

Caractérisation minérale des pâturages de Kalambi et de l'ITAV à Butembo

Mbusa Siviholya Kito¹, Charmante Lwanzo Riziki²

Résumé

Une étude sur la valeur minérale des pâturages a été menée dans les fermes Kalambi et de l'ITAV à Butembo. Des prélèvements des fourrages ont été opérés en vue de déterminer la teneur en éléments minéraux principaux dont le calcium, le magnésium, le phosphore, le potassium et le sodium. Les quantités de fourrages consommées par les chèvres ont été déterminées. Les fourrages contiennent environ 16 % de matières sèches et environ 9 % de cendres dans la matière sèche. Les compositions minérales des fourrages dans les deux fermes sont similaires. Comparées aux normes, les ingestions journalières en calcium et en magnésium sont acceptables pour des chèvres en croissance, tandis que les ingestions en phosphore, potassium et sodium sont en deçà des recommandations. Le sel gemme kighuntura peut constituer une ressource locale pour ces éléments. La fertilisation régulière en azote, en phosphore et en potassium est conseillée pour les fermes de Kalambi et de l'ITAV.

Mots-clés : Fourrages, ruminants, nutrition minérale, Butembo

Abstract

A study on the mineral value of pastures was carried out in the farms of Kalambi and ITAV in Butembo. Forage samples were taken to determine the content of main mineral elements including calcium, magnesium, phosphorus, potassium and sodium. The quantities of fodder ingested by goats were determined. Forages contain approximately 16% dry matter and approximately 9% ash in the dry matter. The mineral compositions of the forages in the two farms are similar. Compared to standards, daily intakes of calcium and magnesium are acceptable for growing goats while intakes of phosphorus, potassium and sodium are below recommendations. The rock salt kighuntura can be a local resource for these elements. Regular fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium is recommended for Kalambi and ITAV farms.

Key words: Forage, ruminants, mineral nutrition, Butembo

¹ Professeur Associé en Faculté des Sciences agronomiques de l'Université Catholique du Graben, Nord-Kivu/RDC : mbusakito@gmail.com

² Ingénieure agronome de l'Université Catholique du Graben, Nord-Kivu/RDC

1. Introduction

La production animale, particulièrement celle des ruminants, repose sur un équilibre entre les apports énergétiques – essentiellement glucidiques, protéiques et les matières minérales. Des efforts sont généralement fournis pour un rapport plus ou moins exact entre les matières azotées et les glucides (amidon, composés pariétaux dont la cellulose, les hémicelluloses, la lignine) comme on peut le constater dans le système DVE et PDI d'évaluation des aliments pour bétail particulièrement pour les fourrages européens (Baemaeker, 1992; Meschy, 2007), mais la littérature est assez muette quant à l'attention accordée aux cendres et leur métabolisation.

En élevage des ruminants, la plus grande attention est donnée aux matières azotées et l'énergie de manière que la flore ruminale puisse produire des acides gras volatils (AGV) à partir des glucides fermentescibles qui correspondent exactement avec la quantité d'ammoniac (NH_3) produit à partir des matières azotées pour former de nouvelles protéines dites protéines microbiennes digestibles dans l'intestin (Beckers, 2013). L'effort est donc fourni par les éleveurs pour qu'un équilibre soit atteint entre les matières azotées fermentescibles et les matières glucidiques fermentescibles dans la ration. Le formulateur des rations fait aussi attention à la digestibilité dans l'intestin des matières résistantes, notamment la portion d'amidon et les protéines ayant résisté à la fermentation ruminale, mais ayant quand même une certaine digestibilité faisant ainsi partie de ce qu'on appelle digestibilité intestinale de la ration qui, pour le cas de protéines, va inclure les protéines microbiennes et les protéines alimentaires résistantes à la dégradation microbienne au niveau du rumen (Baemaeker, 1992). Dans tous les cas, l'attention est plus portée sur l'équilibre des glucides et des matières azotées fermentescibles. En physiologie digestive des ruminants et, plus particulièrement, dans la pratique de l'alimentation, il y a assez peu d'attention aux cendres et plus explicitement aux matières minérales. Dans la plupart des formulations alimentaires, l'on se contente seulement d'ajouter une portion de compléments vitaminiques et minéraux pour une catégorie d'animaux comme les femelles en lactation et, plus

rarement, pour les autres catégories d'animaux qui en ont pourtant grandement besoin (Cuvelier & Dufrasne, 2015).

Dans les pays tropicaux et, plus particulièrement, les pays francophones, des systèmes anciens d'évaluation des aliments qui ne tiennent pas compte de la physiologie digestive particulièrement les transformations microbiennes des matières azotées et des glucides fermentescibles sont encore usuels. Il s'agit, notamment, du système PBD (protéines brutes digestibles) et parfois tout simplement des PB (protéines brutes). Généralement, dans ces pays et même dans les pays européens, les besoins en cendres ne sont pris en compte qu'au bout du calcul des rations sans autant de justification que pour les besoins en énergie et les besoins en protéines digestibles au niveau de l'intestin (DVE ou PDI). L'étude des déséquilibres entre les minéraux n'est pas assez élaborée comme il en est le cas pour l'OEB, c'est-à-dire la balance entre les protéines fermentescibles potentielles et l'énergie fermentescible potentielle.

En République Démocratique du Congo, plus spécialement dans sa partie orientale, on se rend compte que des compléments minéraux dits blocs à lécher sont donnés aux animaux après importation des pays de l'est de l'Afrique (Ouganda et Kenya) sans tenir compte de besoins des animaux ni de contenus des fourrages locaux. Certains éleveurs plus modestes n'importent pas les blocs à lécher, mais se limitent à donner des sédiments de sel connus sous le nom de sel gemme ou « *kighuntura* » en *Kinande*, la langue localement parlée dans la contrée de Butembo. Les déclarations des fermiers par rapport à l'efficacité des compléments minéraux vont dans tous les sens et laissent libre champ aux spéculations ; d'où un besoin de recherche en vue d'actions rationnelles. C'est la raison pour laquelle est menée cette première recherche qui va se limiter à l'état minéral des pâturages et du sel gemme en ce qui concerne les éléments majeurs dans l'alimentation des ruminants avec un accent particulier aux caprins.

2. Revue de la littérature sur les besoins minéraux chez les ruminants

Les besoins en éléments minéraux chez les ruminants varient selon la nature de l'élément, le stade physiologique de l'animal, les espèces et les races, la production zootechnique en jeu et consort. Certains éléments

minéraux sont essentiels et limitants, alors que l'exigence en d'autres est plus ou moins flexible. Selon Legarto (2017), des relations entre la composition minérale et l'activité de reproduction existent et peuvent se présenter comme suit : Le zinc et le manganèse jouent un rôle très important dans la formation et le développement des organes sexuels. Des cycles anormaux et des chaleurs silencieuses sont dus aux carences et aux déséquilibres en phosphore, en zinc, en iode et en cuivre. L'infécondité peut être due aux carences en zinc, en sélénium et en cuivre, tandis que les avortements et la durée de gestation anormale peuvent être causés par l'iode et le cuivre. Lors des mises-bas, les problèmes de rétention placentaire peuvent avoir pour cause sous-jacente un déficit en magnésium, en calcium, en sélénium, en zinc ou tout simplement une carence en iode.

