

**ÉTUDE DES APPORTS ALIMENTAIRES ET DES  
POSSIBILITÉS DE COMPLÉMENTATION  
MINÉRALE DE BOVINS N'DAMA SUR PÂTURAGES  
ARTIFICIELS À *BRACHIARIA* SP. AU RANCH DE  
KOLO (RDC)**

**AMAURY GOUBAU**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER BIOINGENIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

**ANNÉE ACADEMIQUE 2009-2010**

**PROMOTEUR : DIDIER STILMANT  
CO-PROMOTEUR : JÉRÔME BINDELLE**

*© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et du doyen de Gembloux Agro-Bio Tech.*

*Le présent document n'engage que son auteur.*



**ÉTUDE DES APPORTS ALIMENTAIRES ET DES  
POSSIBILITÉS DE COMPLÉMENTATION  
MINÉRALE DE BOVINS N'DAMA SUR PÂTURAGES  
ARTIFICIELS À *BRACHIARIA* SP. AU RANCH DE  
KOLO (RDC)**

**AMAURY GOUBAU**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER BIOINGENIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

**ANNÉE ACADEMIQUE 2009-2010**

**PROMOTEUR : DIDIER STILMANT  
CO-PROMOTEUR : JÉRÔME BINDELLE**

# Remerciements

---

Je tiens tout d'abord remercier la société SEBO et MM. Van Braekel et Monteyne de m'avoir permis de réaliser ce travail au sein du ranch de Kolo.

Merci à Thomas Lecomte pour son suivi sur place et son aide à la mise en place de ce projet ainsi que pour ses nombreux conseils. Merci également à Nadège, Virginie et Hugues pour leur accueil chaleureux et leur aide afin de rendre le séjour plus agréable.

Merci au personnel du ranch pour leur travail et la sympathie qu'ils m'ont accordée.

À Olivier pour sa collaboration et pour m'avoir fait découvrir d'autres facettes de la RDC.

Je remercie Didier Stilmant d'avoir accepté la prise en charge de ce projet, Jérôme Bindelle pour m'avoir aidé à le mettre en place et Pascale Picron pour ses nombreux conseils avisés, ses relectures et surtout son aide en statistique. Merci à eux d'avoir pris le temps de me suivre tout au long de ce travail de fin d'étude.

Les différents échantillons récoltés ont été analysés au CRA-W. Je remercie Richard Agneessens et Jean-Michel Romnée pour les analyses menées dans leur service. Merci à Françoise Mbelo pour les analyses minérales et merci à Virginie Decruyenaere et Claudine Clément pour le temps qu'elles ont pris pour les analyses SPIR et pour les différentes prédictions réalisées.

Merci à mes parents et au reste de la famille pour m'avoir permis de réaliser ces études et m'avoir soutenu dans les bons et mauvais moments.

Aux éleveurs, Amélie, Astrid, Christine, Kathy, Marie-Laure, Marjolaine et Jérémie pour ces deux années remplies de moments inoubliables.

Aux amis qui sont toujours là quand on a besoin d'eux : François, Annabelle, Delphine, Séverine et Éléonore.

À mes co-kotteuses, Catherine, Sophie et Valentine, pour m'avoir supporté ces quelques années.

Enfin, une pensée toute particulière à Martin, de la DGM, et au drapeau congolais.

# Résumé

---

Les apports et les besoins alimentaires des bovins N'Dama, pâturant sur des pâturages artificiels à *Brachiaria* sp., au ranch de Kolo, en République démocratique du Congo, ont été déterminé afin de mettre en évidence un éventuel déficit en énergie, protéines et minéraux. La qualité et la quantité des régimes consommés par deux catégories animales (bouillons et vaches de réforme) a été estimée par spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) au cours de deux période (petite saison sèche et petite saison des pluies) sur deux types de pâturages semés de *Brachiaria decumbens* et *Brachiaria ruziziensis*.

Les apports énergétiques et protéiques fournis par les deux couverts satisfont les besoins des animaux au cours des deux périodes. Pour les bouillons, l'apport prélevé sur les deux types de pâturages, 4,85 unités fourragères (UF) en première période, permettent, par rapport aux besoins théoriques d'un bouillon en croissance de 260 kg, un GQM de 600 g/j. En seconde période, les apports sont plus importants sur la parcelle à *B. decumbens* (5,6 UF) et permettent un GQM théorique de 700 g/j, tandis qu'ils diminuent sur la parcelle à *B. ruziziensis* (4,4 UF), ne permettant plus qu'un GQM théorique de 400 g/j.

C'est en seconde période que les performances de croissances théoriques au pâturage sont les plus élevés pour les vaches de réforme en finition, avec 500 g/j sur la parcelle à *B. decumbens* et 300 g/j sur la parcelle à *B. ruziziensis*.

Les besoins en minéraux sont partiellement couverts. Les apports en P, Ca, Mg, K, Mn et Fe sont suffisants. Par contre ceux en Na, Cu et Zn ne le sont pas. Une complémentation minérale en ces éléments doit donc être apportée au cours des deux périodes sur les deux types de pâturages. L'apport doit être sous forme de bloc afin de contrôler l'ingestion et limiter les vols.

# Abstract

---

The supplies and the needs of N'Dama cattle, grazing on artificial pastures composed of *Brachiaria* sp., in the ranch of Kolo, in Democratic Republic of the Congo, have been determined in order to highlight any deficit in energy, protein or minerals. The quality and quantity of forage consumed by two groups of animals (steers and cull cows) was estimated by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) during two periods (short dry season and short rainy season) on two types of pastures sown with *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis*.

The intakes of energy and protein, provided by the two species of *Brachiaria*, satisfy the needs of animals during the two periods. For steers, the supplies by the two types of pasture, with an average intake of 4.85 fodder units (FU) in the first period, provide, compared to the theoretical needs of a growing steer of 260 kg, a theoretical body weight gain of 600 g/d. In the second period, the contributions are more important on the *B. decumbens* grazing (5.6 FU) and provide a theoretical BWG of 700 g/d, while they decrease on the *B. ruziziensis* grazing (4.4 FU), not allowing more than a theoretical BWG of 400 g/d.

In the second period, the expected body weight gains are higher for cull cows with 500 g/d on the *B. decumbens* grazing and 300 g/d on the *B. ruziziensis* grazing.

The mineral requirements are partially covered. The contributions of P, Ca, Mg, K, Mn and Fe are sufficient. On the other hand, Na, Cu and Zn needs are not adequate. A mineral supplementation of these nutrients must be provided for animals during the two periods on the two pastures. To control the intake and limit thefts, the nutritional supply must have a block form.

# Table des matières

---

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>2</b>
<b>1. CONTEXTE DE L'ETUDE .....</b>	<b>2</b>
1.1 LE RANCH DE KOLO ET LE GROUPE ORGAMAN.....	2
1.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CLIMAT.....	3
1.3 LES BOVINS N'DAMA.....	4
1.4 CONDUITE D'ELEVAGE A KOLO.....	5
<b>2. CULTURES FOURRAGERES TROPICALES.....</b>	<b>5</b>
2.1 BRACHIARIA.....	5
2.1.1 <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf (Signal grass).....	6
2.1.2 <i>Brachiaria ruziziensis</i> Germain & Evrard (Ruzi grass).....	7
2.2 AUTRES ESPECES PRESENTES SUR LES PATURAGES.....	8
2.2.1 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner.....	8
2.2.2 <i>Panicum maximum</i> Jacq.....	8
2.2.3 <i>Sporobolus pyramidalis</i> P. Beauv.....	9
2.2.4 <i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.....	9
2.2.5 <i>Chromolaena odorata</i> (L.) King & Robinson.....	9
2.2.6 <i>Sida acuta</i> Burm. f.....	10
2.2.7 <i>Mimosa pudica</i> L.....	10
<b>3. SYSTEMES DE PRODUCTION.....</b>	<b>10</b>
3.1 LES TYPES DE PATURAGES TROPICAUX.....	10
3.1.1 Les pâturages sahéliens.....	10
3.1.2 Les pâturages soudaniens.....	11
3.1.3 Les pâturages guinéens.....	12
3.2 LES PATURAGES NATURELS.....	12
3.3 LES PATURAGES AMELIORES.....	13
3.3.1 Les feux de brousse contrôlés.....	13
3.3.2 La rotation et la réserve de pâture.....	14
3.3.3 La fumure.....	14
3.3.4 La lutte contre l'érosion.....	14
3.3.5 L'introduction d'espèces.....	15
3.4 LES PATURAGES ARTIFICIELS.....	15
<b>4. COMPORTEMENT ALIMENTAIRE AU PATURAGE.....</b>	<b>16</b>
4.1 EFFETS DE LA RESSOURCE FOURRAGERE SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE.....	17
4.2 EFFETS DE L'ORGANISATION SOCIALE SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE.....	18
4.3 ÉTUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE AU PATURAGE.....	19
4.3.1 Observation visuelle.....	19
4.3.2 Systèmes d'enregistrement.....	20
<b>5. ESTIMATION DE LA QUALITE DES FOURRAGES.....</b>	<b>20</b>
5.1 MESURES DE L'INGESTION.....	21
5.1.1 Indice de broutement : mesure de la biomasse avant et après pâturage.....	21
5.1.2 Méthode des ex-clos.....	21
5.1.3 Méthode des coups de dent.....	22
5.1.4 Modèles empiriques.....	22

5.1.5	Méthode basée sur la digestibilité du fourrage et l'estimation de la totalité des fèces émises .....	22
5.1.6	La spectrométrie dans le proche infrarouge .....	23
5.2	MESURES DE LA DIGESTIBILITÉ .....	24
5.2.1	Méthode de référence.....	24
5.2.2	Utilisation de traceurs indigestibles .....	24
5.2.3	Méthode des index fécaux.....	25
5.2.4	Méthode chimique .....	25
5.2.5	Dégradabilité <i>in sacco</i> .....	26
5.2.6	Méthode de la pepsine-cellulase.....	26
5.2.7	Fermentescibilité en seringue .....	26
5.2.8	La spectrométrie dans le proche infrarouge .....	26
<b>6.</b>	<b>LES BESOINS ALIMENTAIRES .....</b>	<b>26</b>
6.1	LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES ET PROTÉIQUES .....	26
6.2	LES BESOINS EN MINÉRAUX.....	27
6.2.1	Les éléments majeurs .....	29
6.2.2	Les oligo-éléments.....	30
<b>7.</b>	<b>LA COMPLEMENTATION.....</b>	<b>31</b>
7.1	LA COMPLEMENTATION ENERGETIQUE ET PROTEIQUE.....	31
7.2	LA COMPLÉMENTATION MINÉRALE.....	32
	<b>ÉTUDE EXPERIMENTALE .....</b>	<b>35</b>
<b>1.</b>	<b>OBJECTIF DU TRAVAIL.....</b>	<b>35</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIEL .....</b>	<b>35</b>
2.1	PATURAGES .....	35
2.2	ANIMAUX .....	35
<b>3.</b>	<b>METHODOLOGIE.....</b>	<b>36</b>
3.1	ÉTUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE AU PATURAGE .....	36
3.1.1	Relevé floristique .....	36
3.1.2	Observation du comportement au pâturage.....	37
3.1.3	Estimation de la composition de la ration au pâturage .....	37
3.1.4	Composition chimique du fourrage .....	38
3.1.4.1	Analyses chimiques de référence.....	38
3.1.4.2	Analyses par spectrométrie dans le proche infrarouge .....	38
3.1.5	Estimation de la digestibilité et de l'ingestion .....	39
3.1.6	Calculs et analyses statistiques .....	40
3.1.6.1	Valeur alimentaire du fourrage .....	40
3.1.6.2	Besoins d'un animal de référence .....	41
3.1.6.3	Analyses statistiques .....	41
3.2	COMPLÉMENTATION MINÉRALE.....	43
3.2.1	Analyse de la teneur en minéraux des rations .....	43
3.2.2	Formulation de blocs multi-nutritionnels.....	43
	<b>RÉSULTATS .....</b>	<b>44</b>
<b>1.</b>	<b>ÉTUDE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE AU PATURAGE .....</b>	<b>44</b>
1.1	RELEVÉ FLORISTIQUE.....	44
1.2	COMPORTEMENT ALIMENTAIRE AU PATURAGE .....	47
1.3	COMPOSITION DE LA RATION AU PÂTURAGE .....	49
1.3.1	Parcelle à <i>Brachiaria decumbens</i> .....	49
1.3.2	Parcelle à <i>Brachiaria ruziziensis</i> .....	50

1.4	COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DU FOURRAGE.....	51
1.4.1	Analyses de référence – Validation de la SPIR.....	51
1.4.2	Composition chimique et valeur alimentaire de l'ingéré au pâturage .....	52
1.4.2.1	Teneurs en MS .....	53
1.4.2.2	Teneurs en CT.....	53
1.4.2.3	Teneurs en MAT.....	53
1.4.2.4	Teneurs en CB .....	53
1.4.2.5	Teneurs en NDF.....	53
1.4.2.6	Teneurs en ADF.....	54
1.4.2.7	Teneurs en ADL .....	54
1.4.2.8	Digestibilité de la matière organique .....	54
1.4.2.9	Apports en UF.....	54
1.4.2.10	Apports en PBD.....	55
<b>2.</b>	<b>ESTIMATION DE L'INGESTION .....</b>	<b>55</b>
2.1	ESSAI EN STABULATION – CALIBRATION DE LA SPIR.....	55
2.2	ESTIMATION DE L'INGESTION PAR LA MÉTHODE SPIR.....	56
<b>3.</b>	<b>APPORTS ET BESOINS ALIMENTAIRES .....</b>	<b>57</b>
3.1	APPORTS ÉNERGÉTIQUES ET PROTÉIQUES .....	57
3.2	APPORTS EN MINÉRAUX .....	58
3.3	BESOINS EN MINÉRAUX.....	59
<b>4.</b>	<b>FORMULATION DE BLOCS MULTI-NUTRITIONNELS.....</b>	<b>60</b>
	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>61</b>
<b>1.</b>	<b>RELEVÉ FLORISTIQUE.....</b>	<b>61</b>
<b>2.</b>	<b>COMPORTEMENT ALIMENTAIRE AU PATURAGE.....</b>	<b>61</b>
<b>3.</b>	<b>COMPOSITION BOTANIQUE, CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE DE L'INGÈRE AU PATURAGE.....</b>	<b>62</b>
3.1	COMPOSITION BOTANIQUE.....	62
3.2	COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR ALIMENTAIRE .....	63
3.2.1	Parcelle à <i>Brachiaria decumbens</i> .....	63
3.2.2	Parcelle à <i>Brachiaria ruziziensis</i> .....	63
<b>4.</b>	<b>ESTIMATION DE L'INGESTION .....</b>	<b>64</b>
4.1.1	Parcelle à <i>Brachiaria decumbens</i> .....	64
4.1.2	Parcelle à <i>Brachiaria ruziziensis</i> .....	64
4.1.3	Essai en stabulation.....	64
<b>5.</b>	<b>COUVERTURE DES BESOINS AU PATURAGE.....</b>	<b>65</b>
5.1	COUVERTURE DES BESOINS EN ENERGIE ET PROTEINES .....	65
5.2	COUVERTURES DES BESOINS EN MINÉRAUX .....	66
<b>6.</b>	<b>FORMULATION DE BLOCS MULTI-NUTRITIONNELS.....</b>	<b>67</b>
<b>7.</b>	<b>DIFFICULTÉS RENCONTRÉES.....</b>	<b>67</b>
	<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>68</b>
	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>70</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>76</b>

