines non dégradées prend de plus en plus d'importance avec l'augmentation de la production laitière.

→ Voir aussi le chapitre 5 Facteurs d'influence

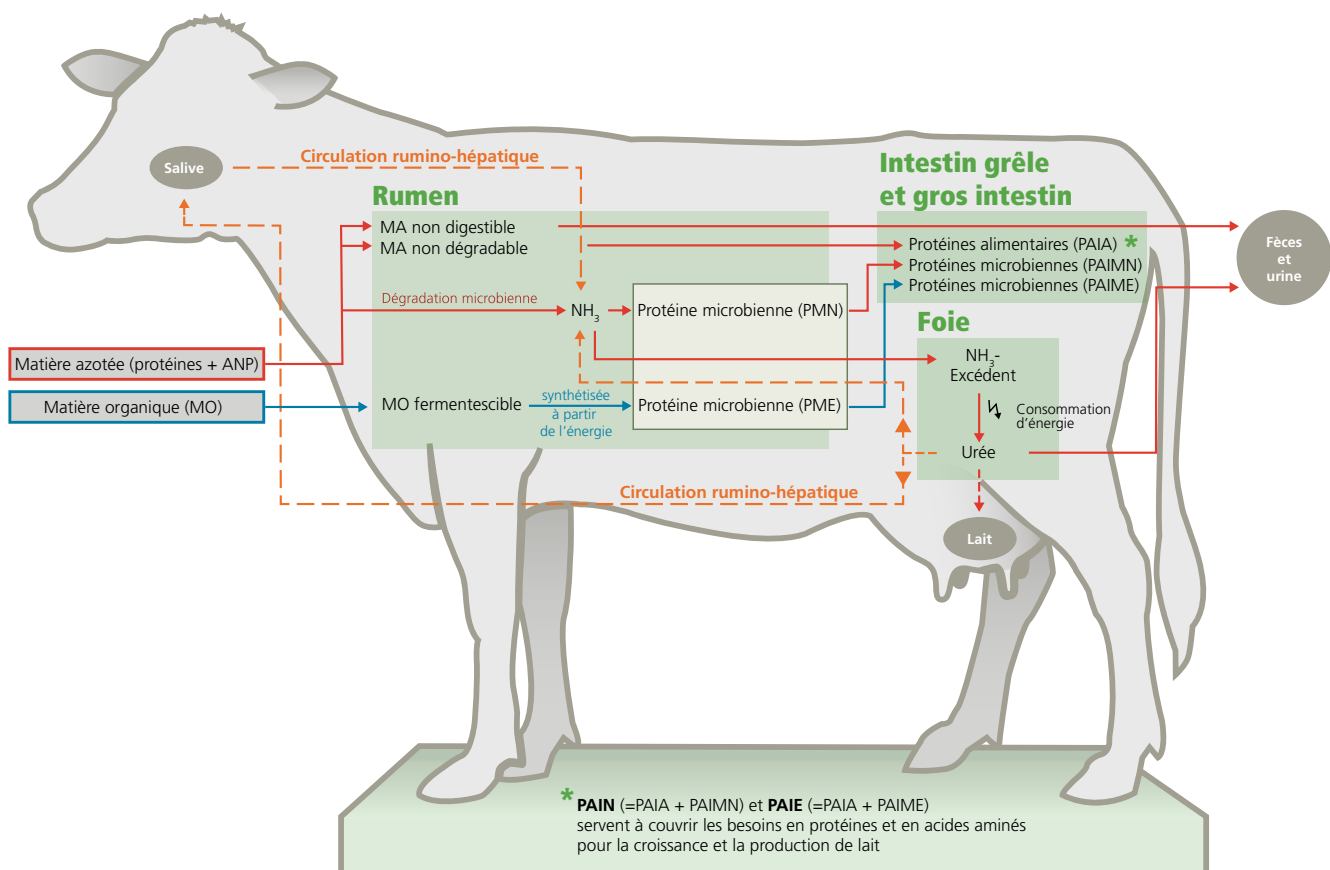


Figure 1 : Représentation schématique du métabolisme azoté de la vache laitière.

(ANP = azote non protéique, NH_3 = ammoniac, PMN = Protéines Microbiennes synthétisées à partir de la matière azotée (N) dégradable, PME = Protéines Microbiennes synthétisées à partir de l'Énergie fermentescible, PAIA = Protéines Absorbables dans l'Intestin d'origine Alimentaire, PAIMN = Protéines Absorbables dans l'Intestin d'origine Microbienne issues de la matière azotée (N) dégradable, PAIME = Protéines Absorbables dans l'Intestin d'origine Microbienne issues de l'Énergie fermentescible).

La circulation rumino-hépatique

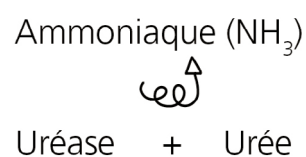
L'urée produite par le foie est utilisée différemment selon l'approvisionnement en azote de l'animal. Si la vache est suralimentée en azote, l'urée est principalement éliminée par l'urine. En cas de sous-alimentation en azote, l'urée est transportée du foie vers la salive via le sang ou retourne dans le rumen par diffusion – cette circulation est appelée « circulation rumino-hépatique ». Grâce à la circulation rumino-hépatique, les ruminants sont en mesure de compenser de manière autonome de faibles déficits en protéines pendant un certain temps. Entre 40 et 80 % du N de l'urée synthétisée dans le foie peuvent ainsi retourner dans le tube digestif (Lapierre et Lobley, 2001). L'urée y est à nouveau transformée en NH_3 et est à nouveau à disposition des microorganismes comme source de N pour la formation de protéines microbiennes. Ce processus de recyclage est un mécanisme très efficace qui permet aux ruminants de maintenir la synthèse protéique microbienne, malgré un faible approvisionnement en N (Marini et Van Amburgh, 2003, Muscher et al., 2010). À partir d'un certain déficit en protéines, les vaches en lactation peuvent néanmoins réagir par une baisse des performances (Bracher, 2011). C'est pourquoi, en cas de déficit protéique, ce circuit ne peut servir que de soutien, mais pas de substitut de sources de protéines externes.