Il existe des interactions chimiques entre différents éléments dans le corps de l'animal. L'excès des uns influe sérieusement sur les autres et peut conduire comme le dit Legarto (2017) à certaines carences des autres. Le résumé des interactions entre les différents éléments est repris selon cet auteur dans le tableau 1.

Tableau 1. Interactions entre éléments minéraux

<i>Eléments en excès</i>	<i>Carence induite</i>
Soufre	Cuivre, zinc, sélénium
Calcium	Cuivre et zinc
Cuivre	Fer, zinc
Zinc	Cuivre, Fer
Aluminium	Phosphore

Source : Legarto (2017)

Les éléments minéraux ont des rôles divers qui vont de la composition chimique du corps et particulièrement du squelette à l'implication dans les réactions chimiques comme activateurs d'enzymes ou comme réactifs. Les différentes fonctions de principaux macroéléments et des oligoéléments sont résumées dans les tableaux 2 et 3 inspirés de Legarto (2017). En fonction de leur proportion relative, les éléments minéraux peuvent être regroupés dans deux tableaux en minéraux majeurs ou macroéléments et en minéraux mineurs ou oligoéléments.

Tableau 2. Rôles des macroéléments

Minéraux majeurs	Rôle dans le fonctionnement de l'organisme	Risque si	
		Défaut d'apport, carence	Excès d'apport
Phosphore (P) et calcium (Ca)	Constituants du squelette qui déterminent la robustesse des os ; stock phospho-calcique mobilisable en début de lactation	Pour le calcium, risque de fracture osseuse (les femelles âgées)	Pour le calcium : insolubilisation du zinc et du cuivre par les apports de carbonates liés.
Phosphore spécifiquement	Nécessaires aux bactéries du rumen	Difficulté d'apparition et d'expression des chaleurs, baisse de fertilité	Pas d'amélioration de la reproduction ; impact environnemental négatif, eutrophisation des eaux.
Magnésium (Mg)	Contraction musculaire et transmission de l'influx nerveux	Risque de tétanie musculaire	Diarrhée et chute d'appétit.
Sodium (Na) et Chlore (Cl)	Équilibre acido-basique de l'organisme ; métabolisme cellulaire	Pour le sodium : risque fréquent : chute d'appétit et pica ; pour le chlore : risque très rare	Pour le sodium : risque rare et peu important si abreuvement suffisant. Pour le chlore : risque peu évalué avec l'eau chlorée.
Potassium (K)	Fonctionnement musculaire et équilibre acido-basique	Risque très rare avec des apports normaux des fourrages	Transit digestif accéléré, diarrhée, baisse d'appétit, baisse de l'absorption du magnésium
Soufre (S)	Activité des bactéries du rumen, synthèse des constituants protéiques et des cartilages, production de poils	Risque rare, sauf avec l'ensilage de maïs : diminution de l'appétit et de la croissance	Risque accidentel. Induit d'autres carences en cuivre et en zinc. Problèmes cardiaques et respiratoires.

Source : Legarto (2017)

Tableau 3. Rôles des oligo-éléments

Oligo-éléments	Rôle dans le fonctionnement de l'organisme	Risque si	
		Défaut d'apport	Excès d'apport
Cuivre (Cu)	Ossification, défense immunitaire, synthèse des globules rouges, reproduction	Fractures spontanées, fragilité à l'infection, anémie, avortement	Rare. Sinon troubles très graves avec jaunisse hémorragique.
Zinc (Zn)	Synthèse protéique, défense immunitaire, développement et fonctionnement des organes reproductifs males	Chute de poils, cicatrisation lente, onglons mous, infertilité	Rare
Manganèse (Mn)	Synthèse du cartilage, développement et fonctionnement de l'ovaire	Malformations osseuses dans les articulations ; chaleurs discrètes œstrus irréguliers	Très rare.
Sélénium (Se)	Constitutif de la peroxydase du glutathion : détoxification cellulaire	Troubles musculaires ; davantage de métrites ; mammites et kystes ovariens, taux de cellules élevés dans le lait ; troubles thyroïdiens	Salivation abondante
Iode (I)	Composant des hormones thyroïdiennes : contrôle de la synthèse protéique cellulaire et du développement embryonnaire	Avortements, morts nés, goitre	Larmolement, jetage et dermatite
Cobalt (Co)	Synthèse de la vitamine B12 par les bactéries et dégradation des parois végétales dans le rumen	Anémie et baisse de l'appétit	Accidentel. Nécroses musculaires et hépatiques.

Source : Legarto (2017)

On distingue deux principaux types de minéraux quant à ce qui est de l'alimentation animale. Il s'agit, d'une part, des minéraux majeurs qui existent à grande proportion dans l'organisme animal (Calcium, Phosphore, Magnésium, Sodium, Chlore et Potassium) et des minéraux mineurs (Zinc, Cobalt, Molybdène, Sélénium, Manganèse). Les apports recommandés pour les ruminants domestiques par différents auteurs, dont particulièrement Meschy (2007), sont repris dans cette recherche et constituent la référence principale quant aux seuils des besoins. Comme pour l'ensemble de nutriments, on peut distinguer chez les animaux des besoins minéraux d'entretien et des besoins minéraux de production (croissance, lait, poils, travail selon le cas).

2.1. Besoins d'entretien pour les éléments minéraux majeurs

Meschy (2007) a proposé des formules d'appréciation des besoins d'entretien des animaux selon les espèces, le stade physiologique et le poids comme repris dans le tableau 4. Ces besoins sont à ajouter aux besoins de production selon le cas. Pour les femelles gestantes, les besoins de production sont pris en compte seulement pendant la dernière période de gestation.

Tableau 4. Besoins des ruminants en éléments minéraux majeurs pour l'entretien (g/jour)

Catégories d'animaux	Phosphore	Calcium	Magnésium	Sodium	Chlore	Potassium
Bovins						
Croissance		0,663 MSI + 0,008 PV	0,007 PV	0,015 PV	0,23 PV	0,105 PV
Gestation	0,83MSI +	0,015PV	0,007 PV	0,015 PV	0,023 PV	0,105 PV
Lactation	0,002PV	0,663 MSI + 0,008 PV	0,007 PV	0,023 PV	0,035 PV	0,150 PV
Caprins						
Croissance		0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,015PV	0,23PV	0,105PV
Gestation	0,905MSI+0,3 + 0,002 PV	0,015PV	0,01PV	0,015PV	0,023PV	0,105PV
Lactation		0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,023PV	0,035PV	0,150PV
Ovins						
Croissance		0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,015PV	0,23PV	0,105PV
Gestation	0,905MSI+0,3	0,015PV	0,01PV	0,015PV	0,023PV	0,105PV
Lactation	+0,002PV	0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,023PV	0,035PV	0,150PV

Source : Meschy (2007)

2.2. Besoins de production en éléments minéraux majeurs absorbés (en g/jour) chez les ruminants

Les besoins de production en éléments minéraux majeurs sont repris dans le tableau 5.