# Liste des tableaux

---

Tableau 1. Caractéristiques du N'Dama (Vanderwaeren <i>et al.</i> , 1976 ; CIRAD <i>et al.</i> , 2002)....	5
Tableau 2. Valeurs fourragères de <i>Brachiaria</i> spp. au stade montaison (Boudet, 1991).....	6
Tableau 3. Limites de carence, seuils de toxicité et apports recommandés de minéraux dans la ration de bovins à l'entretien, en croissance, en gestation et en lactation (IEMVT-CIRAD, 1990a ; adapté d'après Underwood, 1981 et INRA, 1998).....	28
Tableau 4. Références des méthodes des différentes analyses chimiques. ....	38
Tableau 5. Caractéristiques de la base de données « fourrages tropicaux » utilisée pour développer les calibrations SPIR (N : nombre d'échantillons, Min : valeur minimale, Max : valeur maximale).....	39
Tableau 6. Caractéristiques des calibrations mobilisées pour approcher la digestibilité des fourrages et les quantités ingérées sur parcours (N : nombres de données, Mean : moyenne, SD : écart-type, SEC : erreur standard de calibration, RSQ : coefficient de détermination, SECV : erreur standard de prédiction). ....	41
Tableau 7. Évaluation des besoins alimentaires de bovins (Rivière, 1991). ....	41
Tableau 8. Disponibilité des éléments minéraux dans la source minérale utilisée (Mc Dowell, 1996 ; IEMVT-CIRAD, 1990b). ....	43
Tableau 9. Valeurs du B% des relevés floristiques effectués sur les parcelles de Kinsala et Luwo.....	44
Tableau 10. Résultats du test d'indépendance du Chi <sup>2</sup> effectué entre l'occurrence des espèces floristiques des 3 blocs de la parcelle de Kinsala ( <i>B. decumbens</i> ).....	45
Tableau 11. Résultats du test d'indépendance du Chi <sup>2</sup> effectué entre l'occurrence des espèces floristique des 3 blocs de la parcelle de ( <i>B. ruziziensis</i> ).....	46
Tableau 12. Comportement alimentaire au pâturage des animaux en fonction de la période et de la parcelle (durée exprimée en minutes).....	48
Tableau 13. Composition moyenne du régime sélectionné (%) sur la parcelle à <i>B. decumbens</i> au cours des deux périodes.....	49
Tableau 14. Sélectivité de <i>Brachiaria decumbens</i> au cours des deux périodes. ....	49
Tableau 15. Composition moyenne du régime sélectionné (%) sur la parcelle à <i>B. ruziziensis</i> au cours des deux périodes.....	50
Tableau 16. Sélectivité de <i>Brachiaria ruziziensis</i> au cours des deux périodes.....	50
Tableau 17. Comparaison des résultats des analyses de référence et des analyses SPIR réalisées sur des échantillons de fourrage. ....	51
Tableau 18. Composition chimique et valeur alimentaire moyenne des fourrages prélevés par chaque catégorie animale sur chacune des parcelles au cours des deux périodes d'observations. ....	52
Tableau 19. Quantité ingérées observées et résultats des prédictions SPIR pour l'essai en stabulation. ....	55
Tableau 20. Caractéristiques du fourrage distribué lors de l'essai en stabulation. ....	56

Tableau 21. Quantités de MS ingérée par kg de PM (MS <sub>vi75</sub> ). .....	56
Tableau 22. Apports moyens du pâturage en énergie et protéines et performances attendues sur les deux parcelles au cours des deux périodes (ET : écart-type).....	57
Tableau 23. Limites de carence et apports moyens en minéraux sur les deux types de pâturage en fonction de la période. ....	58
Tableau 24. Écarts journaliers entre les besoins et les apports en éléments minéraux sur les deux types de pâturage en fonction de la période. ....	59
Tableau 25. Formulation du complément minéral en grammes par jour et en %. ....	60

# Liste des figures

---

Figure 1. Carte administrative de la région ouest de la République Démocratique du Congo (Lecomte, communication personnelle).....	2
Figure 2. Pluviométrie au ranch de Kolo pour les périodes 1971-1981 et 2003-2007 (Lecomte, communication personnelle). .....	3
Figure 3. Bœuf N’Dama (Goubau, communication personnelle). .....	4
Figure 4. Analyse factorielle des correspondances pour la parcelle de Kinsala ( <i>B. decumbens</i> ). Les pourcentages indiqués sur les axes des abscisses (76,08 %) et des ordonnées (23,92 %) indiquent la contribution des données décrites sur l’axe correspondant à la variabilité totale du modèle. ....	45
Figure 5. Représentation graphique de l’analyse factorielle de la correspondance pour la parcelle de Luwo ( <i>B. ruziziensis</i> ). Les pourcentages indiqués sur les axes des abscisses (63,02 %) et des ordonnées (36,98 %) indiquent la contribution des données décrites sur l’axe correspondant à la variabilité totale du modèle.....	46
Figure 6. Comportement alimentaire au pâturage au cours des deux périodes (B : bouvillons ; R : réformes).....	47
Figure 7. Résultats des analyses de référence et des analyses SPIR sur des échantillons de fourrages choisis aléatoirement (NS : $P > 0,05$ ; ** : $P < 0,01$ ).....	51

# Liste des abréviations

---

ADF	<i>acid detergent fiber</i>
ADL	<i>acid detergent lignin</i>
CB	cellulose brute
CT	cendres totales
ddl	nombre de degrés de liberté
dMO	digestibilité de la matière organique
ESM	erreur standard de la moyenne
ET	écart-type
GPS	<i>global positioning system</i>
GQM	gain quotidien moyen
JVL	Compagnie Jules Van Lancker
LOD	<i>limit of detection</i>
LOQ	<i>limit of quantification</i>
MAT	matières azotées totales
MO	matière organique
MS	matière sèche
N	nombre de répétitions
NDF	<i>neutral detergent fiber</i>
NS	non significatif
P / P-valeur	probabilité statistique
PB	protéine brute
PBD	protéine brute digestible
PM	poids métabolique
PV	poids vif
RDC	République Démocratique du Congo
SEBO	Société d'Élevage du Bandundu occidental
SPIR	spectrométrie dans le proche infrarouge
UA	unité amidon
UF	unité fourragère

# Introduction

---

La Société d'Élevage du Bandundu occidental (SEBO) est spécialisée dans l'élevage de bovins de la race N'Dama en République démocratique du Congo. Un de leur site majeur de production est le ranch de Kolo. La concession s'étend sur 50 000 ha dont 48 500 représentent des parcours naturels (savane arbustive) et 1 500 de pâturages artificiels (*Brachiaria decumbens* et *ruziziensis*).

La SEBO ambitionne d'intensifier leur système d'élevage, en abandonnant, petit à petit, le système de ranching extensif sur parcours naturels au profit de prairies artificielles à *Brachiaria*. À cet effet, la SEBO prévoit, dans les deux années qui viennent, de doubler la superficie de prairies à *Brachiaria*. Le but final de la société étant de pouvoir regrouper, et donc concentrer, un plus grand nombre de bêtes près de Kolo (environ 10 000 têtes) afin d'améliorer le contrôle sanitaire, éviter les vols et faire face à la pression foncière qui fait suite à l'augmentation de la densité de la population.

L'alimentation des bovins étant constituée exclusivement de fourrages verts prélevés au pâturage, il convient de vérifier l'adéquation des apports alimentaires aux besoins des animaux. Avec une distribution actuelle de blocs à lécher faits à base de sel et de ciment, les gestionnaires de la SEBO soupçonnent l'existence de carences en minéraux induisant des problèmes immunitaires et des performances de croissance en deçà des espérances. L'équilibre énergétique et protéique de l'apport prélevé sur ces prairies artificielles semble par contre adéquat.

Ce travail a dès lors été réalisé dans ce cadre. L'objectif étant de déterminer les apports du pâturage en minéraux, et d'établir une formulation de blocs à lécher multi-nutritionnels en vue de satisfaire les besoins des bovins conduits sur les pâturages artificiels à *Brachiaria* sp.

La présentation du document est divisée en quatre grandes parties : une synthèse bibliographique, le matériel et la méthodologie liés à l'expérimentation, la présentation des résultats et la discussion de ceux-ci.

# Synthèse bibliographique

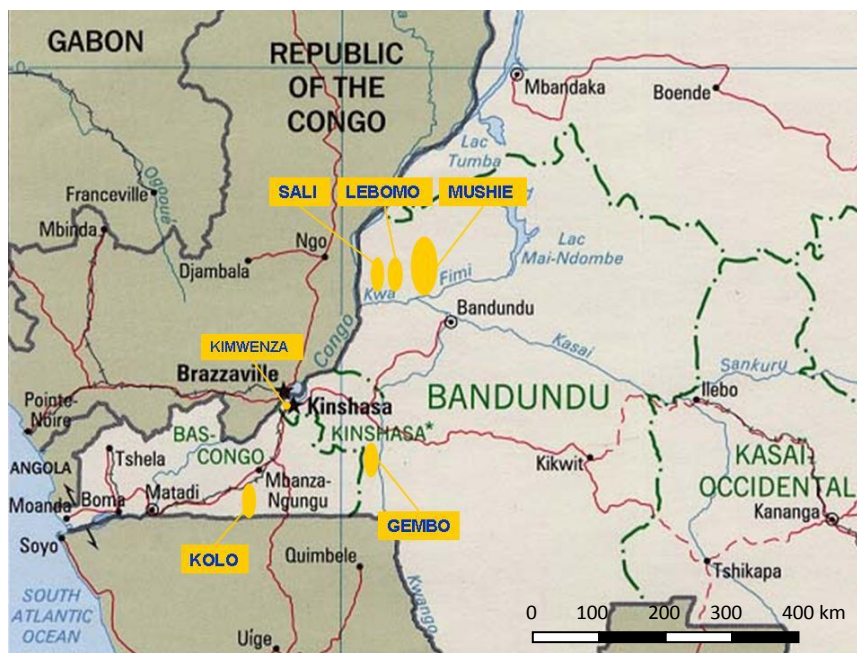
## 1. Contexte de l'étude

### 1.1 Le ranch de Kolo et le groupe Orgaman

Fondé en 1974, le groupe Orgaman (Organisation, Participation, Management) est composé de dix sociétés actives dans différents domaines qui emploient près de 2 750 personnes. Orgaman est actuellement un des leaders dans la filière intégrée de production et de distribution de viande à destination du marché intérieur en République démocratique du Congo.

La Société d'Élevage du Bandundu occidental (SEBO) et la Compagnie Jules Van Lancker (JVL), deux sociétés sœurs du groupe Orgaman, sont spécialisées dans l'élevage de bovins depuis les années 1930. Au total, ce sont environ 300 000 ha de concessions qui sont exploitées en pâturage pour l'élevage du bétail, soit 60 000 bovins, 2 500 porcs et 1 200 ovins.

Les activités de la SEBO et de la JVL sont organisées sur 6 sites majeurs (Figure 1) : les 2 grands ranches de Kolo (Bas-Congo) et Mushie (Bandundu), les 2 ranches de Lebomo et Sali (Bandundu), la ferme de Gembo (Bandundu) et la ferme de Kimwenza (Kinshasa).



**Figure 1. Carte administrative de la région ouest de la République Démocratique du Congo (Lecomte, communication personnelle).**

Ce travail a été réalisé sur le site de Kolo. Le ranch s'étend sur une concession de plus de 50 000 ha dont les pâtures regroupent près de 25 000 têtes de bétail de la race N'Dama. Les

parcours du ranch se composent de 48 500 ha de pâturages naturels (savane arbustive) et de 1500 ha de pâturages artificiels semés dans les années '80 de *Brachiaria decumbens* et *ruziziensis*.

## 1.2 Situation géographique et climat

Le ranch de Kolo est situé dans la province du Bas-Congo, au sein du district des Cataractes. Il est compris entre les méridiens 14°45'-15° Est et les parallèles 5°15'-5°52' Sud. Le climat de la province du Bas-Congo est soudano-guinéen, caractérisé par une végétation de type savanes.

La saison sèche, d'une durée de 120 à 140 jours s'étale de la mi-mai au début d'octobre. Elle est marquée par des températures plus fraîches, de 20,5 à 23,5 °C (Frère *et al.*, 1984). Le reste de l'année correspond à la saison des pluies caractérisée par des températures moyennes plus élevées, de 24,5 à 25,5 °C. Cette période est interrompue par une petite saison sèche, marquant une légère diminution des pluies de deux ou trois semaines en février. Les pluies sont donc distribuées selon une double périodicité : le climat est bimodal (Figure 2). Néanmoins une telle description ne rend pas compte de l'extrême variabilité de la pluviosité au sein des périodes pluvieuses. L'intensité et la répartition des pluies sont également assez irrégulières d'une année à l'autre.

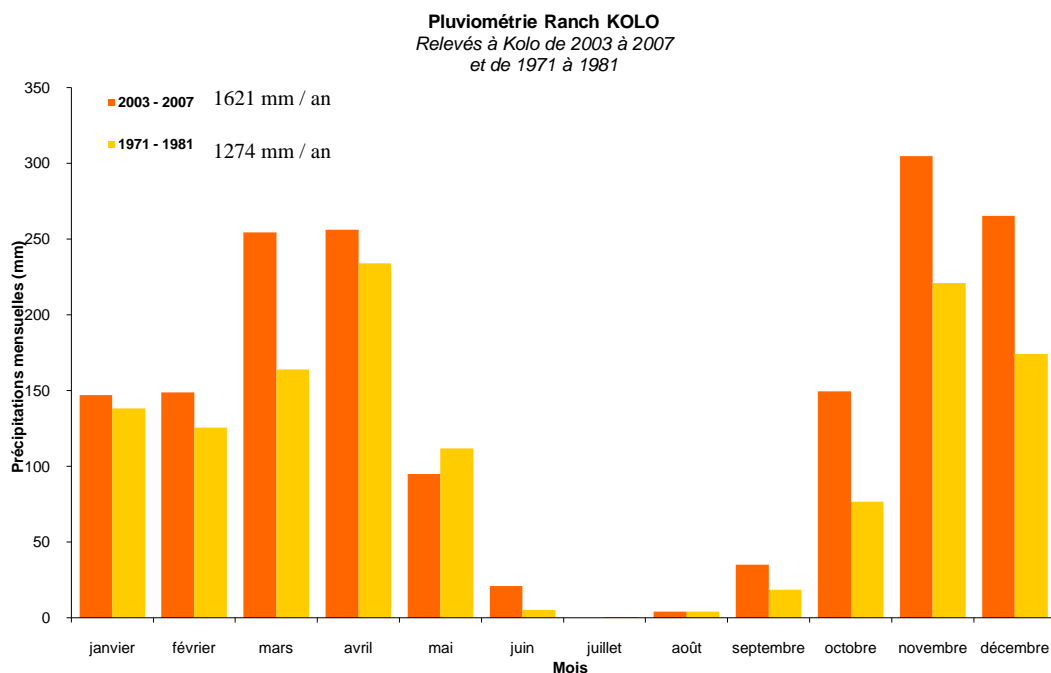


Figure 2. Pluviométrie au ranch de Kolo pour les périodes 1971-1981 et 2003-2007 (Lecomte, communication personnelle).

### 1.3 Les bovins N'Dama

Le N'Dama est l'une des plus petites races de bovins du monde. Il serait originaire du Sud Maroc. Il aurait ensuite été propagé jusqu'au Fouta-Djalon, en République de Guinée dont le nom N'Dama est celui d'une entité administrative et religieuse (Vanderwaeren *et al.*, 1976).