Problématique de la valorisation de l'azote

Chez les ruminants, la capacité de stockage des protéines est nettement inférieure à celle de l'énergie. Une grande partie – 60 à 90 % (en moyenne 75 %) de l'azote ingéré via l'alimentation – reste inutilisée et est excrétée dans les fèces ou l'urine (Calsamiglia et al., 2010). Pour un besoin constant en azote, les proportions d'azote dans les fèces, l'urine et le lait varient en fonction de l'augmentation de l'absorption d'azote par le biais de l'alimentation. Alors que les pertes azotées par les fèces et le lait n'augmentent que légèrement de manière linéaire lorsque l'apport en N augmente, l'excrétion de N par l'urine augmente de manière exponentielle (Bracher, 2011; Reijs, 2007).

L'urée excrétée par l'urine constitue la plus grande partie de l'excédent d'excrétion d'azote en termes de quantité. Comme

celle-ci est transformée en NH_3 par l'enzyme uréase présente dans les fèces et l'environnement, l'urée constitue le principal problème en termes d'émissions. Il convient donc d'éviter un surapprovisionnement en N en raison d'une teneur élevée en MA dans la ration, afin de réduire au maximum la part des excréments de N via l'urine.



Apport protéique adaptée au stade de lactation

Du premier jour de lactation au dernier jour de gestation, il y a de nombreux changements physiologiques qui se reflètent entre autres dans la production laitière, l'ingestion et les teneurs du lait (fig. 2). En conséquence, les besoins en protéines d'une vache laitière varient fortement en fonction de la phase de lactation (tab. 1). Une alimentation adaptée au profil de la lactation assure un apport en protéines conforme aux besoins et contribue ainsi à la réduction des rejets d'azote ainsi qu'à une utilisation durable des aliments complémentaires protéiques. L'objectif est d'éviter une suralimentation en protéines, en particulier au cours des deuxième et troisième trimestres de lactation. Un contrôle strict de l'alimentation est essentiel pour la mise en œuvre d'un apport protéique adapté à l'évolution de la lactation. Les paramètres les plus importants et les aides à la gestion sont la composition nutritionnelle de la ration, la consommation d'aliments, ainsi que les besoins nutritionnels immédiats et les teneurs du lait.