Tableau 5. Besoins des ruminants en éléments minéraux majeurs (g/jour) pour la production

	Phosphore	Ca	Mg	Na	Cl	K
Croissance (par kg de gain)						
Bovins	$1,2+4,66PVad^{0,22} \times PV^{-0,22}$	$9,83PVad^{0,22} \times PV^{-0,22}$	0,40	1,40	1,00	1,60
Caprins	$1,2+3,19PVad^{0,28} \times PV^{-0,28}$	$6,75PVad^{0,28} \times PV^{-0,28}$	0,40	1,20	1,00	1,80
Ovins	$1,2+3,19PVad^{0,28} \times PV^{-0,28}$	$6,75PVad^{0,28} \times PV^{-0,28}$	0,40	0,90	1,00	1,80
Gestation (dernier tiers)						
Bovins	$7,38/[1+e^{(19,1-5,46 \times \log (sg))}]$	$23,5/[1+e^{(18,8-5,03 \times \log (sg))}]$	0,30	1,30	1,00	1,00
Caprins	0,60-1,20*	1,00-2,00*	0,05	0,30	0,40	0,30
Ovins	0,40-0,90*	0,70-1,50*	0,03	0,30	0,40	0,20
Lactation (par kg de lait)						
Bovins	0,90	1,25	0,15	0,45	1,15	1,50
Caprins	0,95	1,25	0,15	0,45	1,30	1,80
Ovins	1,50	1,90	0,18	0,45	1,15	1,40

Source : Meschy (2007)

PVad : Poids vif adulte en kg. PV : poids vif en kg

sg : semaine de gestation

* : selon la taille de la portée (simple-double)

2.3. Apports journaliers recommandés en oligo-éléments

Meschy (2007) a estimé les besoins journaliers pour les oligo-éléments globalement comme repris dans le tableau 6.

Tableau 6. Teneurs recommandées en oligo-éléments en mg/kg de matière sèche de la ration

Élément	Seuil de carence	Apport journalier recommandée	Seuil de toxicité	Maximum réglementaire
Cuivre	7	10	Ovins : 15 Bovins et caprins : 30	Ovins : 15 Bovins et caprins : 25
Zinc	45	50	250	150
Manganèse	45	50	1000	-
Sélénium	0,1	0,1	0,5	0,5
Cobalt	0,07	0,3	10	2

2.4. Minéraux et digestibilité chez les ruminants

D'après Durand et Kawashima (1980), les minéraux jouent un rôle primordial dans la digestibilité des aliments, notamment sur la croissance microbienne au niveau du rumen. De ce fait, les différents processus fermentaires au niveau du rumen requièrent une bonne quantité de minéraux. Jouany (1994) insiste que les microorganismes du rumen requièrent une supplémentation en minéraux pour les fourrages grossiers qui n'en contiennent que très peu, particulièrement le phosphore et le soufre.

À part les besoins spécifiques de la flore microbienne ruminale, l'absorption des minéraux dépend de la forme de l'apport. Par exemple, l'absorption du phosphore est évaluée à 73 % selon Bravo *et al.* (2003), mais varie en fonction de la forme du phosphore, notamment les phosphates inorganiques, les phytates, les phospholipides, les nucléotides et des formes similaires. Quant au calcium, son rôle sur la digestibilité est variable selon qu'il s'agit de la matière sèche totale, de différentes catégories de fibres (fibres solubles dans le détergent neutre, fibres solubles dans le détergent acide) et des protéines.

En effet, Bayourthe *et al.* (1994) ont constaté que la digestibilité des fibres est globalement augmentée quand on accroît la teneur en calcium dans la ration, alors que celle des protéines reste intacte pendant que celle de la matière sèche totale semble décroître. Comme l'ont révélé Yano *et al.* (1991), il y a une homéostasie bien régulée des minéraux dans l'organisme chez les ruminants ; ce qui implique tout naturellement une bonne ou mauvaise digestibilité ou alors une excrétion excessive de certains éléments. Ces auteurs stipulent que les ruminants peuvent réguler avec précision la concentration du plasma en calcium grâce à trois hormones, à savoir l'hormone parathyroïdienne (PTH), la calcitonine (CT) et la 1,25-dihydroxyvitamine D₃. D'après ces mêmes auteurs, la concentration plasmatique du phosphore est aussi contrôlée par ces mêmes trois hormones.

2.5. Relation minérale sol-plante-animal

Mise à part une éventuelle complémentation minérale grâce aux apports et aux mélanges vitaminiques et minéraux, les éléments minéraux de l'alimentation animale proviennent des plantes à partir du sol. La composition minérale des pâturages dépend essentiellement de la présence de l'élément dans le sol et dans une certaine mesure des conditions diverses liées au sol ou à la plante. Au niveau du sol, le pH influencera tout naturellement la disponibilité de l'élément tout comme l'humidité du sol et la capacité d'échange cationique (humus et argile). Mais les racines de la plante peuvent se retrouver dans une incapacité d'absorption à cause des lésions liées aux maladies racinaires.

Selon Kerguelen (1962), une herbe visiblement bonne peut être pourtant carencée pour les animaux étant donné que certains éléments indispensables pour les animaux ne le sont pas nécessairement pour les végétaux et vice-versa. Cet auteur cite, par exemple, le cobalt qui ne semble pas être indispensable pour les végétaux, tandis qu'il l'est pour les animaux. Il en est de même pour le bore et le molybdène dont les apports ne seraient vraiment recommandés que pour les végétaux, tandis que les animaux pourraient s'en passer dans une certaine mesure. Toutefois, la plupart des éléments minéraux dont le calcium, le phosphore, le soufre, le manganèse, le fer et plus globalement les éléments majeurs sont, selon Kerguelen

(1962), à la fois importants et exigibles chez les animaux comme chez les végétaux.