Il présente les caractéristiques des taurins tropicaux : absence de bosse, forme trapue et rusticité. La tête est courte et large, à profil droit (Figure 3). Les arches orbitales sont non accentuées et le front est plat. La gueule est large. Les cornes en formes de lyre, aux pointes effilées et généralement noires, font de 40 à 50 cm de long. Le fanon est peu développé jusqu'à mi-encolure. La ligne dorsale est plate et bien musclée. L'ossature des pattes est fine, les sabots bien développés. La peau est fine à poils très courts. La couleur de la robe est fauve uniforme et correspond à un critère de sélection de la JVL (Vanderwaeren *et al.*, 1976).



**Figure 3. Bœuf N'Dama (Goubau, communication personnelle).**

Les N'Dama se distinguent par leur grande capacité de résistance aux maladies bovines les plus diverses rencontrées chez les bovins, et en particulier à la trypanosomiase. Ils sont dès lors adaptés aux conditions agro-climatiques soudano-guinéennes caractérisées par la présence de glossines, vecteurs du parasite sanguin (Vanderwaeren *et al.*, 1976).

Le Tableau 1 présente les performances de production et de reproduction de la race N'Dama.

**Tableau 1. Caractéristiques du N'Dama (Vanderwaeren *et al.*, 1976 ; CIRAD *et al.*, 2002).**

	<b>Mâle</b>	<b>Femelle</b>
<b>Poids (kg)</b>	400-450	250-300
<b>Hauteur au garrot (m)</b>	1,20	1,10
<b>Rendement à l'abattage (%)</b>	53-55 (bœufs de 4 ans)	-
<b>Durée de la gestation (jours)</b>	-	282-288
<b>Première mise-bas (mois)</b>	-	22,5-55
<b>Intervalle entre mises-bas (mois)</b>	-	12-25
<b>Fertilité (%)</b>	-	50-85
<b>Production laitière (litres/jours)</b>	-	3-4 (trois premiers mois de lactation)

Le principal avantage de la race est son rendement en viande. Les animaux présentent une bonne conformation. L'arrière train est remarquablement musclé, aux reins larges et bien développés. L'ossature est légère et fine. La viande, à fibres fines, est d'une qualité remarquable (Vanderwaeren *et al.*, 1976).

#### **1.4 Conduite d'élevage à Kolo**

À Kolo, les pâturages améliorés sont semés de *Brachiaria decumbens* ou de *Brachiaria ruziziensis*. Ils produisent une herbe de très bonne qualité fourragère et peuvent supporter des charges de 4-5 UBT/ha en saison des pluies. Malgré une baisse de production marquée en saison sèche, couplée à une réduction de la charge animale à 2,5 UBT/ha, la valeur nutritive de ces pâturages reste bonne toute l'année : les animaux ne perdent pas de poids en saison sèche. Ces pâturages permettent ainsi de raccourcir d'un an environ le cycle d'engraissement des bouvillons et assurent une production de poids vif de 612 kg/ha. Ainsi, dans le secteur de l'engraissement, les pâturages améliorés constituent un complément des savanes (Vanderwaeren *et al.*, 1976).

## **2. Cultures fourragères tropicales**

### **2.1 *Brachiaria***

Le genre *Brachiaria* comprend une centaine d'espèces de graminées réparties dans les zones tropicales et subtropicales, principalement en Afrique. Elles poussent sur une large étendue d'habitats : des marécages aux forêts claires jusqu'aux semi-déserts (Miles *et al.*, 1996).

Les espèces de *Brachiaria* possèdent un enracinement superficiel et préfèrent les sols légers et humifères.

Leur intérêt agronomique en est l'utilisation comme pâturages car elles fournissent un fourrage sans refus de haute valeur alimentaire très apprécié par les ruminants, tout particulièrement *B. decumbens* Stapf qui a démontré ses performances par rapport à d'autres espèces de pâturages tropicaux (Miles *et al.*, 1996). Les valeurs fourragères de *Brachiaria* au stade montaison sont reprises au Tableau 2.

L'intérêt agronomique de ces espèces réside dans leur qualité fourragère. Les pâturages à *Brachiaria*, en particulier à *B. decumbens* Stapf, fournissent un fourrage sans refus, de haute valeur alimentaire et très apprécié des ruminants. Miles *et al.* (1996) ont rapporté l'avantage de *B. decumbens* par rapport à d'autres espèces tropicales, à soutenir des performances zootechniques. Les valeurs fourragères de *Brachiaria* spp. au stade montaison sont reprises au Tableau 2.

**Tableau 2. Valeurs fourragères de *Brachiaria* spp. au stade montaison (Boudet, 1991).**

MS (% du fourrage)	CB (% MS)	Cendres (% MS)	PB (% MS)	UF (/kg de fourrage)	g PBD (/kg de fourrage)	UF (/kg MS)	g PBD (/kg MS)
22	25,9	16,3	15,4	0,15	24	0,68	108

Sur les pâturages artificiels du ranch de Kolo, on retrouve principalement les espèces de *Brachiaria* suivantes : *B. decumbens* Stapf et *B. ruziziensis* Germain & Evrard.

### **2.1.1 *Brachiaria decumbens* Stapf (Signal grass)**

Originaire du centre et de l'est de l'Afrique, *Brachiaria decumbens* est une espèce des zones tropicales humides et subtropicales chaudes, aux précipitations annuelles moyenne de 1 000 à 3 000 mm et marquée par une saison sèche de 5 mois. Elle se développe de manière optimale à des températures proches de 19 °C.

*B. decumbens* est une plante pérenne rhizomateuse et stolonifère. Les feuilles, dont la taille varie 7 à 20 mm de large pour 5 à 25 cm de long, sont moyennement velues. Elles sont issues des stolons qui s'enracinent au niveau des nœuds. Le système racinaire de *B. decumbens* est composé de fines et longues racines ce qui permet, comparativement à d'autres espèces de *Brachiaria*, un meilleur prélèvement de l'azote et du phosphore présents dans le sol.

*B. decumbens* est bien adapté aux sols stériles acides, avec un pH pouvant descendre jusque 3,5, ('t Mannelje *et al.*, 1992) et est capable de détoxifier l'aluminium au niveau de son système racinaire par chélation avec du citrate et du malate (Tropical Forages a).

*B. decumbens* résiste bien aux coupes régulières, au pâturage et au piétinement. C'est un fourrage bien apprécié, d'une bonne qualité fourragère, et qui permet d'atteindre de bonnes performances animales (Miles *et al.*, 1996).

Il est sensible à l'araignée rouge (*spittlebug*) et mal adapté aux sols peu drainés (Tropical Forages a).

Les rendements en matière sèche peuvent être très élevés. Des productions de 10 t/ha/an sont couramment enregistrées. Les rendements peuvent atteindre les 30 t/ha dans des conditions idéales (Tropical Forages a). Ces rendements peuvent conduire, en élevage, à la production de 1 300 kg/ha/an de gain de poids vif au pâturage en mobilisant un chargement important avec plus de 800 kg de PV/ha (CIRAD *et al.*, 2002). La production est toutefois considérablement réduite en saison sèche et cesse l'hiver en zone subtropicale (Tropical Forages a).

L'apport d'azote est nécessaire après chaque coupe ou période de pâturage pour maintenir la croissance des feuilles. *Brachiaria decumbens* répond également mieux au phosphore que les autres graminées.

La valeur nutritive de cette espèce est assez élevée si les apports en azote sont suffisants et si la pâture est bien entretenue. Les digestibilités *in vitro* et *in vivo* de *B. decumbens* sont supérieures à celles des autres graminées tropicales comme *Panicum maximum* Jacq par exemple. Les valeurs de digestibilité *in vitro* varient de 60 à 70 % pour du fourrage immature (feuilles) contre 50 à 60 % pour du fourrage mature (plante entière). Ces valeurs sont supérieures à la moyenne des fourrages tropicaux qui est de 55 % pour des repousses ayant atteint le stade de maturité (t Mannetje *et al.*, 1992 ; Miles *et al.*, 1996).

### **2.1.2 *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard (Ruzi grass)**

*Brachiaria ruziziensis* est une graminée vivace originaire de la vallée de la Ruzizi (République démocratique du Congo et Burundi) mais dont la culture est maintenant répandue dans toutes les zones tropicales humides.

C'est une graminée à port dressé, dont les chaumes, rampants à la base, s'enracinent aux nœuds. Elle forme une couverture dense et feuillue atteignant 1 m de hauteur à la montaison (CIRAD *et al.*, 2002). Les feuilles sont tendres mais velues, et leurs tailles peuvent atteindre jusqu'à 25 cm de long et 15 mm de large. L'inflorescence est constituée de 3 à 9 racèmes relativement longs (4-10 cm), portant des épillets à 1 ou 2 rangées disposés d'un seul côté d'un rachis large et aplati (Tropical Forages b).

*B. ruziziensis* nécessite de la lumière et des sols à fertilité relativement élevée. Il ne tolère pas des conditions fortement acides (pH de 5,0 à 6,8). Il résiste à une saison sèche de 5 à 6 mois, à condition que la pluviométrie annuelle soit supérieure à 1 000 mm. Il pousse sur une grande variété de sols, mais préfère les sols fertiles et bien drainés et répond bien aux fertilisations organiques ou minérales ('t Mannelje *et al.*, 1992). Il supporte une charge variant de 600 à 800 kg de PV/ha (CIRAD *et al.*, 2002).

*B. ruziziensis* est sévèrement attaqué par l'araignée rouge. En RDC, les épis sont également sensibles à un champignon (*Sphacelia* spp.).

C'est un fourrage très apprécié et de bonne valeur nutritive. Cette dernière est supérieure à la plupart des autres espèces de *Brachiaria* mais inférieure à celle de *B. decumbens*. Le taux de protéines brutes s'élève en moyenne à 7-13 % mais peut atteindre 20 %. La digestibilité de cette graminée varie entre 50 à 75 % en fonction de son stade phénologique (4 à 16 semaines de repousse) ('t Mannelje *et al.*, 1992).

Les gains de poids vif peuvent dépasser 1 000 kg/ha/an sur des pâturages composés de *Brachiaria ruziziensis* et de légumineuses (p. ex. : *Arachis pintoii* Krapov. & W.C. Greg., *Desmodium heterocarpon* (L.) DC), voire plus de 1 500 kg/ha/an sur des couverts dont les apports en engrais azotés s'élèvent à 200 kg/ha (Tropical Forages b).

## **2.2 Autres espèces présentes sur les pâturages**

Les différentes espèces végétales décrites ci-dessous sont consommées par le bétail, en plus de *Brachiaria* sp., ou, le cas échéant, des adventices à forte occurrence au sein du couvert.

### **2.2.1 Eleusine indica (L.) Gaertner**

*Eleusine indica* est une graminée annuelle grossière et cespiteuse d'une hauteur de 10 à 50 cm. Les semences ont une vigueur exceptionnelle et les plantules s'établissent rapidement. Elle peut se révéler toxique car elle contient de l'acide prussique (HCN). Quant à la production animale potentielle sur ce couvert, aucun chiffre n'est disponible au départ de cette ressource fourragère (FAO a).

### **2.2.2 Panicum maximum Jacq.**

*Panicum maximum* est une graminée originaire d'Afrique. C'est une plante vivace, rhizomateuse. Sa taille varie de 60 à 200 cm de haut (FAO b). *Panicum maximum* présente une bonne valeur nutritive à condition d'être exploitée très jeune, la dMO *in vitro* variant de 65 à 50 %, respectivement pour une repousse de 2 et 8 semaines ('t Mannelje *et al.*, 1992 ;

Tropical Forages c). Au-delà de 40 jours, la teneur en azote devient très faible, 5-10 % MS ('t Mannetje *et al.*, 1992 ; Cirdes, 2005). Complémenté de mélasse et d'urée, il constitue également un bon fourrage. Il n'est pas toxique (Tropical Forages c). La productivité de *Panicum maximum* dépasse les 10 tonnes de MS/ha (Cirdes, 2005).

### **2.2.3 *Sporobolus pyramidalis* P. Beauv.**

Graminée vivace, robuste, touffue et pratiquement glabre, pouvant atteindre 40 cm de hauteur. On la trouve dans les zones de forêt et de savane. C'est une adventice répandue des prairies surpâturées, des champs cultivés, des pelouses et des terrains vagues (Okezie Akobundu *et al.*, 1989). Les tiges et les feuilles sont grossières. Elle est peu appréciée (FAO c).

### **2.2.4 *Calopogonium mucunoides* Desv.**

Originaire d'Amérique du Sud, cette plante herbacée vivace, vigoureuse et rampante de la famille des *Fabaceae*, a été largement diffusée en tant que plante de couverture sous les tropiques. Elle peut atteindre plusieurs mètres de long, formant un enchevêtrement de feuilles de 30 à 50 cm d'épaisseur, avec une forte densité de tiges velues (FAO d).

Elle se propage facilement sur des terrains fertiles et pousse sans problèmes en compagnie de plantes tropicales telles *Panicum* sp., *Hyparrhenia* sp. et *Brachiaria* sp. (Skerman *et al.*, 1988).

*Calopogonium mucunoides* est généralement considérée comme étant d'une appétence modérée (Tropical Forages e ; Skerman *et al.*, 1988). Toutefois, la palatabilité augmente après la floraison (Skerman *et al.*, 1988). Cette plante ne contient pas de facteurs toxiques (Tropical Forages e). Les teneurs moyennes en protéines sont de 16,7 % (Skerman *et al.*, 1988).

### **2.2.5 *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson**

L'herbe du Laos (*Chromolaena odorata*) est originaire des Antilles et de l'Amérique continentale tropicale et a été introduite comme plante de couverture en Asie et en Afrique. Elle est très vite devenue envahissante et est considérée actuellement comme adventice majeure des cultures et des pâturages en conditions de température et d'humidité favorables.

C'est une plante semi-ligneuse de la famille des *Asteraceae*. Elle forme des buissons très enchevêtrés, inextricables, de 2,5 à 4 m. L'espèce se propage rapidement en raison de ses bonnes capacités de dispersion à courte et à longue distance. La suppression répétée des parties aériennes transforme la base des tiges en organes renflés, se comportant comme de

véritables réserves de méristèmes. Il existe cependant des moyens de lutte bien avancés, en particulier chimiques, mais leur coût reste important. La plante s'installe un peu partout sur des sols variés et bien drainés (Audru *et al.*, 1988).

### **2.2.6 *Sida acuta* Burm. f.**

*Sida acuta* fait partie de la famille des *Malvaceae*. Originaire d'Amérique centrale, il est maintenant largement répandu en Afrique de l'Ouest. C'est un petit arbuste vivace, dressé et ramifié pouvant atteindre 1 m de hauteur. Adventice pantropicale envahissant les champs cultivés, les pâturages, les bordures de routes et les terrains vagues, cette plante nuisible est capable d'infester toutes les cultures (Okezie Akobundu *et al.*, 1989).

### **2.2.7 *Mimosa pudica* L.**

Originaire d'Amérique du Sud, *Mimosa pudica* est maintenant répandue partout sous les tropiques. Adventice courante des pelouses, des bordures de routes, des pâturages et des terrains vagues. Elle a probablement été introduite comme culture de couverture, mais s'est répandue telle une adventice. C'est une herbe vivace à base ligneuse, épineuse, aux tiges généralement prostrées et rampantes. Ses feuilles sensibles ont la particularité de se replier au moindre choc (Okezie Akobundu *et al.*, 1989).

Lorsque les épines sur la tige et les fruits deviennent durs, elles peuvent provoquer une inflammation intestinale chez les animaux (FAO d).

## **3. Systèmes de production**

### **3.1 Les types de pâturages tropicaux**

On distingue trois grands types de pâturages en fonction de la pluviométrie : les pâturages sahéliens, les soudaniens et les guinéens.