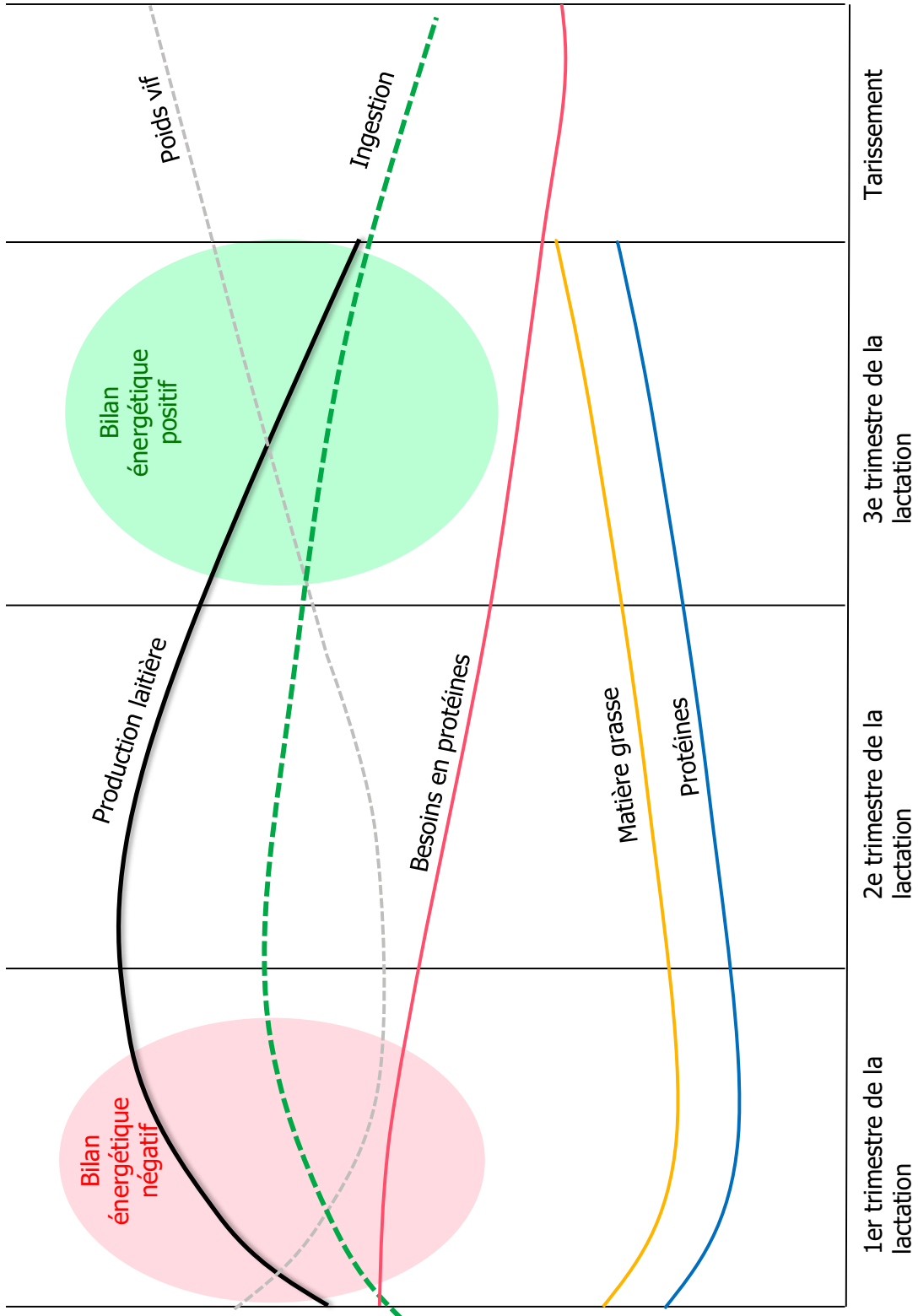


Figure 2 : cycle de production de la vache laitière. Ce diagramme n'est qu'un exemple et peut montrer des variations individuelles au niveau de l'exploitation et des animaux.

Tableau 1 : Particularités de l'approvisionnement en protéines au cours de la lactation et pendant la période de tarissement			
1 ^{er} trimestre de lactation	2 ^e trimestre de lactation	3 ^e trimestre de lactation	Tarissement
<ul style="list-style-type: none"> • Début de la production laitière et capacité d'ingestion limitée → déficit fréquent en énergie et en protéines → couverture des besoins pour l'entretien et la production laitière souvent insuffisante (fig. 2). • Besoins protéiques les plus élevés → assurer l'approvisionnement en PAI par un aliment protéique approprié (fig. 5). • Éviter les pertes d'azote par l'urine et une charge métabolique supplémentaire dues à un surapprovisionnement en protéines, en particulier avec une proportion élevée de protéines facilement dégradables → max. 170 g MA/kg de matière sèche (MS) dans la ration totale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pic de lactation atteint/dépassé → la production diminue → plus faibles besoins protéiques. • En même temps : ingestion élevée de fourrage (fig. 2) → adapter/réduire la teneur en MA de la ration en fonction de l'ingestion, de la teneur en éléments nutritifs des fourrages de base et de la production laitière → voir exemple 8000 kg de lait/vache et par an (tab. 2) : malgré une réduction de la teneur en MA de 5 g/kg MS, il y a une plus grande absorption d'azote au 2^e trimestre de lactation par rapport au 1^{er}. • Adaptation de l'apport en protéines par une distribution individuelle de concentrés plusieurs fois par jour au DAC, à l'auge ou par une alimentation par phases en répartissant les animaux en différents lots de lactation. • Bien que cette phase soit appelée « phase de production », l'aliment ne devrait pas présenter des teneurs en MA plus élevées que pendant le 1^{er} trimestre de lactation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte baisse de la production laitière → les besoins protéiques diminuent également → potentiel très élevé d'une alimentation réduite en azote. • Souvent suralimentation en protéines et en énergie → risque d'engraissement des animaux en fin de lactation → augmente le risque des troubles métaboliques (p. ex. fièvre de lait), de perte de poids et de problèmes de fertilité lors à la lactation suivante. • Une alimentation adaptée aux besoins est décisive pour un bon démarrage de la lactation suivante. • En cas d'accès permanent aux fourrages : les besoins nutritionnels des animaux sont souvent couverts, voire dépassés, par la seule ration de base → analyse nutritionnelle de la ration et adaptation de la composition de la ration/l'apport nutritionnel pour éviter un surapprovisionnement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Outre les besoins pour l'entretien et, le cas échéant, pour la production laitière, tenir compte du besoin protéique pour une croissance optimale du veau → ajouter 220 g de MA par animal et par jour au 8^e mois de gestation et 360 g de MA par animal et par jour au 9^e mois de gestation (Münger et al., 2021). • En cas de tarissement en deux phases : <ul style="list-style-type: none"> – Phase de tarissement précoce : viser une teneur en MA d'au moins 120 g/kg MS dans la ration totale ou 20 g MA/MJ NEL. – Phase de préparation : même teneur en MA que pendant le 1^{er} trimestre de lactation (Elite, 2016).

De nombreux résultats de recherche ont montré qu'il était possible de réduire les concentrations de protéines sans devoir enregistrer de pertes de performance (Agle et al. 2010, Bahrami-Yekdangi et al. 2016). Pour cela, il faut que les besoins en PAL soient couverts, de sorte que l'approvisionnement en acides aminés pour la synthèse des protéines du lait soit assuré. Des travaux menés en Allemagne par la société allemande agricole (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, DLG) montrent

également qu'un ajustement ciblé des teneurs en protéines au cours de la lactation et du tarissement permet d'alimenter les vaches à un niveau proche de leurs besoins et ainsi d'éviter un surapprovisionnement (DLG, 2020). Le tableau 2 montre, à titre d'exemple, les apports en nutriments lors d'une conception de la ration différenciée selon les périodes de lactation pour différents niveaux de production.