Les manifestations des carences chez les animaux et donc dans le pâturage peuvent être bien diverses selon les éléments en question et le stade physiologique. Ainsi, d'après Lamand et Perigaud (1973), on peut observer selon le cas la diarrhée chez les vaches, l'infécondité, les poils hérissés ou décolorés, la myopathie, anémie, pica, inappétence, goitre, troubles cardiaques, troubles osseux, dyspnée et plusieurs formes de manifestations qui peuvent ne pas être exclusivement dues aux carences minérales. C'est le cas de l'infécondité dont les causes peuvent être recherchées selon Lamand et Perigaud (1973) dans les carences alimentaires glucidiques et protéiques. On comprend donc qu'il peut y avoir superposition des causes des manifestations des carences alimentaires.

2.6. Approches pour la correction de l'état minéral des pâturages

En cas de carence, il existe deux approches pour améliorer la qualité minérale de l'alimentation animale. Il s'agit tout d'abord d'amener les éléments minéraux dans l'aliment sous forme de prémélange l'élément ou les éléments minéraux qui manquent. De prime abord, cette pratique ne semble pas durable. Mais l'amendement des pâturages et leur fertilisation sont possibles comme le dit Perigaud (1973). Cette chercheuse estime que quand une fertilisation en éléments majeurs est bien conduite, elle tend à augmenter les teneurs en tous les éléments utiles pour l'animal. Un excès d'azote appauvrit généralement les fourrages en matières minérales comme l'ont remarqué Siviholya (2023) et Perigaud (1973).

Quand elle est déséquilibrée, notamment par un excès d'azote, Perigaud (1973) signale que la fertilisation appauvrit le fourrage en l'élément insuffisant dans le sol. Une fumure potassique en excès peut induire une carence relative en magnésium et en sodium. Des carences en phosphore, cuivre ..., provoquées par la fertilisation, se révèlent surtout en début d'intensification à un moment où de nombreux éléments sont énergiquement bloqués par la matière organique brute du sol et où les premières fumures, associées souvent à la recalcification en activent la minéralisation dans un turn-over microbien rapide. On peut alors craindre des accidents

particulièrement si, concomitamment aux augmentations de fumure, il y a conversion de la prairie à flore complexe en une culture monospécifique précocement pâturée.

3. Méthodologie de la recherche

La recherche a été menée dans la Ville de Butembo au niveau des fermes de Kalambi (Université Catholique du Graben) et de l'ITAV (Institut Technique Agricole et Vétérinaire de Butembo). Les observations par rapport à l'ingestion ont été faites sur cinq chèvres sur pâturage à la ferme de Kalambi contre cinq chèvres à la ferme de l'ITAV en Ville de Butembo. Les échantillons de fourrages ont été prélevés dans les deux pâturages en vue de leur analyse au laboratoire.

Les observations ont porté sur le comportement alimentaire des caprins sur le pâturage. Pour ce faire, des animaux cibles ont été pesés avant la mise au pâturage tout comme après. Les déjections (urines + défécations) excrétées pendant la pâture ont été pesées de manière à estimer la matière fraîche ingérée (poids après plus poids des excréments moins poids avant) en estimant que la perte de poids par évapotranspiration et par rumination/fermentation en une demi-journée est assez négligeable et que la digestion n'était pas encore elle-même engagée pour créer des interférences au niveau physiologique entre les matières ingérées et les excréments. Des échantillons des fourrages ont été récoltés (à 2 cm au-dessus du sol) en suivant plus ou moins les courbes de niveau en raison de quatre échantillons par niveau. Cinq échantillons composites ont été ainsi réalisés sur cinq niveaux altitudinaux de chacune de deux fermes. Une analyse floristique des échantillons a été aussi menée.

Les analyses des teneurs des éléments minéraux ont été effectuées pour les deux fermes sur cinq échantillons composites par ferme et ont concerné, notamment les éléments majeurs suivants : le calcium, le magnésium, le phosphore, le potassium et le sodium. Dans l'objectif d'envisager une complémentation avec le sel gemme comme ressource locale, les mêmes analyses ont été faites pour le sel gemme.

4. Résultats de la recherche

4.1. Composition minérale de fourrages

Les résultats des analyses des fourrages dans les fermes de Kalambi et de l'ITAV se présentent comme suit : La teneur en matières sèches a été en moyenne de 15,8 % pour la ferme de Kalambi et de 16,3 % pour la ferme de l'ITAV. L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux fermes quant à la teneur des fourrages des pâturages de deux fermes en matières sèches. La teneur moyenne des cendres a été en moyenne de 9,2 % de la matière sèche dans le pâturage de Kalambi contre 8,5 % dans la ferme de l'ITAV. Pour le magnésium, les moyennes des teneurs (en %) de la matière sèche des fourrages et du sel gemme sont reprises dans la figure 1.

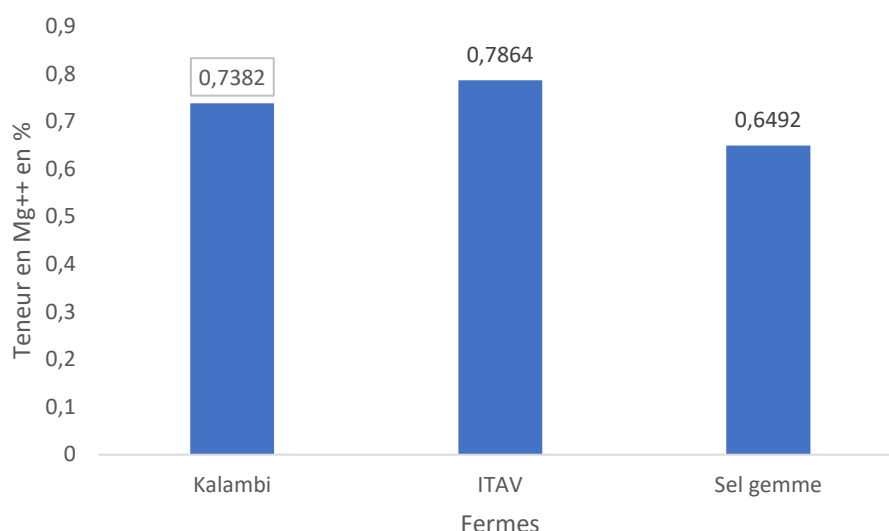


Figure 1. Composition des pâturages et du sel gemme en magnésium en %

L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre la ferme de Kalambi (0,74 %) et de l'ITAV (0,79 %) quant à la teneur des fourrages en magnésium. Il s'observe néanmoins une différence très

hautement significative entre la teneur en Mg^{++} de deux fermes et du sel gemme (0,65 %). Pour le calcium (Ca^{++}), l'analyse statistique montre qu'il existe globalement une différence très hautement significative entre les teneurs en calcium des fourrages et le sel gemme. Cette différence existe entre la ferme de Kalambi (0,26 %) et le sel gemme (0,64 %) d'une part, et entre Kalambi et celle de l'ITAV (1,03 %) par rapport à la teneur en calcium. Mais la teneur en calcium du fourrage issu de la ferme de l'ITAV n'est pas significativement différente de celle du sel gemme. Pour le phosphore, la teneur de l'herbe fraîche en phosphore (en mg par kg de la matière fraîche) est très hautement significative entre la ferme de Kalambi (53,5 mg) et la ferme de l'ITAV (63,8 mg) comme repris dans la figure 2.