#### **3.1.1 Les pâturages sahéliens**

Les conditions climatiques y sont rigoureuses, ce qui limite l'élevage à sa seule vocation pastorale, nomade et transhumante. Ces pâturages sont loin d'être homogènes car ils se diversifient le long d'un gradient pluviométrique, suivant les diverses situations topographiques et la nature du sol (Boudet, 1991).

Le sahel est la zone où le désert fait progressivement place au domaine tropical, avec un climat à saisons tranchées, une flore et une faune adaptées. Les périodes actives des pâturages

vont de 20-25 jours à une durée de trois mois (Boudet, 1991). Les pluviosités moyennes annuelles varient de 200 mm au nord à 400 mm au sud du Sahel (Théwis *et al.*, 2005).

Dans ces pâturages sahéliens, les graminées et les dicotylées annuelles constituent l'essentiel du stock fourrager (Théwis *et al.*, 2005). Les graminées vivaces sont habituellement peu consommées en saison pluvieuse, mais toutes finissent par être appréciées en saison sèche. Les espèces ligneuses fournissent feuilles, fleurs et fruits consommés surtout en saison sèche. Cet apport est essentiel pour l'alimentation azotée en saison sèche (Boudet, 1991). La production herbacée varie selon les formations pastorales, les fluctuations du climat et la pression animale. Les variations de biomasse herbacée se situent entre 200 à 2 000 kg de MS/ha (Théwis *et al.*, 2005).

Les charges varient de 15 ha/UBT dans les pâturages subdésertiques à 2-9 ha/UBT en bordure sahélo-soudanienne (Boudet, 1991).

### **3.1.2 Les pâturages soudaniens**

Les pâturages soudaniens succèdent aux pâturages sahéliens lorsque la pluviosité annuelle atteint au minimum 550 à 600 mm. La production obtenue varie de 800 à 8000 kg de MS/ha.

Deux secteurs soudaniens se distinguent : un secteur nord et un secteur sud.

Le secteur nord soudanien se distingue par une période active inférieure à cinq mois. La végétation, qui dérive des savanes arbustives, est majoritairement composée de graminées annuelles. La capacité de charge varie de 9 ha/UBT/an à 2,7 ha/UBT/an suivant l'espèce végétale. La pratique des feux est courante pour la gestion de ces pâturages. Leur action permet de faciliter les déplacements du bétail et de réduire les risques de feux courants ultérieurs (Boudet, 1991).

Dans le secteur sud, la période active est supérieure à cinq mois. La végétation, dérivant des forêts claires, est composée de nombreuses graminées vivaces. Les charges varient de 0,9 à 3,5 ha/UBT/an. Les troupeaux peuvent appartenir à des éleveurs semi-sédentaires à proximité des villages d'agriculteurs, mais le plus souvent, ils sont constitués d'animaux appartenant à divers agriculteurs qui investissent en commun les bénéfices réalisés dans les cultures de rente. Ces troupeaux sont alors confiés à des éleveurs pauvres, les Peuls. Dans ce secteur sud, les feux de brousse sont également pratiqués, d'octobre à janvier-février (Boudet, 1991).

### 3.1.3 Les pâturages guinéens

Le milieu guinéen est caractérisé par un climat humide et chaud favorable à une végétation de type forêt dense. Les pâturages guinéens se composent de savanes généralement issues de ces forêts denses, suite aux défrichements répétés ou à l'action des feux sur la forêt (Théwis *et al.*, 2005).

Les périodes actives de pâturage, calquées sur la disponibilité en eau, sont comprises entre 7 et 10 mois. La pluviométrie est supérieure à 750-1 000 mm (Théwis *et al.*, 2005). Le régime des pluies présente deux pointes de pluviosité mensuelle, séparées par des périodes de moindre pluviosité. La productivité fourragère varie de 2 500 à 13 000 kg de MS/ha (Boudet, 1991).

Le couvert graminéen est principalement constitué de vivaces, dont *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf est l'espèce dominante, supportant une charge théorique de 0,5 ha/UBT (Boudet, 1991).

### 3.2 Les pâturages naturels

Les pâturages naturels sont composés d'une végétation spontanée et variée présentant des qualités pastorales variées et parfois complémentaires. Ces pâturages constituent la base, voire le plus souvent, la totalité des ressources alimentaires des ruminants. Les races animales doivent être adaptées aux contraintes de ces parcours : aptitude au déplacement, rusticité, résistance à des périodes de sous-nutrition, capacité à digérer des fourrages grossiers. Les effectifs des troupeaux sont très fluctuants suivant la disponibilité de l'herbe (Havard Duclos, 1952 ; Boudet, 1991).

Deux grands types de conduites se distinguent : la pâture ouverte et la pâture clôturée. La pâture ouverte consiste à envoyer les animaux au pâturage sous la surveillance de gardiens. Les animaux se déplacent librement et traversent lentement la pâture en prélevant exclusivement de l'herbe naturelle. Ce système requiert une main d'œuvre importante et la mortalité est très élevée chez le jeune bétail. Le soir, les bêtes dorment à l'endroit où elles sont arrivées. Elles peuvent également être enfermées dans des parcs entourés de palissades (kraals) ou dans des étables (Havard Duclos, 1952).

La pâture clôturée permet au bétail de piétiner la prairie, de la fumer de déjections et de supprimer les herbes grossières. De plus, les besoins en surveillance sont moindres. Le grand nombre d'enclos facilite la ségrégation (par sexe, par catégorie) ainsi que la lutte contre les

maladies. Le bétail séjourne jour et nuit dans l'enclos et profite ainsi entièrement du pâturage (Havard Duclos, 1952 ; Crowder *et al.*, 1982).

Le pâturage peut être continu ou discontinu. Dans le cas du pâturage continu, le troupeau est laissé sur le même terrain de parcours pendant toute l'année. Il en résulte que l'animal choisit les meilleures espèces végétales et néglige les moins bonnes. Le pâturage est brouté inégalement et finalement, ce sont les graminées de moindre intérêt qui prennent le dessus. Il convient donc que la densité de bétail soit constante et inférieure à la capacité de charge (Havard Duclos, 1952 ; Crowder *et al.*, 1982).

Dans le cas de systèmes de rotation, la parcelle est divisée en plusieurs blocs dans lesquels les animaux sont successivement mis en pâture. Une fois la prairie broutée, elle est laissée au repos avant d'y faire revenir le troupeau. Le pâturage obtenu est plus uniforme et permet une bonne maturation des espèces présentes sur la pâture (Havard Duclos, 1952 ; Crowder *et al.*, 1982).

### **3.3 Les pâturages améliorés**

L'amélioration de la prairie naturelle permet d'augmenter les performances animales (Crowder *et al.*, 1982). Pour cela, il est nécessaire de trouver l'équilibre entre la production fourragère et la charge du troupeau à l'hectare. Une densité trop faible n'optimise pas le prélèvement d'herbe et donc l'exploitation de la parcelle. *A contrario*, une charge trop élevée entraîne des problèmes de surpâturage et de dégradation du milieu (Havard Duclos, 1952).

#### **3.3.1 Les feux de brousse contrôlés**

La pratique du feu va permettre d'augmenter la teneur en cendres et en matières azotées des repousses qui présenteront, dès lors, une meilleure valeur nutritive (Rakotoarimanana *et al.*, 2008). Cependant, ces feux doivent être raisonnés car ils contribuent à l'appauvrissement du sol par la destruction de l'humus superficiel et par l'exposition directe au soleil et au vent. La pratique des feux ne favorise également pas le maintien de la valeur pastorale. Ils permettent en effet la propagation de graminées vivaces à rhizomes, toujours à tiges dures, au détriment des petites graminées annuelles à tiges fines (Havard Duclos, 1952).

La pratique des feux de brousse requiert la réalisation de pare-feux. Il peut s'agir du passage d'une lame, de l'utilisation d'un gyrobroyeur ou de l'implantation d'une bande de plantes fourragères basses, très recherchées par le bétail et restant verte pendant la période sèche.

Boudet (1991) distingue quatre grands types de feux.

Le feu de pleine saison sèche assure un équilibre entre les strates herbacée et ligneuse. Cependant, les repousses herbacées sont réduites. Ce type de feux doit être proscrit des programmes d'exploitation car ils sont très difficiles à contrôler.

Le feu tardif, allumé au début des pluies, et le feu différé, allumé lorsqu'il a plu 50 mm, sont tous deux des feux de nettoyage des vieux chaumes, des refus des graminées et des herbes diverses inappétées. Ils retardent la repousse des graminées et facilitent la mise sous pâture tardive de la parcelle. Ils sont plus faciles à contrôler et entrent dans beaucoup de programmes d'exploitation des savanes améliorées guinéennes.

Enfin, le feu de contre-saison est allumé pendant la petite saison sèche. Il permet de brûler les pailles de l'année précédente afin de nettoyer une parcelle en défens et de la préparer à la pâture pour la grande saison sèche. Il détruit toutes les jeunes pousses des ligneux et contrôle efficacement l'embroussaillage.

### **3.3.2 La rotation et la réserve de pâture**

Afin d'optimiser la gestion du pâturage, un temps de repos devrait être effectué entre deux passages, nécessitant une division du terrain par des clôtures. Il est également judicieux d'envisager des périodes de repos intercalées entre différentes périodes de pâturage afin de permettre aux espèces consommées de reconstituer leurs réserves et de parvenir à la fructification et à la dissémination de semences. Ainsi, une partie de chaque pâture est mise annuellement en défens et ne peut être brûlée (Vanderwaeren *et al.*, 1976 ; Crowder *et al.*, 1982).

### **3.3.3 La fumure**

La fumure est un élément essentiel de l'entretien de la pâture. Les apports d'azote permettent d'accélérer la croissance des plantes et d'augmenter les productions. Les apports en phosphore, potassium et calcium sont importants pour la longévité des prairies (Humphreys, 1994 ; Roberge *et al.*, 1999).

### **3.3.4 La lutte contre l'érosion**

La structure du sol détermine la viabilité du pâturage en agissant sur la croissance végétale et sur la rétention en nutriments (Humphreys, 1994). Il ne peut dès lors y avoir de zones érodées en dehors des couloirs utilisés pour le déplacement du bétail. Ceci demande de porter une attention particulière à la gestion du surpâturage, ce dernier étant souvent considéré comme la

première phase qui conduit à la dégradation des sols. Les abords des points d'eau sont également des zones à surveiller (Vanderwaeren *et al.*, 1976).

### 3.3.5 L'introduction d'espèces

La dissémination des bonnes espèces peut être favorisée par semis. L'introduction de graminées et de légumineuses étrangères est également possible (Crowder *et al.*, 1982).

## 3.4 Les pâturages artificiels

La création de prairies artificielles consiste à détruire toute la végétation spontanée et à la remplacer par une flore artificielle (Quarré, 1950). De nombreuses espèces végétales ont ainsi été testées en stations, et, suite à leurs bonnes performances, plusieurs d'entre elles ont été largement vulgarisées telles des graminées (p. ex. : *Cenchrus ciliaris* L., *Panicum* spp., *Andropogon guyanus* Kunth, *Brachiaria decumbens* Stapf et *B. brizantha* Germain & Evrard) et des légumineuses (p. ex. : *Desmodium intortum* (Mill.) Urb., *Trifolium semipilosum* Fresen., *Medicago sativa* L.) (Miles *et al.*, 1996).

La culture de fourrages représente un investissement en terres, en main d'œuvre et en intrants et doit être évaluée économiquement. Pour cette raison, elle doit être destinée prioritairement à des animaux de production (lait, viande ou travail) ou à de jeunes animaux dont on souhaite préserver les capacités futures de production (Roberge *et al.*, 1999).

Le choix des espèces, des variétés, des techniques de production, de récolte et de conservation est d'abord guidé par les facteurs fonciers, la facilité d'implantation, la productivité et par la pérennité des plantes. La pérennité des cultures dépend, entre autres, de leurs réactions aux techniques d'exploitation et de leur résistance à certains agents de destruction comme la sécheresse, le feu, le surpâturage, l'envahissement par les adventices ou les insectes. Les paramètres liés à la valeur alimentaire des espèces retenues sont alors considérés afin d'arrêter le choix des fourrages en fonction de leur aptitude à assurer des performances zootechniques dans un milieu et un système de production donnés (Roberge *et al.*, 1999).

En général, la première fonction assignée aux plantes fourragères est la production durable de biomasse supplémentaire, mieux appréciée, de meilleure valeur alimentaire que les autres ressources fourragères disponibles et pouvant contribuer à la gestion de la fertilité des sols en permettant la reconstitution de la réserve de matière organique et en restaurant certaines propriétés physico-chimiques du sol (Roberge *et al.*, 1999).

Les pâturages artificiels permettent d'élever des animaux présentant de bonnes performances sur une surface réduite suite à l'introduction d'espèces végétales à haute valeur nutritive. Des terrains ayant les caractéristiques requises par les graminées introduites pourront dès lors être choisis pour la constitution de pâturages artificiels. La parcelle, une fois dessouchée et nettoyée des différents arbustes présents, pourra alors être labourée. Les sols tropicaux étant acides et beaucoup plus pauvres en humus que les sols des pays tempérés, il est utile d'appliquer des fumures organiques et minérales (Havard Duclos, 1952). Cependant, dans les zones où l'accès à la mécanisation est rendu difficile voire impossible à cause du relief, les pâtures ne pourront être améliorées que par des mises à feu rationnelles (Vanderwaeren *et al.*, 1976).

Différents modes de plantation peuvent être utilisés : le semis, la bouture ou l'éclat de souche suivant les différentes espèces végétales. Cependant, dans une pâture améliorée, la sélectivité du bétail porte surtout sur les plantes introduites (consommation préférentielle). Il y a donc lieu de prévoir une plus grande quantité de semences que la normale afin de permettre une bonne installation (Vanderwaeren *et al.*, 1976).

L'entretien des pâturages est identique à celui des pâturages tempérés. Il faut néanmoins porter une attention particulière à l'envahissement d'espèces indigènes qui, en cas d'absence de contrôle, risquent de dominer la graminée cultivée. Toute détérioration du pâturage par la sécheresse ou suite à une surcharge de bétail devra également être évitée. Il est donc nécessaire de faire varier cette charge avec l'état de la pâture et suivant les époques de l'année (Havard Duclos, 1952).

#### **4. Comportement alimentaire au pâturage**

L'étude du comportement au pâturage vise à mesurer et à comprendre l'emploi du temps et, indirectement, de la ressource par l'animal au cours de la journée. Cette dernière se divise en périodes d'ingestion, de rumination et de repos. Le repos se définit par défaut comme étant la période où l'animal ne mange pas et ne rumine pas ; l'animal se repose effectivement (repos réel) ou se consacre à d'autres activités (déplacement, activités sociales, ...). Au pâturage, deux périodes principales d'ingestion ont lieu, à savoir au lever et au coucher du soleil. Les périodes de repos et de rumination se déroulent quant à elles principalement en milieu de journée (Baumont *et al.*, 2000).

Le comportement alimentaire d'un animal au pâturage dépend de nombreux facteurs tels que ses préférences alimentaires, la nature et la composition de la ressource fourragère disponible,

les contraintes climatiques et physiques du milieu, et l'organisation sociale (Baumont *et al.*, 2000).