Tableau 2: Représentation d'un approvisionnement en matière azotée (MA) conforme aux besoins pour différents niveaux de performance (période d'intervalle entre les vêlages calculée de 365 jours)

	1 ^{er} trimestre de lactation			2 ^e trimestre de lactation			3 ^e trimestre de lactation			Tarissement		
Jours de lactation	1 à 107			108 à 215			216 à 324					
Production laitière [kg/vache/an]	6000	8000	10000	6000	8000	10000	6000	8000	10000	6000	8000	10000
Ingestion MS [kg/jour]	18,0	19,0	21,0	18,5	21,0	23,0	13,0	17,0	19,0	10,0	11,5	12,5
Teneur en MA [g MA/kg MS]	145	150	155	140	145	150	125	130	135	120	120	120
Apport de N [kg/jour]	0,42	0,46	0,52	0,41	0,49	0,55	0,37	0,44	0,50	0,19	0,22	0,24

N: azote; MS: Matière Sèche

Source: d'après Kirchgessner, 2014

Selon les calculs de la DLG, une alimentation adaptée aux phases de lactation peut contribuer à une réduction de 12 à 15 % des rejets azotés pour une production de 8000 kg de lait par vache et par an dans le cadre d'une alimentation à base d'herbe (exploitation herbagère sans pâturage avec foin) (DLG, 2020).

Les calculs d'Agroscope concernant les effets de différentes variantes d'affouragement sur les excréments azotés aboutissent

à la conclusion que, pour chaque différence de 10 g de la teneur en MA dans la ration annuelle, la production d'azote d'une vache laitière varie de 10 kg de N (7,8 %) et l'azote urinaire de 9,5 kg de N (12,3 %) par an (Bracher, 2011). En ce qui concerne les émissions de NH₃, Sajeew et al. (2018) ont montré que pour chaque point de pourcentage de baisse de la concentration en MA dans la ration totale, les émissions de NH₃ diminuent de 17 %.

Conseil pratique

Faites analyser régulièrement les teneurs des aliments (de base) que vous utilisez. Vous pourrez ainsi calculer la teneur en matière azotée de la ration totale, optimiser l'apport en protéines et éviter un surapprovisionnement. Une première estimation de la valeur alimentaire du fourrage de base peut également être effectuée à l'aide des clés de l'ADCF pour l'évaluation de la qualité du fourrage sec, de l'ensilage d'herbe et de maïs (ADCF, 2021 ; 2022 ; 2023).

Vos conseillers en alimentation ou des outils de planification de la ration comme par exemple « Rumiplan » peuvent vous aider à calculer la ration afin de trouver des solutions adaptées à votre exploitation en tenant compte des fourrages disponibles.

Taux d'urée du lait pour optimiser l'apport protéique

Dans la pratique, le taux d'urée du lait est souvent utilisé pour évaluer l'apport en protéines. Bien que le taux d'urée du lait puisse être influencé par des facteurs tels que la race, le poids, la fréquence d'affouragement, la quantité d'eau bue et la gestion, il existe un lien étroit entre la teneur en MA – plus spécifiquement la proportion de protéines alimentaires dégradables dans le rumen – dans l'alimentation et le taux d'urée du lait, ainsi qu'entre le taux d'urée du lait et l'excrétion d'azote dans l'urine (fig. 3). C'est pourquoi, le taux d'urée du lait se prête bien pour se représenter l'approvisionnement en protéines dans le rumen (tab. 3), afin de pouvoir mieux classer les excrétions d'azote difficilement mesurables (Kessler et al., 2020; Spek et al., 2013a,b). Si le taux d'urée du lait augmente, l'excrétion de N par l'urine augmente également. Il convient toutefois de noter que le taux d'urée du lait ne peut être utilisé qu'à l'échelle du troupeau ou d'un groupe pour adapter la gestion et que les valeurs individuelles des animaux ne sont pas significatives.

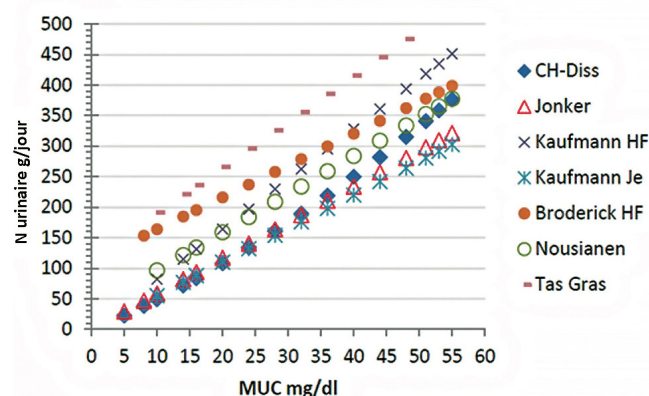


Figure 3 : Comparaison de régressions pour l'estimation des excrétions d'azote (N) par l'urine (N urinaire, g / jour) à partir du taux d'urée du lait (MUC = Milk Urea Content, mg / dl), (Bracher, 2011).

Taux d'urée du lait au niveau du troupeau pour illustrer l'approvisionnement en protéines dans le rumen

Taux d'urée du lait au niveau du troupeau	Interprétation	Gestion de l'alimentation
< 15 mg/dl	Déficit en protéines dégradables dans le rumen	Ensilage riche en protéines ou fourrage sec ; si possible, donner d'autres aliments riches en protéines qui fournissent des protéines dégradables dans le rumen ; augmenter l'ingestion de fourrage de base en début de lactation.
15-25 ou 27 mg/dl chez la race brune	Zone cible – apport équilibré en protéines	
> 25 mg/dl	Excès de protéines dégradables dans le rumen ¹	Ajouter des aliments riches en énergie ; réduire les aliments protéiques supplémentaires qui fournissent notamment des protéines dégradables dans le rumen.