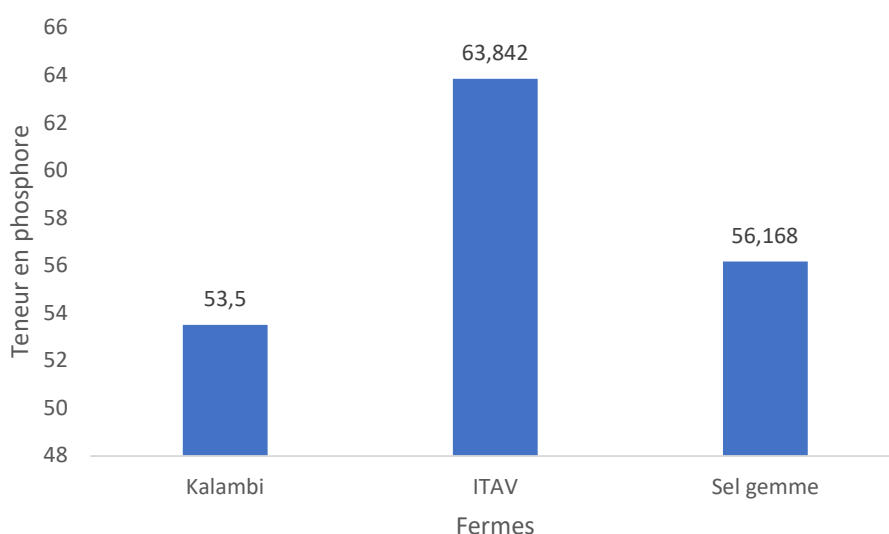


Figure 2. Teneurs en phosphore des herbes fraîches des pâturages de Kalambi et de l'ITAV et du sel gemme

On observe une différence de la teneur en phosphore entre la ferme de Kalambi (53,5 mg) et le sel gemme (56,2 mg), mais pas entre la ferme de l'ITAV et le sel gemme. Quant au potassium, sa teneur en mg par kg de la matière fraîche est très hautement significative quand il s'agit de la ferme de Kalambi (5,8 mg par kg) ou de la ferme de l'ITAV (22,9 mg par kg) comme cela est montré dans la figure 3.

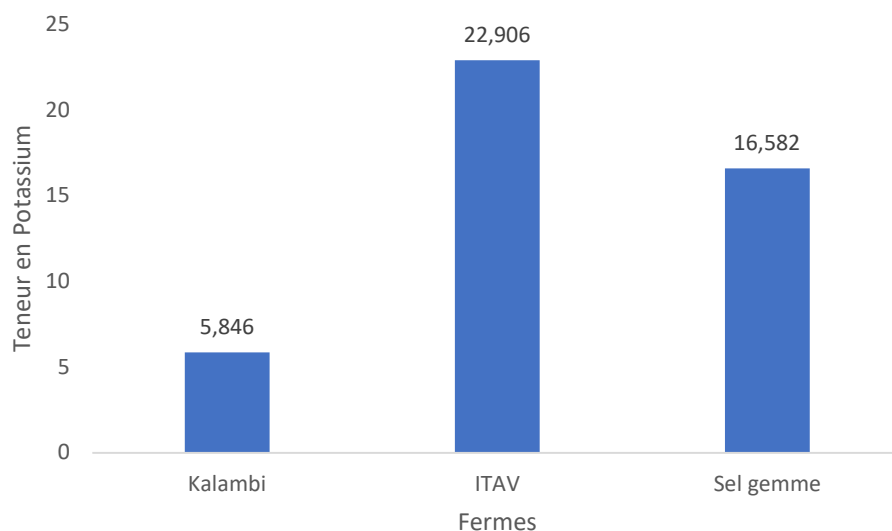


Figure 3. Teneur de l’herbe fraîche en potassium dans les fourrages de Kalambi et de l’ITAV (mg par kg) comparativement au sel gemme.

L’analyse statistique ne montre cependant pas de différence significative entre la teneur en potassium du sel gemme (16,6 mg) en comparaison avec la teneur de l’herbe du pâturage de l’ITAV (22,9 mg/kg). Pour le sodium, les analyses ont révélé des teneurs significativement élevées dans le pâturage de la ferme de Kalambi (53,46 mg/kg de matière fraîche) comparativement à la ferme de l’ITAV (50,27) et surtout comparativement au sel gemme (37,6) comme cela est repris dans la figure 4.

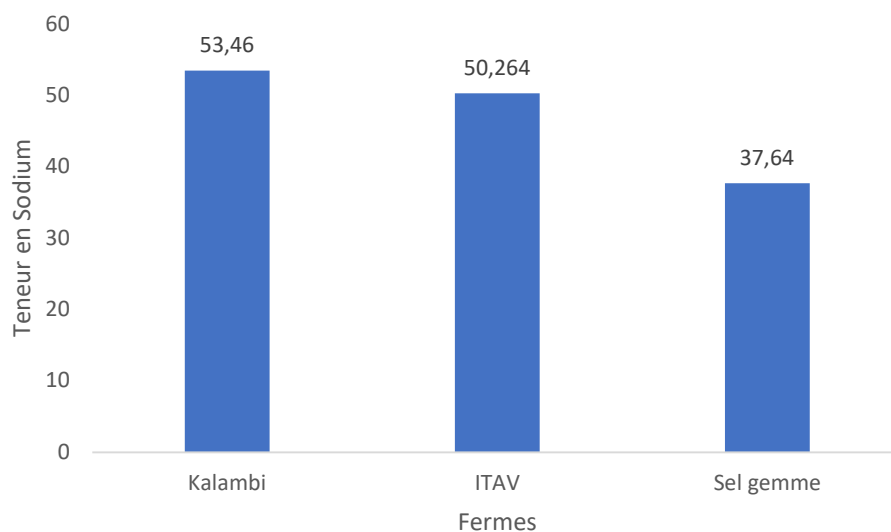


Figure 4. Teneur de l'herbe fraîche en sodium dans les fourrages de Kalambi et de l'ITAV (mg par kg) et du sel gemme.

4.2. Composition agrostologique de fourrages

D'après les observations faites sur le terrain, le fourrage dans les pâturages des fermes de Kalambi et de l'ITAV est composé essentiellement des plantes dont les noms et les fréquences sont repris dans le tableau 7 et dans la figure 5.