#### **4.1 Effets de la ressource fourragère sur le comportement alimentaire**

Dans tous les environnements, les caractéristiques des aliments influencent les animaux dans leur motivation à ingérer, dans leurs choix alimentaires et finalement dans l'apport de nutriments (Baumont *et al.*, 2000). Les termes de satiété et de motivation à ingérer sont les principaux éléments qui permettent de caractériser le comportement alimentaire. Faverdin *et al.* (1995)<sup>1</sup> ont démontré que la régulation de l'ingestion et le choix du régime sont influencés par les besoins nutritionnels et les réserves corporelles. Cependant, le toucher joue un rôle important dans le choix des aliments. Les caractéristiques physiques du fourrage comme la matière sèche, la taille des particules et la résistance à la fracture sont connus comme étant des éléments qui interfèrent sur la facilité de préhension et donc sur l'ingestion par l'animal (Baumont *et al.*, 2000).

Sur des parcours hétérogènes, les animaux pâturent sélectivement et prélèvent un régime de la meilleure qualité possible suivant les ressources présentes. À défaut des plantes les plus appréciées, consommées en priorité, les animaux se nourrissent des espèces de moindre appétence (Boudet, 1991). L'appauvrissement en fourrage d'une zone et les perspectives d'identifier un espace aux ressources plus abondantes motivent l'animal à se déplacer. Cependant, l'animal doit faire un compromis entre continuer à paître à un tel endroit, où il connaît la disponibilité de la ressource, ou se déplacer vers un autre endroit, ce qui représente une perte de temps. La présence ou non d'un berger influence également le comportement de l'animal et du troupeau. Un berger expérimenté doit savoir identifier les déplacements spontanés des animaux et éviter d'aller à l'encontre de ceux-ci. Il doit suivre le mouvement des animaux et non le leur imposer (Baumont *et al.*, 2000).

Le fourrage consommé peut être d'une composition botanique et morphologique très hétérogène. En cas de sélection passive de la nourriture par l'animal, ce dernier consomme ce qu'il rencontre en premier lieu. Toutefois, il exprime une réelle préférence pour les feuilles plutôt que les tiges, le fourrage vert plutôt que le fourrage mort (Jarrige *et al.*, 1995). La

---

<sup>1</sup> Faverdin P., Baumont R., Ingvarsen K.L., 1995. Control and prediction of feed intake in ruminants. In: Journet M., Grenet E., Farce M.H., Thériez M., Demarquilly C. (Eds.), Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Recent Developments in the Nutrition of Herbivores, INRA Editions, Paris, pp. 95–120. Cité par Baumont *et al.*, 2000.

hauteur d'herbe favorise le broutage. L'optimum pour les bovins se situe entre 16 et 20 cm. L'ingestion chute lorsque la disponibilité en herbe est très faible et lorsque la disponibilité d'une herbe de maigre qualité est importante. Dans la sélection de l'aliment, le goût semble être plus important que la vue, l'odorat ou le toucher (Jarrige *et al.*, 1995).

#### **4.2 Effets de l'organisation sociale sur le comportement alimentaire**

Chez les herbivores domestiques, l'organisation sociale interfère largement avec le comportement alimentaire au pâturage. Comme les herbivores pâturent le plus souvent en groupe, l'animal sera soumis à de nombreuses influences sociales tout au long de son existence et son comportement différera de celui basé sur ses seules expériences individuelles (Dumont *et al.*, 1999).

Lorsqu'un jeune individu évolue en groupe, il prend d'abord modèle sur sa mère pour ensuite suivre ses partenaires sociaux. De cette manière, sa capacité à distinguer les bonnes espèces végétales de celles qui sont mauvaises, se fonde sur l'acquisition de préférences et d'évitements alimentaires de manière plus efficace que l'apprentissage individuel par essai-erreur. L'évolution au sein d'un groupe permet aussi aux individus de profiter des nouvelles zones alimentaires découvertes par leurs congénères. Les animaux les moins grégaires ont en effet tendance à étendre le champ de leur recherche de nourriture. Ils sont alors suivis par les plus grégaires qui bénéficient de leur découverte (Dumont *et al.*, 1999).

L'initiation des mouvements du troupeau est en général le fait des mêmes individus, qualifiés de leaders. Ces animaux leaders facilitent la découverte de nouveaux sites alimentaires. Cependant, un groupe est constitué à la fois d'animaux qui recherchent leur nourriture indépendamment des autres et d'animaux qui cherchent à profiter des sites découverts par les premiers. L'efficacité de chacune de ces deux stratégies dépend du nombre d'individus qui s'y engagent. Il semble toutefois que les animaux de rang hiérarchique élevé profitent plutôt des ressources découvertes par les autres, alors que les subordonnés rechercheraient uniquement leur nourriture par eux-mêmes (Rohwer *et al.*, 1981<sup>2</sup> ; Barta *et al.*, 1998<sup>3</sup>).

Du fait que l'individu connaisse sa position hiérarchique par rapport aux autres, les interactions agressives sont rares, alors que les animaux peuvent se trouver en compétition

<sup>2</sup> Rohwer S., Ewald P.W., 1981. The cost of dominance and advantage of subordination in a badge signalling system. *Evolution*, **35**, 441-454. Cité par Dumont *et al.*, 1999.

<sup>3</sup> Barta Z., Giraldeau L.A., 1998. The effect of dominance hierarchy on the use of alternative foraging tactics: a phenotype-limited producing-scrounging game. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **42**, 217-223. Cité par Dumont *et al.*, 1999.

pour l'espace, pour les ressources alimentaires ou pour les partenaires sexuels. Ainsi l'individu dominant accède aux différentes ressources de manière non contestée sans devoir diriger ni coups ni menaces envers le subordonné (Dumont *et al.*, 1999).

Par ailleurs, la taille du groupe influence le nombre de sites alimentaires visités ainsi que le choix des espèces consommées par l'animal. Les grands groupes sont responsables d'une rapide diminution de la ressource sur le site, ce qui conduit les animaux à se déplacer davantage pour satisfaire leurs besoins (Wallis De Vries, 1996<sup>4</sup>). On parle dans ce cas de compétition par exploitation. De plus, la vie en groupe peut pousser un individu à aller à l'encontre de ses propres choix surtout chez les ovins et bovins pour qui l'organisation sociale est très stable. Par exemple, un animal qui mange bien peut-être amené à arrêter de pâturer par le départ du groupe. À l'inverse, un animal qui trouve peu de nourriture peut être contraint à rester sur cette zone car le groupe ne le suit pas (Dumont *et al.*, 1999).

Un autre type de compétition peut-être mis en évidence, il s'agit de la compétition par interférence qui est due à des interactions agressives entre individus du groupe. Les animaux dominants augmentent la fréquence de leurs comportements agressifs, limitant ainsi l'exploitation de la ressource par les animaux plus jeunes ou moins bien placés dans la hiérarchie (Dumont *et al.*, 1999).

### **4.3 Étude du comportement alimentaire au pâturage**

#### **4.3.1 Observation visuelle**

Les observations visuelles du comportement alimentaire au pâturage se font à intervalles réguliers (toutes les 10 ou 15 minutes) en supposant que l'activité reste la même entre deux observations. Cependant, la présence humaine provoque un stress chez l'animal et perturbe son comportement. Les mesures de nuit sont également difficilement réalisables ou alors avec l'aide d'une lumière infrarouge. L'observation visuelle du comportement alimentaire est d'autant plus difficile que le pâturage est irrégulier de par son relief ou sa composition végétale (Baumont *et al.*, 2000).

Agreil *et al.* (2004) ont amélioré cette méthode d'observation directe en reliant le comportement alimentaire et les variations de structure de la plante. Durant l'expérimentation, l'observateur enregistre la masse et la qualité nutritive du fourrage prélevé, ce qui va

---

<sup>4</sup> Wallis De Vries M.F., 1996. Resource distribution patterns of ungulate foraging behaviour. *Forest Ecol. Manage.*, **88**, 167-177. Cité par Dumont *et al.*, 1999.

permettre d'analyser la réponse d'ingestion à la diversité des ressources alimentaires disponibles.

#### **4.3.2 Systèmes d'enregistrement**

On peut palier les inconvénients de l'observation directe par l'enregistrement automatique de l'activité au pâturage. Ce système permet de récolter des informations durant de longues périodes et la nuit.

Le comportement des animaux au pâturage est lié à la masse de fourrage rencontrée le long du parcours. Dès lors, la saison, la réserve fourragère et la gestion du troupeau influencent la distribution spatiale des animaux. Un système de GPS permet de localiser et d'enregistrer la position des différents individus et ainsi de définir le régime prélevé et calculer les distances parcourues par ceux-ci (Schlecht *et al.*, 2006).

Des vibrographes peuvent être utilisés pour détecter les mouvements de tête lorsque l'animal broute. Cette méthode permet de distinguer les périodes d'activités intenses des périodes de repos (Gordon, 1995).

On peut également détecter les mouvements de mâchoire en plaçant des capteurs sous la mâchoire inférieure ou autour de la gueule de l'animal. Il est possible avec cette technique d'estimer le temps d'ingestion, de rumination et de repos (Gordon, 1995).

Enfin, des *switches* à mercure ou électroniques permettent de détecter si l'animal a la tête baissée ou levée. Cette méthode donne des estimations des temps passés à brouter (tête baissée) et des temps passés à réaliser d'autres activités (tête levée) (Champion *et al.*, 1997).

### **5. Estimation de la qualité des fourrages**

Afin de garantir le développement des animaux et de leurs bonnes performances zootechniques, la ration alimentaire prélevée par les animaux au pâturage doit couvrir leurs besoins. Comparativement aux fourrages de zones tempérées, les fourrages tropicaux ont, en moyenne et à un même stade de repousse, des teneurs en fibres plus élevées, des digestibilités et des valeurs azotées plus faibles (Roberge *et al.*, 1999). De ce fait, dû à des valeurs alimentaires faibles et variables, les fourrages verts tropicaux ne peuvent assurer des productions animales équivalentes à celles des zones tempérées. Une complémentation minérale est alors nécessaire.

La valeur alimentaire d'un fourrage est caractérisée par des teneurs en nutriments bruts et/ou digestibles. Les aliments fibreux ayant un effet d'encombrement sur le tube digestif, la valeur

alimentaire intègre également leur aptitude à être consommés. La valeur alimentaire d'un fourrage associe donc sa valeur nutritive et son aptitude à être ingéré (Roberge *et al.*, 1999).

### **5.1 Mesures de l'ingestion**

Les quantités ingérées dépendent de l'ingestibilité des fourrages d'une part et de la capacité d'ingestion des animaux d'autre part. L'ingestibilité d'un fourrage est la quantité de matière sèche qui est ingérée quand le fourrage est distribué à volonté comme seul aliment. Elle varie en fonction de leur digestibilité et de leur appétibilité, propres à chaque espèce (Roberge *et al.*, 1999).

La capacité d'ingestion est une estimation théorique (INRA, 1988) de la quantité totale d'aliment que peut consommer un animal dans une situation physiologique déterminée. Elle dépend de l'appétit, de la taille du rumen, des besoins énergétiques, du niveau de production et de l'état d'engraissement de l'animal (Jarrige *et al.*, 1995). De plus des variations peuvent s'expliquer par l'état de santé de l'animal, ses préférences alimentaires, les apprentissages qu'il a eu face à la ressource, des facteurs génétiques, ... (Rivière, 1991).

L'ingestion au pâturage peut être estimée à l'aide de différentes méthodes directes ou indirectes.

#### **5.1.1 Indice de broutement : mesure de la biomasse avant et après pâturage**

L'indice de broutement consiste à mesurer la différence entre la biomasse présente avant le pâturage des animaux et la biomasse présente après le passage des animaux (Minson, 1990).

Pour évaluer la biomasse présente en début et en fin de pâturage des quadrats pris aléatoirement sont fauchés avant le pâturage (E) et d'autres, différents des premiers, sont fauchés à la fin du pâturage (S). La différence entre (E) et (S), divisée par le nombre ou la masse animale présente, permet d'obtenir une estimation des quantités ingérées (I) au cours de l'expérimentation.

$$I = \frac{E - S}{\text{charge animale}}$$

#### **5.1.2 Méthode des ex-clos**

La méthode des ex-clos complète celle de l'indice de broutement pour des longues périodes de pâturage. Des zones non accessibles aux animaux et donc non broutées vont servir de référence et permettre une estimation de la productivité pendant la période de pâturage. Des

quadrats sont fauchés avant l'entrée des animaux. On détermine de cette manière le disponible au premier jour (J1). La fauche des quadrats broutés à la sortie des animaux permet d'estimer les refus (R). Parallèlement, les ex-clos mis en défend sont fauchés tous les 10 jours au cours de l'expérimentation afin de quantifier la repousse.

L'ingestion (I) peut alors être exprimée par la formule suivante :  $I = J1 - R + \text{repousse}$

### 5.1.3 Méthode des coups de dent

Pour des milieux hétérogènes et avec suivis sur parcours, l'ingestion journalière peut être déterminée en mesurant le nombre de coups de dent par minute et la masse de la bouchée durant le temps de pâturage (Minson, 1990).

L'ingestion peut alors être exprimée par la formule suivante :

$$I = \text{temps de pâturage (min)} \times \text{nombre de bouchées par unité de temps (coup de dent/min)} \\ \times \text{poids de la bouchée (g MS/bouchée)}$$

### 5.1.4 Modèles empiriques

Ce sont des modèles basés sur des régressions multiples entre le niveau d'ingestion et des paramètres descriptifs du couvert, des animaux et de l'environnement. Ces modèles sont souvent spécifiques aux contextes dans lesquels la relation a été établie.

Minson *et al.* (1987) ont mis au point une équation de prédiction de l'ingestion des fourrages par le bétail bovin à partir de leur poids vif et de leur GQM.

$$I = 1,185 + 0,00454 L - 0,0000026 L^2 + 0,315 G$$

où I = prédiction des quantités ingérées (kg MS/jour)

L = poids vif des bœufs (kg)

G = taux de croissance (kg/jour)

### 5.1.5 Méthode basée sur la digestibilité du fourrage et l'estimation de la totalité des fèces émises

La récolte des fèces peut se faire à l'aide de harnais où les matières fécales sont récoltées dans un sac de toile caoutchoutée résistante, portant une ouverture circulaire appliquée autour de l'anus de l'animal. Mais cette méthode est lourde, il y a modification du comportement et il est nécessaire de récupérer les animaux chaque jour. Il arrive également que l'ouverture du sac bouge suite au mouvement des animaux. De plus, ce système a tendance à fatiguer les animaux de par son poids (Leroy, 1952). C'est donc un système difficile à mettre en place et qui doit prendre en compte la capacité de l'animal à accepter un tel système.

La quantité totale de fèces émises peut être déterminée par l'utilisation d'un marqueur indigestible. Quantité qui, combinée à la digestibilité de la matière sèche, va nous permettre de quantifier l'ingestion (Jarrige *et al.*, 1995).

L'animal ingère une quantité quotidienne connue du marqueur indigestible ( $[T_c]$ ). Après quelques jours, à l'équilibre, la quantité récupérée de marqueur est la même qu'au départ. Ensuite, un échantillon de fèces est prélevé au pâturage. La concentration en marqueur ( $[T_f]$ ) sera dosée. Il est dès lors possible d'estimer la quantité totale déféquée par jour ( $Q_f$ ) :

$$Q_f = 100 \times \left( \frac{[T_c]}{[T_f]} \right)$$

À partir de la digestibilité du fourrage ingéré par l'animal ( $D$ ), les quantités ingérées ( $I$ ) peuvent être estimées de la manière suivante :

$$I = \frac{Q_f}{(100 - D)}$$

Le marqueur ne doit pas avoir d'influence sur les processus de digestion, doit migrer à la même vitesse que le digesta et le taux de récupération du marqueur doit être proche de 100 %. L'oxyde de chrome, le cérium ou l'ytterbium peuvent être utilisés comme marqueurs.