¹ Dans des situations d'affouragement particulières, par exemple lorsque la ration de base se compose majoritairement d'herbe pâturée ou d'ensilage d'herbe riche en protéines ou ne peut pas être équilibrée en raison de l'absence d'autres aliments, des taux d'urée > 250 mg/l sont tolérables au niveau du troupeau.

Sur le plan scientifique

Les résultats de la recherche montrent qu'une augmentation de 1 mg/dl du taux d'urée du lait s'accompagne d'une augmentation des émissions de NH₃ de 2,5 % à partir de 20 mg/dl et de 3,5 % à partir de 30 mg/dl (Van Duinkerken et al., 2011).

Facteurs d'influence à prendre en compte pour un apport protéique adapté aux besoins

Dégradabilité des protéines dans le rumen

C'est surtout l'approvisionnement en PAI qui est déterminant pour couvrir les besoins protéiques des animaux. Comme ces derniers sont généralement plus élevés que la quantité de protéines microbiennes produites, cette différence doit être compensée par des protéines alimentaires résistantes à la dégradation dans le rumen, plutôt que par davantage de protéines dégradables dans le rumen (qui seraient éliminées par l'urine). La part de protéines résistantes à la dégradation ruminale devient par conséquent d'autant plus importante que la performance et donc les besoins en protéines sont élevés (fig. 4). La part de PAI devrait représenter au moins 50 % de la matière azotée en début de lactation, surtout pour les hautes performances (Münger et al., 2021).

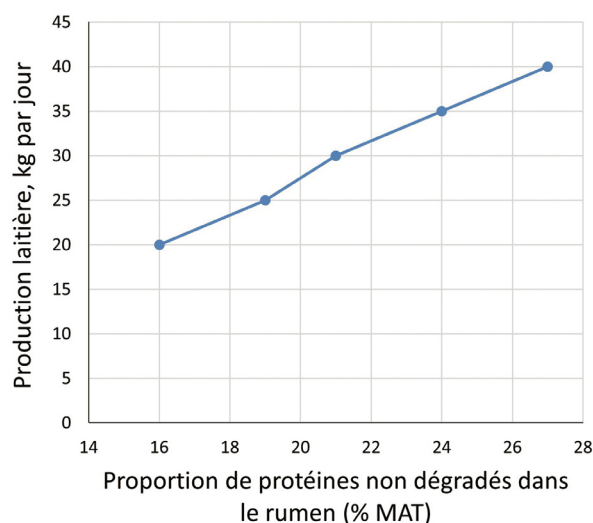


Figure 4 : Proportion de protéines résistantes à la dégradation dans le rumen dans la ration totale en fonction de la production laitière (d'après Kirchgessner, 2014).

Afin de couvrir les besoins en PAI, il convient de distribuer de manière ciblée les aliments disponibles (fig. 5), qui contiennent des proportions variables de protéines résistantes à la dégradation dans le rumen, notamment en raison de traitements techniques ou chimiques. Cela permet d'assimiler une plus grande partie des protéines dans l'intestin grêle et de réduire ainsi la protéolyse en NH_3 dans le rumen. En même temps, les pertes d'azote par l'urine et le lait peuvent être minimisées. En revanche, les pertes d'azote par les fèces sont surtout déterminées par la digestibilité des protéines résistantes à la dégradation dans le rumen dans l'intestin grêle.

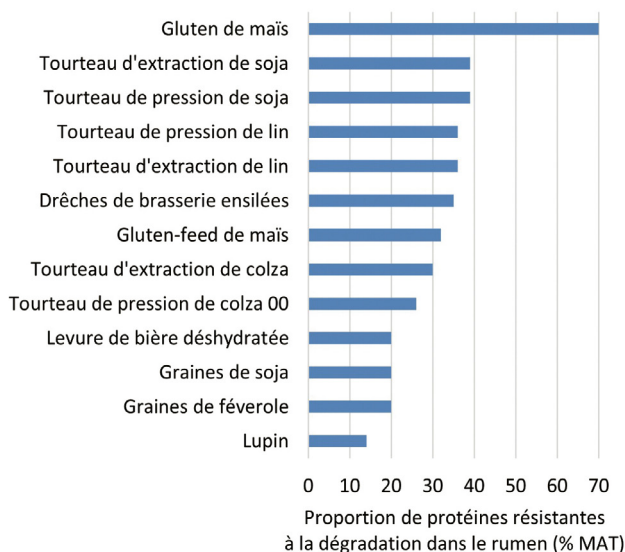


Figure 5 : Exemples d'aliments pour animaux avec différentes proportions de protéines résistantes à la dégradation ruminale (Banque de données suisse des aliments pour animaux; www.feedbase.ch).