Tableau 7. Composition et fréquence agrostologiques des pâturages de Kalambi et de l'ITAV

		<i>Pennisetum clandestinum</i>	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	<i>Paspalum notatum</i>	<i>Hydrocotyle confusa</i> (et <i>Centella asiatica</i>)	<i>Trifolium repens</i> et <i>pratense</i>	<i>Killinga erecta</i> (et autres caréacées)	<i>Plantago palmata</i>	Autres (dont les fougères et des dicotylédones)	Total
Ferme de Kalambi	de	39	23	10	5	10	10	1	2	100
Ferme de l'ITAV	de	23	25	20	15	10	5	1	1	100
Commentaires		Appété	Appété	Appété	Non appété par les ruminants	Appété	Faiblement appété	Non appété. Retrouve dans les endroits régulièrement humides	-	-

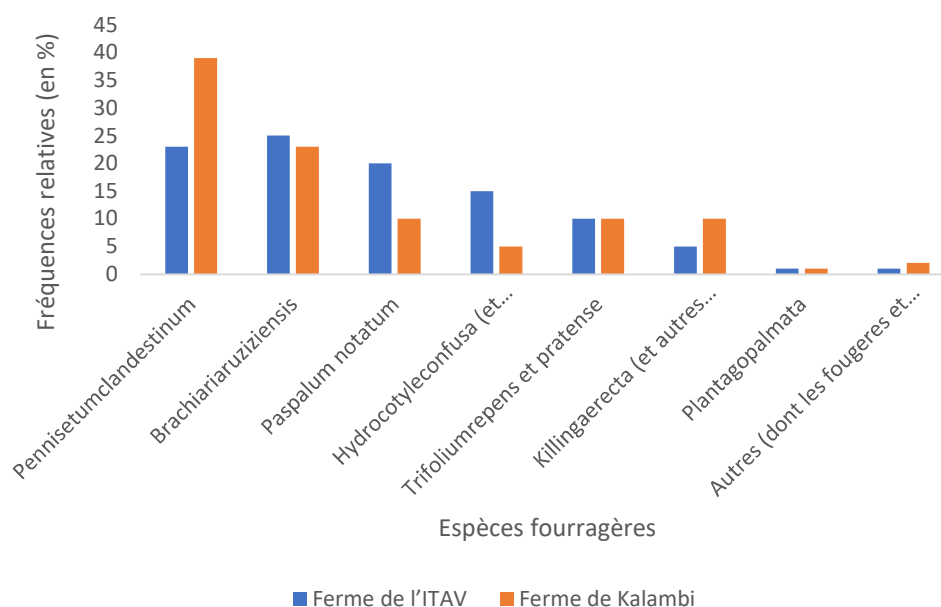


Figure 5. Fréquences des espèces agrostologiques dans les fermes de Kalambi et de l'ITAV

Dans les deux fermes le *Pennisetum clandestinum*, le *Brachiaria ruziziensis* (comme graminées) et le trèfle (*Trifolium repens* et *Trifolium pratense*) comme légumineuse sont les plantes présentes dans le pâturage. Les graminées constituent 72 % contre 10 % de légumineuses dans la ferme de Kalambi, alors que dans la ferme de l'ITAV, on observe globalement 68 % de graminées contre 10 % de légumineuses, ce qui donne une idée vague d'une pauvre relative de ces pâturages en azote.

Quoique consommés par les ruminants dans une certaine mesure, le *Paspalum* et les caréacées sont des herbes envahissantes des pâturages à côté d'*Hydrocotyle* (et du *Centella*) et même du *Plantago palmata*. En comparant les deux fermes, il y a lieu de constater une plus grande proportion de plantes envahissantes dans la ferme de l'ITAV que dans la ferme de l'UCG. En effet, les deux fermes ne sont pas entretenues

systématiquement et voient une augmentation progressive des plantes non cultivées dans les pâturages.

La ferme de l'ITAV qui est plus ancienne (plus de 30 ans) a une plus grande proportion d'*Hydrocotyle confusa* et de *Paspalum notatum*, alors que les fougères à côté du *Sida acuta* sont plus présentes dans la ferme de Kalambi où le piétinement est plus faible compte tenu d'une charge animale atténuée. Les caréacées sont plus fréquentes dans la ferme de Kalambi (10 %) par rapport à la ferme de l'ITAV.

4.3. Quantités de fourrages ingérées par des chèvres dans les fermes de Kalambi et de l'ITAV

Les quantités ingérées des fourrages frais par les chèvres dans les fermes de Kalambi et de l'ITAV se présentent comme dans le tableau 8.

Tableau 8. Matières fraîches ingérées par les caprins dans la ferme de Kalambi

Ferme	Numéro de la chèvre	Poids de la chèvre	Matière fraîche ingérée	Matière sèche ingérée
Kalambi	1	30	5,480	0,866
Kalambi	2	30,5	5,000	0,790
Kalambi	3	32	5,995	0,947
Kalambi	4	29,5	4,480	0,708
Kalambi	5	31	4,915	0,777
ITAV	1	28	5,940	0,968
ITAV	2	30	5,010	0,817
ITAV	3	29	5,960	0,971
ITAV	4	29,5	3,940	0,642
ITAV	5	30	5,485	0,894

5. Discussions des résultats

Dans cette partie de la recherche, les résultats seront discutés en fonction des recommandations telles que présentées dans la revue de la littérature. La teneur en matières sèches des fourrages pâturés a été de 15,8 % pour Kalambi et 16,3 % pour l'ITAV sans qu'il y ait une différence significative

entre les deux fermes. Cette valeur est assez faible comparativement aux valeurs rapportées pour les pâturages tropicaux et montre, de ce fait, que les fourrages étaient exploités trop jeunes. En effet, Wyss *et al.* (2018) rapportent des teneurs en matières sèches dépassant 25 % dans les produits herbagers.

La teneur des cendres a été en moyenne de 9,2 % de la matière sèche dans le pâturage de Kalambi contre 8,5 % dans la ferme de l'ITAV sans que la différence soit significative entre les deux fermes. Les valeurs rapportées sont globalement conformes à celles rapportées par Wyss *et al.* (2018) qui situe la plage de variation de cendres entre 9 et 11 % de la matière sèche selon les années avec des cas exceptionnels de 20 %.

Il existe une différence entre la ferme de Kalambi (0,26 %) et le sel gemme (0,64 %) d'un part, et entre Kalambi et celle de l'ITAV (1,03 %) par rapport à la teneur du fourrage en calcium. Mais la teneur en calcium du fourrage issu de la ferme de l'ITAV n'est pas significativement différente de celle du sel gemme.

Les teneurs des fourrages en calcium dans la ferme de l'ITAV (1,03 %) sont au-delà des valeurs reprises pour les fourrages suisses (0,64 % de la matière sèche) par WYSS *et al.* (2018), alors que pour la ferme de Kalambi (0,26 %), elles sont inférieures. Il n'y a que le sel gemme qui contient une teneur en calcium semblable à celle des fourrages décrits par Wyss *et al.* (2018).