### 5.1.6 La spectrométrie dans le proche infrarouge

L'ingestion au pâturage peut être mesurée au moyen d'une méthode indirecte, par spectrophotométrie dans le proche infrarouge (SPIR) sur les matières fécales. La SPIR est une méthode physique d'analyse basée sur la propriété qu'ont les molécules d'absorber de l'énergie dans le proche infrarouge. C'est une méthode d'analyse rapide, peu coûteuse et suffisamment précise, qui présente l'avantage de permettre de déterminer simultanément la composition du régime consommé au pâturage et d'estimer la digestibilité de la ration consommée et l'ingestion volontaire des animaux au pâturage (Bertrand, 2002).

La contrainte de la SPIR réside dans la constitution de bases de données robustes et le développement d'étalonnages fiables. Afin de calibrer la méthode SPIR, une mesure des quantités ingérées doit être réalisée par une méthode de référence. Celle-ci est effectuée sur quelques animaux dans la gamme des animaux suivis et se base sur une mesure de l'ingestion à l'auge ou au piquet. La quantité de fèces émises peut également être évaluée avec l'utilisation de la méthode des marqueurs, mais cette méthode est jugée moins précise pour le calibrage de la SPIR que les deux autres. Les calibrations ainsi développées permettent de

prédire respectivement la digestibilité et l'ingestion volontaire avec des erreurs d'estimation de l'ordre de 2,5 % et 1,3 g par kg de poids vif (Decruyenaere *et al.*, 2009).

Decruyenaere *et al.* (2009) ont montré que l'estimation de l'ingestion volontaire sur base de l'analyse des fèces améliore le modèle SPIR par rapport à une analyse sur fourrage. Il en résulte que la SPIR appliquées aux fèces est une méthode analytique facile et rapide, intéressante pour gérer le système de pâturage des animaux et ainsi optimiser leurs performances.

## **5.2 Mesures de la digestibilité**

La digestibilité correspond à la fraction de l'ingéré qui disparaît dans le tube digestif et qui est assimilée par l'organisme. C'est donc le principal facteur de variation de la valeur nutritive des aliments (Jarrige *et al.*, 1995).

La digestibilité peut être déterminée par les différentes méthodes reprises ci-dessous.

### **5.2.1 Méthode de référence**

La méthode de référence permet de mesurer la digestibilité apparente qui exprime la proportion de matière sèche ou du nutriment apparemment disparue entre l'aliment et les fèces. Le procédé se base sur une quantification et une récolte totale des quantités ingérées et excrétées et se déroule dans des cages individuelles à métabolisme. Il faut au minimum quatre animaux par type d'aliment. Il est nécessaire de prévoir une période d'adaptation de dix jours et au minimum sept jours de bilan (Jarrige *et al.*, 1995).

À partir des données obtenues, la digestibilité apparente de la matière sèche ( $D_a$ ) peut être déterminée comme suit :

$$D_a = \frac{I-F}{I} ; \text{ avec } I = \text{quantité ingérée et } F = \text{quantité excrétée dans les fèces.}$$

Cependant, cette technique nécessite des quantités importantes en fourrage et ne convient pas pour des fourrages trop pauvres en azote tels que les pailles.

### **5.2.2 Utilisation de traceurs indigestibles**

L'animal ingère une quantité quotidienne connue du traceur indigestible ( $[T_c]$ ). Après quelques jours, à l'équilibre, la quantité récupérée de traceur est la même qu'au départ. Ensuite, un échantillon de fèces est prélevé au pâturage. La concentration en traceur ( $[T_f]$ ) sera dosée (Jarrige *et al.*, 1995).

Les quantités de matière sèche ingérées étant estimées égales aux quantités excrétées, la digestibilité de la matière sèche ( $D_{MS}$ ) peut être prédite de la manière suivante :

$$D_{MS} = 100 \times \left( 1 - \frac{[T_c]}{[T_f]} \right)$$

Le traceur ne doit pas avoir d'influence sur les processus de digestion, doit migrer à la même vitesse que le digesta et le taux de récupération du traceur doit être proche de 100 %. La lignine, les n-alcanes ou les cendres peuvent être utilisés comme traceurs.

### 5.2.3 Méthode des index fécaux

Le but de la méthode des index fécaux est d'établir des équations de régression entre la composition chimique des matières fécales (cellulose, azote, ...) et la digestibilité de la matière organique dans l'ingéré (Boval *et al.*, 1996). L'index d'azote fécal semble assez précis pour évaluer la digestibilité mais la relation entre l'azote fécal et la digestibilité est fortement liée aux caractéristiques de la pâture (composition botanique, localisation). Il présente donc un manque d'application universelle (Holloway *et al.*, 1981).

### 5.2.4 Méthode chimique

La méthode chimique se base sur les teneurs en constituants pariétaux des fourrages (CB, NDF, ADF, ADL). La teneur en cellulose brute permet de prévoir la digestibilité des différentes espèces fourragères avec une précision satisfaisante à condition d'employer des équations spécifiques à chaque espèce. La lignocellulose au détergent (ADF) de Van Soest permet souvent une prévision un peu meilleure de la digestibilité que la cellulose brute car elle contient la majorité de la lignine alors que la cellulose brute n'en contient qu'une faible proportion. La teneur en parois totales (NDF) permet en revanche une prévision inférieure à la cellulose brute. Seule la lignine (ADL) permet de mieux prévoir la digestibilité des fourrages que la cellulose brute (Jarrige *et al.*, 1995).

Cette méthode présente de bons résultats lorsque l'on s'intéresse à une seule espèce ou à un même type de pâturage afin d'obtenir un échantillon représentatif du régime consommé par l'animal. L'interférence de substances anti-nutritionnelles (tanins, alcaloïdes, ...) et l'enchevêtrement des différents types de fibres posent cependant des problèmes pour son extrapolation (Jarrige *et al.*, 1995).

### 5.2.5 Dégradabilité *in sacco*

Cette méthode microbiologique consiste à faire fermenter pendant un certain temps, généralement 48 heures, un échantillon de fourrage en présence de jus de rumen. Des sachets en nylon sont directement plongés dans le rumen d'animaux canulés. Cette technique permet, contrairement aux méthodes chimiques, d'isoler un résidu pariétal, et par là, de prévoir beaucoup mieux la digestibilité des fourrages (Jarrige *et al.*, 1995).

### 5.2.6 Méthode de la pepsine-cellulase

Ces méthodes enzymatiques consistent à recréer en laboratoire les conditions rencontrées au sein de l'estomac. Elles associent le plus souvent une attaque à la pepsine ou au détergent neutre à une attaque par des cellulases. Elles permettent de prévoir la digestibilité avec une précision aussi bonne que la digestibilité *in vitro*. Cependant, le coût des enzymes est élevé et il y a une certaine sensibilité aux conditions de conservation (Jarrige *et al.*, 1995).

### 5.2.7 Fermentescibilité en seringue

Cette méthode se base sur les mesures du volume et de la vitesse de production de gaz à partir de l'incubation *in vitro* du fourrage en présence de jus de rumen et de solution tampon à l'intérieur d'une seringue. Le déplacement du piston de la seringue est entraîné par le gaz produit lors la fermentation de la matière, et le volume de gaz produit au cours de la fermentation est corrélé à la digestibilité des fibres. On peut ainsi prédire la digestibilité de la matière organique (dMO) à partir des équations de régression de Menke *et al.* (1988) :

$$\text{dMO (\%)} = 15,38 + 0,8453 \text{ GP} + 0,0595 \text{ MAT} + 0,0675 \text{ CT}$$

où GP correspond à la production de gaz (ml) en 24 heures d'un échantillon de 200 mg.

### 5.2.8 La spectrométrie dans le proche infrarouge

Comme expliqué plus haut, il est possible de déterminer la digestibilité du fourrage grâce à l'analyse SPIR des fourrages (Decruyenaere *et al.*, 2009).

## 6. Les besoins alimentaires

### 6.1 Les besoins énergétiques et protéiques

Les besoins en énergie et en protéines sont les premiers éléments limitant dans les fourrages de faible qualité. Il faut donc agir en premier lieu sur ces éléments avant toute complémentation minérale, sinon celle-ci n'aurait aucun effet. De plus, une complémentation

minérale, accompagnée d'un déficit énergétique et/ou protéique, peut provoquer des effets négatifs tels qu'une diminution des performances ou de la toxicité (Mc Dowell, 1996).

L'animal doit satisfaire ses besoins énergétiques pour vivre (fonctions physiologiques et activités physiques) et pour produire. Les fourrages vont donc devoir apporter suffisamment d'énergie afin de pouvoir satisfaire les besoins d'entretien et de production de l'animal. Si la ration venait à être déficiente, ce sont les besoins d'entretien qui seront satisfaits en priorité. Si ce déficit ne permet plus de satisfaire l'entièreté des besoins d'entretien, l'animal va puiser dans ses réserves et maigrir (Coleman *et al.*, 2003a).

Les protéines apportées par l'alimentation apportent l'azote nécessaire à l'activité des microorganismes du rumen et les acides aminés valorisables par l'animal. Une attention particulière doit cependant être apportée aux excès d'azote rapidement utilisable. En effet, de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est produit à partir de l'azote apporté au niveau du rumen. Si les concentrations en  $\text{NH}_3$  deviennent trop importantes, les quantités en excès vont passer dans le sang et être converties en urée par le foie. Cette urée est alors excrétée dans l'environnement, principalement dans les urines, menant alors à une perte (Ben Salem *et al.*, 2003).

## **6.2 Les besoins en minéraux**

Les faibles teneurs en minéraux des fourrages tropicaux contribuent à limiter la productivité du cheptel, principalement dépendante des apports énergétiques et azotés.

La composition minérale d'un fourrage résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs : le stade de végétation de la plante, son appartenance botanique, les conditions de milieu et d'exploitation (Jarrige *et al.*, 1995).

La croissance végétale influence la composition minérale d'une plante. Le rapport entre les éléments minéraux absorbés et la quantité de matière organique synthétisée pendant une même période diminue avec l'âge de la plante. Il y a également modification de la composition morphologique du rapport feuilles/tiges. La répartition des éléments minéraux dans les différents organes de la plante n'est pas homogène : les concentrations minérales sont plus élevées dans les bourgeons et les feuilles ou les limbes des graminées que dans les tiges (Jarrige *et al.*, 1995).

La composition minérale des fourrages est également dépendante de leur origine botanique, les légumineuses étant, par exemple, plus riches en calcium et plus pauvres en phosphore que les graminées à un stade de développement comparable. Les variations entre espèces d'une même famille sont également loin d'être négligeables, c'est notamment le cas pour le sodium

et le potassium. Cette capacité à fixer des quantités plus ou moins importantes de ces éléments semble être d'ordre génétique (Coppenet *et al.*, 1984).

Enfin, la composition minérale varie suivant les conditions du milieu car les teneurs en éléments minéraux de la plante procèdent à la fois des réserves du sol, de la disponibilité de chaque élément vis-à-vis de la plante, de l'efficacité de la captation racinaire et de la migration de l'élément considéré des racines vers les organes aériens de la plante. De plus, ces facteurs sont modifiés par l'action de l'homme sur le milieu, notamment par la fertilisation (Jarrige *et al.*, 1995).

Quinze éléments minéraux jouent un rôle essentiel dans la nutrition animale. On distingue les macroéléments (calcium, phosphore, potassium, sodium, chlore, magnésium et soufre) des oligoéléments, éléments minéraux existant dans les tissus en quantité infime mais indispensables à la vie animale (cuivre, zinc, fer, manganèse, cobalt, molybdène, sélénium et iode). Ces éléments ne peuvent être synthétisés par l'animal, il doit donc les trouver impérativement dans son alimentation. Leur présence insuffisante dans la ration entraîne une série de désordres métaboliques (Mc Dowell, 1985). Le Tableau 3 reprend les besoins pour ces éléments minéraux.

**Tableau 3. Limites de carence, seuils de toxicité et apports recommandés de minéraux dans la ration de bovins à l'entretien, en croissance, en gestation et en lactation (IEMVT-CIRAD, 1990a ; adapté d'après Underwood, 1981<sup>5</sup> et INRA, 1998<sup>6</sup>).**

Eléments	g/kg MS					mg/kg MS						
	P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	Co	Se	Mo
Limites de carence	2	2	0,7	3,2	0,6	7	45	45	5	0,07	0,1	
Seuils de toxicité						30	250	1000		10	0,5	3
Recommandations												
<b>Bovins en croissance de 200 kg de PV</b>						<b>10</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	
Entretien	1,2	1,8										
100 g/j de GQM	1,7	2,4										
250 g/j de GQM	2,1	3,1	1,0	5,0	1,2							
500 g/j de GQM	2,7	4,5	1,0	5,0	1,2							
<b>Vaches reproductrices de 300 kg de PV</b>						<b>10</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	
Taries – gestantes	2,5	3,4	1,5	4,2	1,0							

<sup>5</sup> Underwood (C.J.). The mineral nutrition of livestock. 2<sup>nd</sup> ed. Farnham Royal, Slough (U.K.). CAB, 1981. 180 p. Cité par IEMVT-CIRAD, 1990a.

<sup>6</sup> INRA. Principes de la nutrition et de l'alimentation des ruminants. Versailles, INRA Publ., 1988. 596 p. (Actualités scientifiques et agronomiques). Cité par IEMVT-CIRAD, 1990a.

## 6.2.1 Les éléments majeurs

### Le phosphore

Le principal facteur limitant de la nutrition minérale du cheptel tropical est le phosphore. Les teneurs en phosphore des fourrages dépassent rarement 2 g/kg MS. La teneur en phosphore des régimes des ruminants est améliorée par la consommation de dicotylédones (IEMVT-CIRAD, 1990a). Le phosphore intervient dans la croissance osseuse et la minéralisation, ainsi que dans certaines régulations hormonales. Les carences se manifestent par une malformation des os, des boiteries, une réduction de la croissance, des troubles de la reproduction, une diminution de la production de lait, une diminution de l'appétit ainsi que du pica (Underwood *et al.*, 1999).

### Le magnésium et le potassium

Les teneurs en magnésium et en potassium ne sont pas limitantes pour les niveaux de production animale habituels des régions tropicales (IEMVT-CIRAD, 1990a). Une éventuelle carence en magnésium se traduit par une tétanie d'herbage (Underwood *et al.*, 1999).

### Le sodium et le chlore

Le sodium et le chlore maintiennent la pression osmotique cellulaire, régulent l'équilibre acide-base et contrôlent le métabolisme de l'eau. Ces deux éléments ont des interactions entre eux, ils interviennent dans la formation du sel et l'on préconise généralement un ratio 1:1 Na:Cl (Underwood *et al.*, 1999). Les apports alimentaires naturels en sodium sont pratiquement toujours insuffisants, la plupart des fourrages tropicaux contenant moins de 0,2 g de Na par kg de MS (IEMVT-CIRAD, 1990a). Un déficit en sodium entraîne du pica, une consommation excessive d'eau ainsi qu'une réduction de la production laitière. Lors d'une carence momentanée, l'animal compense la diminution des apports par une réduction de l'excrétion du sodium dans l'urine et dans la salive, sans répercussions cliniques visibles (Mc Dowell, 1985). Les apports naturels en chlore sont supérieurs à ceux en sodium. Ce dernier étant la facteur limitant, la carence en chlore est assez rare (Underwood *et al.*, 1999).

### Le soufre

Le soufre intervient dans la synthèse de protéines. Les teneurs moyennes en soufre des fourrages tropicaux, 1,3 g/kg MS, sont un peu inférieures à l'apport recommandé de 1,5 g/kg MS (IEMVT-CIRAD, 1990a). Une carence en soufre se traduit par des signes non spécifiques tels que la diminution de l'ingestion (Meschy, 2010)..