Utilisation d'acides aminés protégés de la dégradation ruminale

En fin de compte, la vache a besoin d'acides aminés qui sont absorbés au niveau de l'intestin grêle et qui sont nécessaires comme éléments constitutifs des protéines du lait, d'où l'importance de la composition en acides aminés du PAI. La protéine microbienne est la protéine la plus digeste. Elle est quasi parfaitement adaptée aux besoins en acides aminés des ruminants. Avec l'augmentation de la production, de l'ingestion et du taux de passage, la composition en acides aminés de la protéine protégée de la dégradation ruminale devient de plus en plus importante, car les acides aminés utilisables au niveau de l'intestin grêle contribuent pour une plus grande part à la couverture des besoins. En fonction de la composition de la ration et de la production laitière, il peut être judicieux de compléter la ration avec des acides aminés protégés de la dégradation dans le rumen afin de pallier à une carence en acides aminés essentiels. La lysine et la méthionine sont les acides aminés limitants le plus souvent cités dans la littérature pour les ruminants, un rapport méthionine/lysine de 34,3 pour 1000 étant recommandé (INRA, 2018). Outre la lysine et la méthionine, il faut également veiller à un apport suffisant en histidine (Giallongo et al., 2017; Lee et al., 2012). L'utilisation d'acides aminés protégés de la dégradation ruminale peut présenter des avantages, en particulier dans les rations faiblement protéinées.

Du côté de la science

Dans le cadre d'un essai d'affouragement en Suisse, Wasem et Probst (2022) ont étudié dans différents troupeaux les effets d'une réduction de la teneur en protéines de la ration de 10 g MA/kg MS sur la production laitière et les teneurs du lait. Dans les groupes ayant reçu une alimentation appauvrie, les rations ont été complétées par des acides aminés protégés de la dégradation dans le rumen, de sorte que la quantité de lysine et de méthionine digestibles était au moins égale à celle contenue dans la ration du groupe témoin.

En cas d'alimentation appauvrie en protéines et de compensation simultanée d'acides aminés protégés de la dégradation dans le rumen, la production laitière s'est maintenue, même si une baisse d'environ 1 kg de lait corrigé pour l'énergie a été observée dans trois des quatre groupes expérimentaux. Parallèlement, tous les groupes expérimentaux ont présenté des taux d'urée du lait significativement plus faibles. La corrélation entre les émissions d'ammoniac et les taux d'urée du lait a permis de calculer dans cet essai un potentiel de réduction des émissions de 9 à 14 % grâce à des équations d'estimation (van Duinkerken et al., 2011 ; Burgos et al., 2010). On peut en déduire qu'une réduction des émissions d'ammoniac de 10 % avec une alimentation à teneur réduite en protéines semble réaliste à l'avenir.

Équilibre entre protéines et énergie dans la ration

Il faut veiller à ce que la formation des protéines microbiennes puisse avoir lieu efficacement grâce à un apport adéquat de protéines et d'énergie. Tout d'abord, il faut avant tout que l'azote soit disponible. En cas de manque de glucides dans la ration, le système des pré-estomacs ne peut pas utiliser et transformer efficacement les protéines, ce qui entraîne des pertes de précieuses sources d'azote. Des taux élevés d'urée

du lait > 250 mg/l peuvent donc également indiquer un déficit d'énergie fermentescible et peuvent être corrigées par la disponibilité d'énergie dans le rumen.

Au niveau du rumen, le bilan azoté ruminal (BAR) peut fournir des informations sur l'équilibre entre l'azote et énergie. Au niveau de la ration, la concentration en MA par unité d'énergie devrait être d'au moins 18 à 20 g MA / MJ d'énergie nette lactation (NEL) et d'au plus 30 g MA / MJ NEL. Le rapport PAIN/PAIE doit être équilibré.

Conseil pratique

Le bilan azoté ruminal (BAR) est un autre indicateur permettant d'optimiser l'approvisionnement en protéines et la synthèse protéique microbienne, qui donne des informations sur la disponibilité de N et d'énergie dans le rumen (Bracher, 2011).

$BAR = PMN - PME$

$BAR = 0$ → un rapport équilibré entre PMN et PME sur l'ensemble de la ration est l'objectif à atteindre

$BAR > 0$ → Excédent de N par rapport à l'énergie

$BAR < 0$ → Déficit de N par rapport à l'énergie

En choisissant et en complétant de manière ciblée les aliments de l'exploitation avec d'autres composants de la ration, il est possible de déplacer et de contrôler le BAR.

En outre, en cas de performances élevées, on attribue également une certaine importance à ce que l'on appelle la synchronisation du rumen, c'est-à-dire la disponibilité des protéines et de l'énergie dans le rumen en fonction du temps. On peut toutefois supposer que les ruminants disposent également de certaines stratégies de compensation pour compenser les différences de disponibilité temporelle de l'énergie et des protéines (Cabrita et al., 2006).

Conflit d'objectifs entre l'affouragement d'été et les rejets d'azote

En période estivale, il existe un excédent de protéines en raison des protéines souvent élevées et facilement dégradables dans le rumen présentes dans le fourrage vert, ce qui peut conduire à des excréments élevés d'azote. La mise en œuvre d'une alimentation optimisée en azote pendant la période de pâturage est souvent limitée et nécessite des solutions de compromis entre une consommation maximale de fourrage vert, une alimentation adaptée aux besoins, une charge métabolique raisonnable, une efficacité maximale de l'azote et une minimisation des émissions (Bracher, 2011). Néanmoins, différentes mesures peuvent être utilisées pour minimiser les pertes d'azote pendant la période estivale.