Les teneurs en phosphore des fourrages pâturés dans les fermes de Kalambi (53,5 mg/kg de matière fraîche soit 0,34 g de phosphore par kg de matières sèches) et de l'ITAV (63,8 mg/kg de matière fraîche soit 0,390 g de phosphore par kg de matières sèches) sont largement inférieures aux valeurs de 3,3 g de phosphore par kg de matières sèches telles que rapportées par Wyss *et al.* (2018). La raison qui milite pour cette différence serait que les pâturages suisses sont régulièrement fertilisés en phosphore contrairement aux pâturages des fermes de Kalambi et de l'ITAV en Ville de Butembo.

Quant au potassium, sa teneur dans les fourrages de la ferme de Kalambi (5,8 mg par kg de matière fraîche soit 36,71 mg par kg de matière sèche) est largement inférieure à celle de 28 g/kg de matière sèche telle que décrite par Wyss *et al.* (2018). La teneur en potassium dans la ferme de l'ITAV (22,9

mg par kg de matière fraîche soit 140,49 mg par kg de matière sèche est aussi très en deçà des valeurs observées par Wyss *et al.* (2018) pour les fourrages suisses. La raison principale de cette différence pourrait être le fait que les pâturages suisses sont régulièrement fertilisés en potassium contrairement aux pâturages de Kalambi et de l'ITAV en Ville de Butembo qui ne le sont pas.

Comparativement aux teneurs en magnésium de 0,19 % de la matière sèche relevées par Wyss *et al.* (2018), les teneurs des fourrages de 0,74 % pour la ferme de Kalambi et 0,79 % pour la ferme de l'ITAV sont relativement élevées et se comparent au contenu du sel gemme (0,65 %). Pour le sodium, les analyses ont révélé des teneurs significativement élevées dans le pâturage de la ferme de Kalambi (53,46 mg/kg de matière fraîche soit 338,35 mg/kg de matières sèches) comparativement à la ferme de l'ITAV (50,27 mg/kg de matière fraîche soit 308,4 mg/kg de matières sèches) et sont globalement similaires à celles de 290 mg de sodium/kg de matières sèches telles que rapportées par Wyss *et al.* (2018). Cette similarité pourrait être expliquée par le fait que ni en Suisse ni à Butembo ni ailleurs, il n'a été nulle part rapporté une quelconque fertilisation des pâturages en sodium.

Conformément aux recommandations de Meschy (2007), les besoins en minéraux des caprins se déclinent comme suit :

Tableau 9. Besoins minéraux des caprins

Catégories d'animaux	Phosphore	Calcium	Magnésium	Sodium	Chlore	Potassium
Caprins						
Croissance		0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,015PV	0,23PV	0,105PV
Gestation	0,905MSI+0,3 + 0,002 PV	0,015PV	0,01PV	0,015PV	0,023PV	0,105PV
Lactation		0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,023PV	0,035PV	0,150PV

Source : Meschy (2007)

Pour les cas particuliers des fermes de l'ITAV et de Kalambi, les caprins utilisés étant des animaux en croissance, le tableau des besoins en fonction du poids vif des animaux et de l'ingestion journalière des matières sèches se présente de la manière suivante, en prenant en compte que la quantité ingérée de minéraux est calculée en fonction de la moyenne du pâturage en un minéral donné.

Tableau 10. Apports comparés aux besoins dans le pâturage de la ferme de Kalambi selon Meschy (2007)

Ferme de Kalambi	Poids vif (en kg)	MSI (en kg)	Phosphore (g)	Calcium (g)	Magnésium (g)	Sodium (g)	Potassium (g)	
Besoins	-	-	0,905MSI+0,3 + 0,002PV	0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,015PV	0,105PV	
Chèvre 1	30	0,866	1,144	0,880	0,300	0,450	3,150	Besoins
Apport pour chèvre 1			0,294	2,269	6,393	0,293	0,032	Apports
Chèvre 2	30,5	0,790	1,076	0,834	0,305	0,458	3,203	Besoins
Apport pour chèvre 2			0,229	2,070	5,832	0,267	0,029	Apports
Chèvre 3	32	0,947	1,221	0,954	0,320	0,480	3,360	Besoins
Apport pour chèvre 3			0,322	2,481	6,991	0,320	0,035	Apports
Chèvre 4	29,5	0,708	1,000	0,769	0,295	0,443	3,098	Besoins
Apport pour chèvre 4			0,241	1,855	5,226	0,240	0,026	Apports
Chèvre 5	31	0,777	1,065	0,831	0,310	0,465	3,255	Besoins
Apport pour chèvre 5			0,264	2,036	5,736	0,263	0,029	Apports
Commentaires			Apport déficitaire	Apport excédentaire	Apport excédentaire	Apport déficitaire	Apport déficitaire	

Tableau 11. Apports comparés aux besoins dans le pâturage de la ferme de l'ITAV selon Meschy (2007)

Ferme de l'ITAV	Poids vif	MSI	Phosphore	Calcium (en g)	Magnésium	Sodium	Potassium
Besoins	-	-	0,905MSI+0,3 + 0,002PV	0,67MSI+0,01PV	0,01PV	0,015PV	0,105PV
Chèvre 6	28	0,968	1,232	0,929	0,280	0,420	2,940
Apports pour Chèvre 6			0,378	9,970	7,612	0,299	0,136
Chèvre 7	30	0,817	1,099	0,847	0,300	0,450	3,150
Apports pour Chèvre 7			0,319	8,415	6,427	0,252	0,115
Chèvre 8	29	0,971	1,237	0,941	0,290	0,435	3,045
Apports pour Chèvre 8			0,379	10,001	7,636	0,299	0,136
Chèvre 9	29,5	0,642	0,940	0,725	0,295	0,443	3,098
Apports pour Chèvre 9			0,250	6,613	5,049	0,198	0,090
Chèvre 10	30	0,894	1,169	0,899	0,300	0,450	3,150
Apports pour Chèvre 10			0,349	9,208	7,030	0,276	0,126
Commentaires			Apports déficitaires	Apports excédentaires	Apports excédentaires	Apports déficitaires	Apports déficitaires

La comparaison des résultats obtenus dans les fermes de Kalambi et de l'ITAV et des prévisions de Meschy (2007) permet de faire les constats suivants tout au moins pour ce qui est des chèvres en croissance.

- Dans la ferme de Kalambi, les apports sont déficitaires pour le phosphore, pour le sodium et pour le potassium.
- Dans la ferme de Kalambi, l'apport en calcium et en magnésium ne pose pas de problème particulier pour l'alimentation de la chèvre en croissance.
- A la ferme de l'ITAV, les apports en éléments minéraux sont déficitaires pour le phosphore, le sodium et le potassium.
- Dans la ferme de l'ITAV, on n'observe pas de déficit pour le calcium et le magnésium.