## **Le calcium**

Le calcium constitue le squelette : 99 % du calcium s'y retrouve. Le reste se présente sous la forme d'ions libres et joue un rôle dans diverses fonctions physiologiques. Les pailles des graminées sont pauvres en calcium mais la consommation de dicotylédones permet des apports supérieurs aux besoins (IEMVT-CIRAD, 1990a). Une carence se traduit par une fragilisation osseuse, des boiteries, des problèmes de lactation et des troubles de la fécondation.

## **6.2.2 Les oligo-éléments**

### **Le cuivre**

Le cuivre joue un rôle dans la reproduction, le développement des os, la croissance et la pigmentation des phanères (cheveux, poils) (Underwood *et al.*, 1999). Les teneurs en cuivre sont supérieures ou égales à la limite de carence (IEMVT-CIRAD, 1990a). La carence en cuivre existe chez les bovins mais l'expression clinique est peu marquée : décoloration du poil, poil rugueux, terne, anémie (Mc Dowell, 1985). Underwood *et al.* (1999) citent également de l'anémie, des problèmes de croissance osseuse et des problèmes cardiovasculaires.

### **Le cobalt**

Le cobalt est un composant de la vitamine B12. Les carences en cobalt sont souvent citées en zone tropicale humide et se traduisent par une perte graduelle d'appétit ainsi qu'une perte de croissance ou de poids, viennent ensuite une inappétence extrême, une fonte rapide des muscles (marasme), du pica et de l'anémie (Underwood *et al.*, 1999).

### **L'iode**

L'iode est un constituant important des hormones thyroïdiennes. Les carences se traduisent par une diminution de l'appétit et une perte de croissance, le goitre, de la rétention placentaire et des avortements, une chute des rendements laitiers (Underwood *et al.*, 1999).

### **Le fer**

Environ 60 % du fer présent dans le corps se trouve sous la forme d'hémoglobine. Une déficience prolongée en fer se traduit par une perte d'appétit, une mauvaise croissance et de l'anémie. Cependant, les teneurs en fer des fourrages tropicaux sont supérieures aux besoins des animaux (IEMVT-CIRAD, 1990a).

### **Le manganèse**

Le manganèse participe au développement du cartilage, au métabolisme des lipides et des hydrates de carbone, à la résistance aux oxydants et joue un rôle dans la reproduction. Les carences se marquent par un déficit de la croissance, des malformations osseuses ainsi que des troubles de fécondation. Cependant, les teneurs en manganèse sont supérieures aux besoins des animaux (IEMVT-CIRAD, 1990a).

### **Le sélénium**

Le sélénium est nécessaire pour la croissance et la fertilité et joue un rôle immunitaire. Le sélénium est peu abondant dans les fourrages herbacés et les carences se traduisent par une dégénérescence musculaire, des malformations osseuses, de la rétention placentaire, des mammites (Underwood *et al.*, 1999).

### **Le zinc**

Le zinc joue un rôle dans des réactions enzymatiques et de défense immunitaires. Les teneurs en zinc sont le plus souvent inférieures à la limite de carence dans les fourrages herbacés. Les carences se traduisent par de l'anorexie, des boiteries, des troubles de la fertilité (Underwood *et al.*, 1999).

## **7. La complémentation**

Dans les systèmes tropicaux traditionnels, la productivité du cheptel est limitée par les faibles valeurs des fourrages tropicaux. La complémentation est dès lors considérée comme un facteur d'intensification par ses effets sur les performances zootechniques (IEMVT-CIRAD, 1990a).

La complémentation porte d'une part sur les besoins énergétiques et protéiques et d'autre part sur les besoins en minéraux. La formulation doit être étudiée afin de satisfaire les besoins des animaux en tenant compte des apports par les couverts pâturés afin de valoriser ces derniers au maximum (IEMVT-CIRAD, 1990a).

### **7.1 La complémentation énergétique et protéique**

Dans les zones tropicales, la croissance rapide de la végétation et la longueur de la saison sèche mènent régulièrement à une déficience en protéines qui limite alors l'ingestion et l'utilisation des fourrages (Coleman *et al.*, 2003a).

Il convient dès lors d'améliorer l'usage de ces fourrages en satisfaisant les besoins des microorganismes du rumen par l'apport d'une source d'azote non protéique, comme l'urée, permettant ainsi d'améliorer l'ingestion (Hassoun *et al.*, 1990).

Si l'apport minimal en azote satisfaisant les besoins microbiens n'est pas atteint, la digestion des fibres ne sera pas optimale, et les résidus non digérés s'accumuleront dans le rumen, réduisant ainsi l'ingestion. Dès lors, afin de garantir un rumen suffisamment fonctionnel, la teneur en protéines brutes du régime devra être supérieure à 8 % (Coleman *et al.*, 2003a).

La mélasse constitue une source d'énergie rapidement fermentescible dans le rumen et apporte des minéraux tels que le calcium, le phosphore et le potassium). Cet élément est très apprécié par les ruminants et il va pouvoir servir de support pour l'urée sous forme d'un bloc mélasse-urée (Hassoun *et al.*, 1990).

Cependant, la consommation de ces blocs devra être limitée et répartie dans le temps afin d'éviter des risques de toxicité dus à une surcharge en ammoniac qui passerait dans le sang. Pour limiter ce risque, les blocs doivent être suffisamment solides que pour en limiter l'ingestion et bien homogènes afin d'éviter des zones de concentrations importantes en urée (Hassoun *et al.*, 1990).

## **7.2 La complémentation minérale**

Les formulations d'un complément minéral pour répondre aux besoins du bétail varient suivant l'évolution des besoins des animaux, fonction du stade et du niveau de production, des apports par les fourrages et des méthodes de complémentations minérales rentables qui assurent un apport suffisant et une bonne biodisponibilité des minéraux (Greene, 2000).

Plusieurs études indiquent que le risque carenciel en phosphore est plus grand en pleine saison des pluies alors que les troubles liés aux insuffisances d'apports en éléments minéraux s'observent principalement en fin de saison des pluies, lorsque les ressources fourragères sont abondantes (Mc Dowell, 1985). En effet, les apports énergétiques et protéiques sont élevés en cette période. Ils permettent dès lors une augmentation notable des productions, avec par conséquent, des besoins sensiblement accrus en éléments minéraux. Inversement, en saison sèche, les animaux soumis à une disette globale ont des besoins plus réduits. De même, des signes de carence minérale peuvent être observés sur des troupeaux, dans des conditions d'élevage intensifié, lorsque l'accroissement du rationnement énergétique ne s'accompagne pas d'une complémentation minérale adéquate (IEMVT-CIRAD, 1990b).

Les minéraux peuvent être apportés à la plante ou directement à l'animal. Les méthodes agronomiques, telles que la fertilisation en phosphore, l'épandage ou la pulvérisation foliaire de sulfate de cuivre, sont efficaces et garantissent une consommation homogène mais elles sont coûteuses et difficiles à mettre en œuvre en élevage extensif africain (IEMVT-CIRAD, 1990b).

L'apport des minéraux indispensables à l'animal se fait alors de manière directe. Il peut être réalisé par dilution des composés dans l'eau de boisson, par leur incorporation dans des aliments composés, par leur administration directe dans l'estomac à l'aide de pellets métalliques à diffusion lente ou par injections. Mais le mode de distribution le plus adapté consiste en une complémentation minérale en libre service, avec un mélange préalablement dosé présenté sous forme de poudre ou d'un conglomérat homogène et compact : le bloc à lécher (IEMVT-CIRAD, 1990b).

Les principaux éléments à apporter sont le phosphore, le sodium et certains oligoéléments : le cuivre et le zinc en premier lieu et éventuellement le cobalt et l'iode. Le calcium et le soufre sont combinés à la plupart des sources de phosphore d'une part, de cuivre et de zinc d'autre part (IEMVT-CIRAD, 1990b).

Pour chaque élément, de nombreux composés chimiques sont généralement disponibles, caractérisés par leur teneur en minéraux. Outre sa composition, le choix d'un composé est aussi conditionné par son coût et par le coefficient d'absorption de l'élément, deux paramètres très variables selon les produits disponibles sur le marché.

La consommation moyenne journalière de complément minéral chez les bovins est de 30 à 50 g/jour (IEMVT-CIRAD, 1990b). En fonction de ce niveau de consommation, la formulation du complément minéral sera faite de telle sorte que le bloc à lécher réponde aux critères suivants (IEMVT-CIRAD, 1990b) :

1. Contenir un minimum de 6 à 8 % de P (et jusqu'à 15 % lorsque le fourrage consommé en contient moins de 0,2 %, soit 2 g/kg de MS) ;
2. Avoir un rapport calcium/phosphore ne dépassant pas les 2 pour 1 ;
3. Fournir une proportion importante (50 % au moins) des oligoéléments principaux (Cu, Zn, Mn, Co, ...). Cependant, des problèmes de toxicité peuvent surgir par excès d'apport de certains éléments, cuivre et sélénium en particulier ;

4. Être composé de sels minéraux de bonne qualité fournissant l'élément minéral sous une forme biologiquement assimilable, tout en tenant compte des contraintes économiques :
5. Être exempt ou ne contenir qu'un minimum de composés minéraux contenant des substances toxiques ;
6. Être suffisamment appétant pour que les animaux puissent satisfaire leurs besoins. Les ruminants ne sont pas particulièrement friands des sels minéraux, à l'exception du sel ordinaire. C'est pourquoi se dernier doit être incorporé dans de grandes proportions dans le complément minéral afin de stimuler son ingestion par l'animal. Dans la pratique, la proportion de sel ordinaire dans le mélange est souvent d'au moins 30 à 40 %. D'autres produits fortement appréciés peuvent être utilisés dans le même but, comme la mélasse, le son, les tourteaux, ...

Les deux principales qualités physiques recherchées sont l'homogénéité et la solidité, celle-ci étant adaptée en fonction du climat (hygrométrie, pluviométrie). Il faut rechercher un juste milieu pour que les blocs soient suffisamment résistants aux agents extérieurs tels que le climat, la manutention, le transport, mais qu'ils soient également assez friables que pour être consommés en quantité suffisante par les animaux. Les principaux ingrédients utilisés à cet effet sont le ciment ou la chaux vive. Ils entrent dans la composition des blocs dans une proportion de 5 à 15 %. Le sel, humidifié puis séché, peut aussi contribuer à ce rôle de liant. Par rapport au ciment et à la chaux, il présente plusieurs avantages : il augmente l'appétibilité des blocs et évite d'accroître inutilement leur teneur en calcium (IEMVT-CIRAD, 1990b).

# Étude expérimentale

---

## 1. Objectif du travail

Ce travail a pour objectif de déterminer les apports en énergie, protéines et minéraux du pâturage et les performances animales en petite saison sèche et en petite saison des pluies (période allant de mars à avril) et, à partir de ces données, d'établir une formulation de blocs à lécher multi-nutritionnels en vue de satisfaire les besoins des bovins conduits sur les pâturages artificiels à *Brachiaria* sp. au ranch de Kolo.

## 2. Matériel

### 2.1 Pâturages

L'expérimentation a été réalisée au Ranch de Kolo, dans la province du Bas-Congo en République démocratique du Congo. Les observations ont été répétées deux fois, durant les mois de mars (du 26/02 au 20/03) et avril 2010 (du 3/04 au 27/04).

L'expérimentation s'est déroulée sur deux types de pâturages artificiels. Une parcelle était semée de *Brachiaria decumbens* (parcelle de « Kinsala ») et l'autre de *Brachiaria ruziziensis* (parcelle de « Luwo »). Chaque parcelle est divisée en trois blocs.

À chaque période, les observations étaient premièrement réalisées sur la parcelle de Kinsala (*B. decumbens*) et ensuite, sur celle de Luwo (*B. ruziziensis*). Le système de pâturage en rotation était planifié sur les 3 blocs constitutifs de chaque parcelle. Les résultats présentés concernent, par parcelle, la moyenne des observations réalisées sur chaque bloc.

### 2.2 Animaux

Pour chaque période, l'étude a été menée sur 6 animaux choisis aléatoirement au sein des troupeaux du ranch : 3 bouvillons âgés d'1 à 2 ans d'un poids vif moyen de 260,3 kg, et 3 vaches de réforme âgées de 5 ans d'un poids vif moyen de 302,7 kg. Les animaux sont identifiés de 1 à 6. Les mêmes animaux sont suivis à chaque période d'observations sur les deux types de pâturage.

### 3. Méthodologie

#### 3.1 Étude du comportement alimentaire au pâturage

##### 3.1.1 Relevé floristique

Préalablement au suivi du comportement au pâturage, la composition floristique de chaque parcelle expérimentale a été déterminée afin d'exprimer l'importance relative des espèces les unes par rapport aux autres. La méthode d'échantillonnage retenue est celle des poignées de De Vries (1948). Il s'agit de prélever des poignées de végétation à la base de celle-ci. Une cinquantaine de poignées sont prélevées sur les trois blocs de chacune des parcelles étudiées. Pour chaque poignée, les trois espèces dominantes sont systématiquement notées par des chiffres allant de 1 à 3 en fonction du poids qu'elles représentent ; le chiffre 1 étant attribué à l'espèce la plus abondante. Pour chaque espèce, le nombre de fois où elle est notée en première, deuxième ou troisième position est multiplié respectivement par les coefficients 3, 2 et 1. Les totaux obtenus servent à calculer les pourcentages de biomasse (B%) représentés par chaque espèce.

$$B\% = \frac{\text{Somme des coefficients obtenus par l'espèce}}{\text{Total des sommes de coefficients pour l'ensemble des espèces}} \times 100$$

Le B% tient compte de l'abondance de l'espèce et il donne une bonne indication du taux de recouvrement de l'espèce au niveau de l'aire de relevé.

Le B% tient compte de l'abondance de l'espèce et il donne une bonne indication de son taux de recouvrement dans l'aire de relevé.

Les zones pâturables sont les seules à avoir été prises en compte. Les zones envahies par les adventices, telle que l'herbe du Laos (*Chromolaena odorata*) et perdues pour le pâturage, n'ont pas été relevées. Les arbres n'ont également pas été pris en compte.

De plus, seules les espèces consommées au pâturage ont été inventoriées, à savoir : *Brachiaria decumbens* et *ruziziensis*, *Calopogonium mucunoides*, *Panicum maximum*, *Mimosa pudica*, *Eleusine indica*, *Chromolaena odorata* et *Carex* sp. Les autres, non consommées, n'ont pas été identifiées de façon spécifique. Elles ont cependant été prises en compte pour le calcul du B%.

### 3.1.2 Observation du comportement au pâturage

Afin d'étudier le comportement alimentaire au pâturage, un petit troupeau de 30 animaux a été formé. Il était composé de quinze vaches de réforme et de quinze bouvillons dont trois animaux de chaque catégorie ont été marqués pour être suivis plus spécifiquement.

Au cours de la période de pâturage, chaque animal était observé durant 1 minute toutes les 30 minutes. Le relevé d'observations est relatif à l'activité de l'animal (alimentation, rumination ou repos). Les données récoltées permettent ainsi de déterminer l'activité des animaux au cours du nyctémère, de 8h00 à 17h00.

Des matières fécales de chaque animal ont été récoltées durant les périodes d'observations afin de pouvoir déterminer, après calibration du spectromètre dans le proche IR, les quantités ingérées au pâturage.