L'utilisation ciblée d'aliments à base de céréales, c'est-à-dire la mise à disposition de glucides fermentescibles, assure une meilleure transformation des protéines dans le rumen. Grâce à une

complémentation pauvre en protéines en été, p. ex. avec des cubes de maïs, des pulpes de betteraves, de l'ensilage de maïs ou du fourrage sec, il est possible d'obtenir une diminution d'environ 10 à 15 % des rejets urinaires de N (Bracher, 2011). Des adaptations dans la production fourragère portant, par exemple, sur une réduction de la fertilisation azotée, la date de fauche, l'intensité d'utilisation et la composition botanique peuvent également contribuer à réduire les rejets d'azote. Une gestion ciblée de la qualité du fourrage vert en fonction de sa teneur en MA permet par exemple de réduire de près de 20 % les rejets d'azote en été, en passant de 21 % à 18 % en conservant la même teneur en énergie (Bracher, 2011). De plus, la problématique des émissions lors du pâturage devient moins importante en raison de la percolation rapide de l'urine dans le sol, même si la charge métabolique est plus élevée et l'efficacité de l'azote plus faible.

Résumé

Les aspects essentiels et sous-jacents du métabolisme azoté et de l'utilisation de l'azote chez les ruminants peuvent être résumés comme suit :

- Une partie des protéines alimentaires est dégradée en NH_3 par les microorganismes dans le rumen, tandis que l'autre partie des protéines alimentaires traverse le rumen sans être digérée (protéines protégées de la dégradation ruminale).
- Le NH_3 libéré est utilisé par les microorganismes du rumen pour construire des protéines microbiennes qui, avec les protéines protégées de la dégradation ruminale, sont disponibles pour les ruminants sous forme de PAI pour couvrir leurs besoins en protéines et en acides aminés pour la croissance et la performance.
- L'excès de NH_3 dans le rumen est détoxifié en urée dans le foie, ce qui nécessite une grande quantité d'énergie, puis éliminé par l'urine.
- L'urée excrétée avec l'urine est très sensible à la volatilisation en NH_3 .
- En cas de suralimentation en protéines, la part de l'excrétion urinaire de N augmente de manière exponentielle.
- Une alimentation azotée ajustée contribue à réduire les émissions de NH_3 provenant de l'élevage laitier. C'est surtout en fin de lactation que le potentiel d'une alimentation réduite en azote est très élevé.
- Pour chaque différence de 10 g de MA dans la ration annuelle, la production d'azote d'une vache laitière varie de 10 kg N (7,8 %) et l'azote urinaire de 9,5 kg N (12,3 %) (Bracher, 2011).
- Un point de pourcentage de réduction de la teneur en MA dans la ration totale entraîne une diminution de 17 % des émissions de NH_3 (Sajeev et al., 2017).

Mesures pour une mise en œuvre réussie d'un apport d'azote conforme aux besoins

Chaque vache laitière est unique et réagit différemment à une alimentation réduite en azote en raison de multiples facteurs, raison pour laquelle il n'existe pas de solution toute faite. Identifier les leviers possibles dans l'exploitation et les modifier en fonction des conditions données peut contribuer à une production laitière plus efficace, plus économique, plus respectueuse de l'environnement et des animaux. Les mesures possibles sont :

- Contrôle régulier de l'alimentation (condition corporelle des animaux, détermination de la matière sèche, analyses nutritionnelles des aliments).
- Alimentation par phase → Adaptation de l'alimentation à chaque phase de lactation :
 - 1^{er} trimestre de lactation : max. 170 g MA/kg MS, tenir compte de l'approvisionnement en PAI (en cas de performance élevée, part de PAI de 50 % de la teneur en MA) ;
 - 2^e trimestre de lactation : adapter l'approvisionnement en protéines par une distribution individuelle de concentrés au DAC, à la crèche ou par une gestion en lots des vaches en lactation ;
 - 3^e trimestre de lactation : l'approvisionnement en protéines est souvent couvert uniquement par la ration de base ;
 - Période de tarissement : tenir compte des besoins en protéines pour une croissance optimale du veau ; en cas de plan d'alimentation en deux phases, au moins 120 g MA / kg MS pendant la phase de tarissement précoce ; pendant la phase de préparation, même teneur en MA que pendant le 1^{er} trimestre de lactation.
- Contrôle des teneurs du lait en tant qu'indicateurs de l'alimentation et pour un ajustement éventuel.
- Teneur en urée du lait au niveau du troupeau comme indicateur pour évaluer l'approvisionnement en protéines (plage cible de 15-25 mg / dl ou 27 mg / dl pour la race brune) en cas d'apport énergétique suffisant.
- Utilisation de protéines protégées de la dégradation ruminale et de composants énergétiques adéquats pour garantir une synthèse protéique microbienne efficace et un apport protéique adapté aux besoins.
- L'utilisation d'acides aminés protégés de la dégradation ruminale (surtout la lysine, la méthionine et l'histidine) peut être avantageuse en cas d'alimentation réduite en protéines.
- Viser un bilan azoté ruminal équilibré → peut être ajusté et contrôlé en choisissant et en complétant de manière ciblée les fourrages de l'exploitation avec d'autres composants de la ration.
- Mesures visant à minimiser les pertes d'azote pendant l'affouragement d'été (solution de compromis souvent nécessaire) :
 - utilisation ciblée de produits à base de céréales ;
 - complémentation pauvre en protéines ;
 - adaptation de la production fourragère (fertilisation, période de fauche, intensité d'utilisation, composition botanique).