Il ressort de ces observations que le calcium et le magnésium ne posent pas de problème particulier de déficience tant pour le pâturage de la ferme de Kalambi que pour le pâturage de la ferme de l'ITAV. De ce fait, la complémentation minérale ne semble pas utile pour le calcium et le magnésium dans les deux fermes du moins pour les besoins d'entretien des chèvres en croissance.

En revanche, le phosphore et le potassium sont déficitaires dans ces deux pâturages, ce qui supposerait une déficience en ces éléments dans les sols de ces deux fermes. Ceci implique impérativement une nécessité d'ajouter du phosphore, du potassium et du sodium dans l'alimentation des herbivores dans ces fermes sous forme de bloc à lécher. Le sel gemme peut déjà constituer une première source de complémentation surtout comme source de sodium. Mais pour une production abondante d'herbes équilibrées en protéines, en phosphore et en potassium, il peut être intéressant de renforcer la fertilisation en engrais NPK (azote + phosphore + potassium). Toutefois, considérant la pauvreté relative de ces fourrages en calcium en comparaison avec les valeurs rapportées pour les fourrages européens par WYSS *et al.* (2018), une fumure calcique de fonds pourrait être recommandée pour les fermes de Kalambi et de l'ITAV.

Conclusion

L'étude de la composition minérale des fourrages des pâturages de Butembo particulièrement à Kalambi à la ferme universitaire et à l'ITAV (Institut Technique Agricole et Vétérinaire) montre que ces pâturages ne posent pas de problème particulier d'apports en calcium et en magnésium chez la chèvre en croissance pour les besoins d'entretien, mais présentent des déficits inquiétants en phosphore, potassium et sodium. Il s'avère important d'étudier les possibilités de complémentation de l'alimentation de ces chèvres en phosphore, potassium et sodium. Tandis que le phosphore et le potassium devraient être apportés par la fertilisation du sol sous forme de NPK, le sodium quant à lui peut être avantageusement apporté aux animaux sous forme de sel gemme. Des études édaphiques devraient de ce fait être menées pour vérifier la présence du phosphore et du potassium dans le sol et leur assimilabilité par les cultures fourragères.

Malgré la présence de calcium et de magnésium dans les fourrages, il serait intéressant de mener des études de digestibilité des herbes. Ces études permettraient de se rassurer à quel degré les éléments minéraux de la plante sont digérés et métabolisés par l'animal. Elles permettraient également de prendre les mesures nécessaires d'intensification pour des productions carnée et laitière soutenues étant donné que les estimations se sont limitées aux besoins d'entretien. Il pourrait aussi être important d'envisager des prélèvements d'organes (sang, muscles) pour en analyser la teneur en ces éléments dans le but d'appréhender des éventuelles pathologies liées au déficit ou à l'excès.

Pour le pâturage lui-même, il serait important d'envisager un paddockage afin que la régénérescence des herbes pâturées soit maîtrisée de manière à permettre de réduire les refus étant donné que les animaux ont une préférence pour les jeunes herbes à chaque fois que l'occasion leur est offerte. Le manque de paddockage et de programme de rotation des bêtes dans le pâturage ne faciliterait pas la production d'une grande biomasse aérienne des plantes pâturées qui permet d'allier la quantité à la qualité en vue des productions animales soutenues.

En plus des considérations précédentes, on a pu constater une souillure des pâturages par le sol. Les herbes de deux pâturages ont généralement

moins de 10 cm au niveau du sol. Les résultats d'analyse ainsi obtenus ne reflètent donc pas toutes les réalités minérales du pâturage étant donné que les herbes n'étaient pas lavées d'avance pour simuler dans le meilleur des cas la situation des animaux sur le pâturage.

Références bibliographiques

- BAEMAERKER, D. M. (1992). *DVE : Le nouveau système d'évaluation des protéines pour le bétail bovin en Belgique*. Ministère de l'agriculture, administration d'agriculture de l'horticulture.
- BAYOURTHE, C., VERNAY, M., & MONCOULON, R. (1994). Effect of calcium salts of fatty acids on rumen function and the digestibility of rations by sheep. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64(3), 341-347. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740640316>
- BECKERS, Y. (2013). L'équilibre des rations alimentaires des bovins : Quelques pistes pour améliorer l'efficacité azotée. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17(S1), 243-250.
- BRAVO, D., SAUVANT, D., BOGAERT, C., & MESCHY, F. (2003). Quantitative aspects of phosphorus absorption in ruminants. *Reproduction Nutrition Development*, 43(3), 271-284. <https://doi.org/10.1051/rnd:2003020>
- CUVELIER, C., & DUFRASNE, I. (2015). *L'alimentation de la vache laitière: Aliments, calculs de rations, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle*, Livret de l'agriculture (Université de Liège).
- DURAND, M., & KAWASHIMA, R. (1980). Influence of minerals in rumen microbial digestion. In Y. RUCKEBUSCH & P. THIVEND (Éds.), *Digestive physiology and metabolism in ruminants* (p. 375-408). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-011-8067-2_18
- JOUANY, J. P. (1994). Les fermentations dans le rumen et leur optimisation. *INRAE Productions Animales*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1994.7.3.4170>
- KERGUELEN, M. (1962). Valeur minérale de l'herbe (oligo-éléments). Influence du sol et de la fumure sur la composition minérale. *Fourrages*, 10, 63-70.

- LAMAND, M., & PERIGAUD, S. (1973). Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. I. – Éléments d'enquête obtenus dans la pratique vétérinaire. *Annales de Recherches Vétérinaires*, 4(4), 513-534.
- LEGARTO, J. (2017). *L'alimentation minérale des chèvres, Symposium sur l'élevage des caprins tenu du 9 au 10 février 2017 à Côte Saint André (France)*. Institut de l'élevage Idèle.
- MESCHY, F. (2007). Alimentation minérale et vitaminique des ruminants : Actualisation des connaissances. *INRAE Productions Animales*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2007.20.2.3444>
- PERIGAUD, S. (1973). Oligo-éléments et qualité des fourrages. Influence de la fumure minérale. *Fourrages*, 57, 43-60.
- SIVIHOLYA, K. (2023). Réponses du *Galinsoga ciliata* à l'ombrage et à l'apport d'urée dans le sol. *Parcours et Initiatives : Revue interdisciplinaire du Graben (PIRIG)*, 22, Article 22.
- WYSS, U., SCHLEGEL, P., FREY, H., AKERT, F., & MULSER, E. (2018). Teneurs en nutriments et en minéraux des fourrages conservés. *Recherche Agronomique Suisse*, 9(5), 164-171.
- YANO, F., YANO, H., & BREVES, G. (1991). 13—Calcium and Phosphorus Metabolism in Ruminants. In T. Tsuda, Y. Sasaki, & R. Kawashima (Éds.), *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants* (p. 277-295). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-702290-1.50020-5>