Bibliographie

- ADCF (2021). Clé pour l'évaluation de la qualité de l'ensilage de maïs. Fiches d'information de l'ADCF: Guide pour la culture fourragère PER et bio. 1^{re} édition 2021, Zurich.
- ADCF (2022). Clé pour l'évaluation de la qualité du fourrage sec. Fiches d'information de l'ADCF: Guide pour les cultures fourragères PER et bio. 3^e édition 2022, Zurich.
- ADCF (2023). Clé pour l'évaluation de la qualité de l'ensilage d'herbe. Fiches d'information de l'ADCF: Guide pour les cultures fourragères PER et bio. 3^e édition 2023, Zurich.
- AGRIDEA (2023). La nouvelle interprétation des données du contrôle laitier – Contexte, interprétation et adaptation du management du troupeau. Article no 4416. AGRIDEA, Lindau.
- Agle, M., Hristov, A. N., Zaman, S., Schneider, C., Ndegwa, P., & Vaddella, V. K. (2010). The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1625-1637.
- Bahrami-Yekdangi, M., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., Khan, M. A., & Ghaffari, M. H. (2016). Reducing crude protein and rumen degradable protein with a constant concentration of rumen undegradable protein in the diet of dairy cows: Production performance, nutrient digestibility, nitrogen efficiency, and blood metabolites. *Journal of Animal Science*, 94(2), 718-725.
- Bracher (2011). Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen beim Rindvieh (Milchkuh). Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft und Agroscopie Liebefeld Posieux.
- Cabrita, A. R. J., Dewhurst, R. J., Abreu, J. M. F., & Fonseca, A. J. M. (2006). Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows—a review. *Animal Research*, 55(1), 1-24.
- Calsamiglia, S., Ferret, A., Reynolds, C. K., Kristensen, N. B., & Van Vuuren, A. M. (2010). Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Animal*, 4(7), 1184-1196.
- DLG (2020). Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. DLG-Merkblatt 444 – Berücksichtigung N- und P-reduzierter Fütterungsverfahren bei den Nährstoffausscheidungen von Milchkühen. Information des DLG-Arbeitskreises Futter und Fütterung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- DLG (2022). DLG-Merkblatt 541 – Nutzung von Milchkontrolldaten zur Fütterungs- und Gesundheitskontrolle bei Milchkühen. Die neue Dummerstorfer Fütterungsbewertung. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Elite – Magazin für Milcherzeuger (2016). Transitkühe erfolgreich managen.
- Giallongo, F., Harper, M. T., Oh, J., Parys, C., Shinzato, I., & Hristov, A. N. (2017). Histidine deficiency has a negative effect on lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2784-2800.
- INRA (2018). Alimentation des ruminants. Edition Quae. Versailles, France.
- Kessler, E.C., Bruckmaier, R.M., Gross, J.J. 2020. Milk urea nitrogen concentration is higher in Brown Swiss than in Holstein dairy cows despite identical feeding. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 104(6): 1671-1677.
- Kirchgessner, M., Stangl, G. I., Schwarz, F. J., Roth, F. X., Sudekum, K.-H., & Eder, K. (2014). Tierernahrung - Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 14. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Lapierre, H. und Lobley, G. E. (2001). Nitrogen Recycling in the Ruminant: A Review. *Journal of Dairy Science*, 84, E223-E236.
- Lee, C., Hristov, A. N., Cassidy, T. W., Heyler, K. S., Lapierre, H., Varga, G. A., ... & Parys, C. (2012). Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 6042-6056.
- Münger, A., Schori, F. & Schlegel, P. (2021). Apports alimentaires recommandés pour la vache laitière. Dans: Apports alimentaires recommandés pour les ruminants (Livre vert), chapitre 7. Agroscopie, Posieux, Schweiz.
- Marini, J. C. und Van Amburgh, M. E. (2003). Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. *Journal of Animal Science*, 81(2), 545-552.
- Muscher, A. S., Schroder, B., Breves, G., & Huber, K. (2010). Dietary nitrogen reduction enhances urea transport across goat rumen epithelium. *Journal of Animal Science*, 88(10), 3390-3398.
- Reijs, J.W. (2007). Improving slurry by diet adjustments: a novelty to reduce N losses from grassland based dairy farms. Dissertation. Wageningen Universitat.
- Sajeev, E. P. M., Amon, B., Ammon, C., Zollitsch, W., & Winiwarter, W. (2018). Evaluating the potential of dietary crude protein manipulation in reducing ammonia emissions from cattle and pig manure: A meta-analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 161-175.
- Spek, J.W., Dijkstra, J., van Duinkerken, G., Hendriks, W.H. & Bannink, A. (2013a). Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96 4310-4322.
- Spek, J., Dijkstra, J., van Duinkerken, G., & Bannink, A. (2013b). A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *The Journal of Agricultural Science*, 151(3), 407-423.
- Van Duinkerken, G., Smits, M. C. J., Andre, G., Šebek, L. B. J., & Dijkstra, J. (2011). Milk urea concentration as an indicator of ammonia emission from dairy cow barn under restricted grazing. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 321-335.
- Wasem, D., & Probst, S. (2022). Proteinreduzierte Fütterung von Milchkühen bei gezielter Ergänzung mit Aminosäuren. *Agrarforschung Schweiz*, 13, 41-47.



**échanger
comprendre
progresser**

Impressum

Edition AGRIDEA
Jordils 1 • CP 1080
CH-1001 Lausanne
T +41 (0)21 619 44 00
F +41 (0)21 617 02 61
www.agridea.ch

Auteur-e-s Magdalena Keller
Annemarie Decker
AGRIDEA

Collaboration Fredy Schori, Agroscope
Stefan Probst, HAFL

Mise en page AGRIDEA

Impression AGRIDEA

Groupe Production animale

Article No. 4449

© AGRIDEA, août 2024

Crédits photos

Dominique Dietiker : 1



Plus d'informations
sur la thématique
« productions animales »

www.agridea.ch/themes/productions-animales/