Les observations ont été réalisées durant trois jours consécutifs sur chaque bloc par parcelle. Au total, les animaux ont donc été observés 9 jours par période et par type de pâturage. Les animaux étaient pesés le matin du premier jour d'observation et le lendemain matin du neuvième jour d'observation à l'aide d'un pèse bétail (Maréchalle-Pesage ; Chauny, France), d'une capacité maximale de 1 500 kg ± 1 kg,.

### 3.1.3 Estimation de la composition de la ration au pâturage

La composition de la ration au pâturage est estimée par la technique de la collecte du berger ou *hand-plucking* qui consiste à prélever, chaque fois que l'animal s'alimente, un échantillon le plus représentatif possible de ce qu'il ingère afin de pouvoir étudier l'apport nutritif des fourrages consommés au pâturage. À la fin d'une journée, les échantillons de fourrage consommé par individu sont cumulés et séchés à l'étuve à 60 °C afin de déterminer la teneur en MS.

À partir de la fréquence de consommation de chaque espèce et des valeurs du relevé floristique, il est possible de déterminer un index de préférence ou de sélectivité (S) qui correspond à la préférence relative de l'animal pour une espèce végétale. Cet index se calcule de la manière suivante :

$$S = \frac{P - F}{P + F}$$

Avec P = fréquence de contact avec l'espèce, poids de l'espèce dans l'ingéré ;

F = recouvrement de l'espèce dans le couvert.

Si  $S > 0$  : il y a une préférence ou sélection de l'espèce ;

Si  $S < 0$  : il y a rejet de l'espèce ;

Si  $S = 0$  : l'espèce est consommée de manière indifférente.

Cet index de sélectivité est, pour une espèce donnée, fonction des espèces associées présentes au sein du couvert.

### 3.1.4 Composition chimique du fourrage

#### 3.1.4.1 Analyses chimiques de référence

Afin d'améliorer la précision de la prédiction de la méthode SPIR, les différents composants chimiques étudiés (MSa, CT, MAT, CB, NDF, ADF, ADL, dMO) ont été analysés en laboratoire sur une dizaine d'échantillons choisis aléatoirement. Les analyses ont été réalisées à partir des méthodes utilisées au laboratoire du CRA-W, Section Systèmes agricoles, à Libramont. Les références des méthodes sont reprises dans le Tableau 4.

**Tableau 4. Références des méthodes des différentes analyses chimiques.**

Composant	Référence
MSa	NFV 18-109
CT	NFV 18-101
MAT	NFV 18-100
CB	NFV O3-040
NDF ADF ADL	Méthode de Van Soest <sup>7</sup> , adaptée au Fibertec System
dMO	De Boever <i>et al.</i> <sup>8</sup>

#### 3.1.4.2 Analyses par spectrométrie dans le proche infrarouge

Les échantillons de fourrage consommé ont été analysés par spectrométrie dans le proche infrarouge (NIRS systems monochromator 5000) à la Section Systèmes agricoles du CRA-W, à Libramont.

Chaque échantillon est ainsi balayé par un rayonnement dans le proche infrarouge, suivant un incrément de 2 nm sur une gamme de longueurs d'ondes comprises entre 1 100 et 2 500 nm. Les niveaux d'absorbance de la matière, à chacune des longueurs d'ondes, constituent des spectres spécifiques à chaque échantillon. Il est ensuite possible, à partir de ces spectres d'absorbance et de calibrages, de déterminer la composition chimique des fourrages.

<sup>7</sup> Van Soest P.J., 1963a et b. *J. Ass. Off. Agric. Chem.*, **46**, 825-829 and 829-835.

<sup>8</sup> De Boever J.L., Cottyn B.G., Buysse F.X., Wainman F.W. & Vanacker J.M., 1986. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **14**, 203-214.

Les calibrages ont été établis au départ d'une base de données intégrant des fourrages tropicaux, analysés par les méthodes de laboratoire de référence et par la méthode SPIR. Les caractéristiques de la base de données « fourrages tropicaux », mobilisées pour développer la calibration SPIR, sont reprises dans le Tableau 4.

**Tableau 5. Caractéristiques de la base de données « fourrages tropicaux » utilisée pour développer les calibrations SPIR (N : nombre d'échantillons, Min : valeur minimale, Max : valeur maximale).**

	N	Min (%)	Max (%)	Moyenne (%)	Écart-type
<b>MS</b>	715	88,32	99,07	93,71	1,92
<b>CT</b>	1178	2,15	48,46	9,25	4,72
<b>MAT</b>	1108	0,89	34,23	10,9	6,12
<b>CB</b>	891	6,11	70,69	30,16	9,04
<b>NDF</b>	780	16,29	91,28	60,21	15,43
<b>ADF</b>	741	7,14	80,25	36,23	9,22
<b>ADL</b>	536	1,13	44,26	7,55	5,82

### 3.1.5 Estimation de la digestibilité et de l'ingestion

Afin d'estimer la digestibilité *in vivo* de la MO et les quantités ingérées au pâturage par spectrométrie dans le proche infrarouge (SPIR), les matières fécales des différents animaux observés sont récoltées quotidiennement. Les échantillons sont ensuite séchés à l'étuve à 60 °C jusqu'à poids constant.

Pour calibrer la méthode SPIR, des références représentatives des conditions rencontrées (types de végétaux et d'animaux) sont intégrées aux mesures de référence utilisées pour l'étalonnage. Il s'agit, dans le cadre de cette recherche, de données expérimentales d'ingestion en stabulation, à comparer aux spectres obtenus sur les fèces de ces mêmes animaux.

Ces mesures de référence ont été réalisées sur 4 animaux aux statuts physiologiques semblables (poids et âge) aux vaches de réformes et bouvillons suivis au pâturage.

Quatre bouvillons ont été groupés par paires dans des boxes. Il n'a pas été possible de réaliser des mesures sur les vaches de réforme. Celles-ci restèrent fort stressées durant les premiers jours d'adaptation ne supportant pas la claustration. Leur niveau d'ingestion était alors fortement perturbé voire nul, ce qui ne correspondait plus à un comportement normal.

Les animaux sont alimentés deux fois par jour (matin et fin d'après-midi) avec du fourrage récolté le jour même sur une prairie artificielle à *Brachiaria ruziziensis* (au stade de repousse, 15 derniers jours de mars). Trois niveaux d'ingestion sont recherchés afin d'amener de la variation dans la base de calibration et d'affiner cette dernière. Les trois niveaux sont : (1) *ad libitum*, (2) 1,25\*entretien et (3) entretien.

Une période de 5 jours d'adaptation a été établie, suivie de 3 jours de mesure par niveaux d'ingestion. Durant ces 3 jours de mesures, les matières fécales sont prélevées trois fois par jour. Afin de tenir compte des délais liés au transit dans l'appareil digestif de l'animal, la collecte des fèces s'est poursuivie durant 2 jours supplémentaires. Les quantités ingérées sont déduites des quantités proposées et des refus mesurés le lendemain. La qualité du proposé est également caractérisée. Pour cela, un échantillon du fourrage présenté aux animaux est prélevé et ensuite séché à l'étuve jusqu'à poids constant. Les refus sont également récoltés, pesés et un échantillon représentatif analysé.

### 3.1.6 Calculs et analyses statistiques

#### 3.1.6.1 Valeur alimentaire du fourrage

Les mesures réalisées à l'aide de la SPIR permettent de déterminer les quantités ingérées, sur base de l'analyse des fèces, et la valeur alimentaire des fourrages consommés au pâturage.

La valeur alimentaire de l'ingéré est caractérisée sur base des paramètres suivants : la matière sèche, les cendres totales, les protéines totales, les fibres (cellulose, NDF, ADF, ADL) ainsi que la digestibilité de la matière organique.

Les performances zootechniques autorisées sur base des apports en énergie (exprimés en unité fourragère, UF) et en protéines (exprimés en protéines brutes digestibles, PBD) au pâturage sont ensuite définis. Les apports en minéraux sont également analysés. Les résultats doivent permettre de mettre en évidence d'éventuels éléments limitant au vu des performances de croissance potentielles permises par les couverts prairiaux.

Les apports du parcours en UF et en PBD sont déterminés à partir des résultats des analyses de la composition biochimique des couverts et des tables hollandaises d'alimentation des ruminants, pour les fourrages tropicaux.

Les tables hollandaises pour les fourrages tropicaux (Dijkstra, 1957), permettent de calculer l'apport en unité amidon (UA) et unité fourragère (avec 1 UA = 1,43 UF) de chaque kilo de fourrage ingéré, à partir des teneurs, exprimées en % de la matière sèche, de la cellulose brute (CB) et des cendres totales (CT).

$$UA = 0,970 \times (100 - CT) - 0,3238 \times CB - \left( \frac{2,6577 \times CB^2}{100 - CT} \right)$$

La protéine brute digestible peut être calculée en fonction de la teneur en protéine brute (PB) exprimée en % de la matière sèche et de la teneur en cendres, en appliquant la formule suivante (Dijkstra, 1957) :

$$PBD = 0,948 \times (PB - 18) + 0,038 \times (CT - 10) + 13,62$$

Les quantités de fourrage ingéré sur parcours sont prédites à partir de l'analyse des fèces. Le Tableau 5 présente les caractéristiques des calibrations infrarouges mobilisées pour l'estimation de la digestibilité de la MO ( $CD_{MO_{vivo}}$ ) des fourrages et leur ingestion par kg de PV ( $MS_{viPV}$ ) et par kg de PM ( $MS_{vi075}$ ).

**Tableau 6. Caractéristiques des calibrations mobilisées pour approcher la digestibilité des fourrages et les quantités ingérées sur parcours (N : nombres de données, Mean : moyenne, SD : écart-type, SEC : erreur standard de calibration, RSQ : coefficient de détermination, SECV : erreur standard de prédiction).**

	N	Mean	SD	SEC	RSQ	SECV
$CD_{MO_{vivo}}$ (%)	2887	64,33	11,42	3,78	0,89	3,87
$MS_{viPV}$ (g/kg PV)	2681	20,39	7,60	3,64	0,77	3,77
$MS_{vi075}$ (g/kg PM)	3080	61,48	22,02	10,89	0,76	11,21

### 3.1.6.2 Besoins d'un animal de référence

Les besoins en énergie et en protéines des animaux pour l'entretien, les déplacements et la croissance sont calculés à partir des données reprises dans le Tableau 6.

**Tableau 7. Évaluation des besoins alimentaires de bovins (Rivière, 1991).**

	UF	PBD
<b>Entretien</b>	0,92 /100 kg PV	50 g/100 kg PV
<b>Déplacements (7,5 km/j)</b>	0,022 /km et 100 kg PV	65 g/UF
<b>Gain de poids</b>		
+ 100 g/jour	+ 0,32	+ 17 g
+ 200 g/jour	+ 0,64	+ 35 g
+ 300 g/jour	+ 0,96	+ 53 g
+ 500 g/jour	+ 1,6	+ 88 g
<b>Engraissement / Finition</b>	+ 3 /kg de gain	+ 80 g/UF

### 3.1.6.3 Analyses statistiques

#### Composition floristique

Pour l'étude de la composition floristique, un test d'indépendance du Chi-carré ( $\chi^2$ ), estimation des P-valeurs de Monte Carlo, a été effectué entre les trois blocs d'une parcelle.

#### Comportement alimentaire – Composition chimique – Digestibilité – Ingestion – Valeur alimentaire

L'analyse statistique des paramètres (comportement alimentaire, composition chimique, digestibilité, ingestion et valeur alimentaire du fourrage) a été réalisée sur les moyennes par

l'analyse de la variance et une classification des moyennes par la différence des moindres carrés, utilisant la procédure MIXED du software SAS 9.1 (SAS Inc., Cary, NC, USA) suivant le modèle linéaire suivant :

$$Y = \alpha + F_i + P_j + Q_k + (F \times P)_{ij} + (F \times Q)_{ik} + (P \times Q)_{jk} + (F \times P \times Q)_{ijk} + \varepsilon$$

Avec : Y, le résultat ;

$\alpha$ , la moyenne ;

$F_i$ , l'effet fixe de la catégorie animale ( $i = 1, 2$ ) ;

$P_j$ , l'effet fixe de la période ( $j = 1, 2$ ) ;

$Q_k$ , l'effet fixe du type de parcelle ( $k = 1, 2$ ) ;

$\varepsilon$ , le résidu.

### Composition de la ration au pâturage

L'analyse statistique de la variable « composition de la ration au pâturage » a été réalisée sur les moyennes par l'analyse de la variance et une classification des moyennes par la différence des moindres carrés, utilisant la procédure MIXED du software SAS 9.1 (SAS Inc., Cary, NC, USA) suivant le modèle linéaire suivant :

$$Y = \alpha + F_i + P_j + (F \times P)_{ij} + \varepsilon$$

Avec : Y, le résultat ;

$\alpha$ , la moyenne ;

$F_i$ , l'effet fixe de la catégorie animale ( $i = 1, 2$ ) ;

$P_j$ , l'effet fixe de la période ( $j = 1, 2$ ) ;

$\varepsilon$ , le résidu.

### Comparaison entre les analyses de référence et les analyses SPIR

Afin de comparer les résultats obtenus, par les méthodes de référence et SPIR, sur une dizaine d'échantillons de fourrage, choisis aléatoirement, un test  $t$  de Student par paires à été réalisé sur les variables « méthode de référence » et « méthode SPIR ».

## 3.2 Complémentation minérale

### 3.2.1 Analyse de la teneur en minéraux des rations

L'analyse de la teneur en minéraux des rations a été réalisée sur 24 échantillons de fourrage, constitués des échantillons prélevés sur parcours et cumulés par catégorie animale (3 animaux par catégorie : bouvillons et vaches de réforme).

La minéralisation a été effectuée au four à micro-ondes et le dosage du Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Co, Zn, P, S, Cu, Mo, Se et I par spectrométrie d'émission atomique couplée à un plasma induit (argon) – ICP-AES, spectromètre Jobin-Yvon de la marque Ultima. Les analyses ont été effectuées au CRA-W, Département Valorisation des productions agricoles, Unité Technologies de la transformation des produits.

### 3.2.2 Formulation de blocs multi-nutritionnels

Les besoins des animaux en éléments minéraux ont été calculés à partir du Tableau 3 (Limites de carence, seuils de toxicité et apports recommandés de minéraux dans la ration de bovins à l'entretien, en croissance, en gestation et en lactation – page 28).

Les déficits, le cas échéant, sont comblés en utilisant diverses sources minérales en se basant sur la disponibilité réelle de l'élément chimique au sein du complément (Tableau 7).

**Tableau 8. Disponibilité des éléments minéraux dans la source minérale utilisée (Mc Dowell, 1996 ; IEMVT-CIRAD, 1990b).**

Source minérale	Élément	% d'élément
Sulfate de cuivre	Cu	25
Chlorure de sodium	Na	39,4
Carbonate de zinc	Zn	52

# Résultats

## 1. Étude du comportement alimentaire au pâturage

### 1.1 Relevé floristique

Les valeurs du B% obtenues lors des relevés floristiques sur les parcelles de Kinsala (*B. decumbens*) et Luwo (*B. ruziziensis*) sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9. Valeurs du B% des relevés floristiques effectués sur les parcelles de Kinsala et Luwo.

		Espèces	B%	
<i>Brachiaria decumbens</i>	Kinsala 1	<i>Brachiaria decumbens</i>	46,3	
		<i>Calopogonium mucunoides</i>	23,8	
		<i>Mimosa pudica</i>	2,1	
		<i>Eleusine indica</i>	1,5	
		<i>Chromolaena odorata</i>	1,2	
		<i>Carex</i> sp.	1,2	
		Non consommées	23,8	
		Kinsala 2	<i>Brachiaria decumbens</i>	38,3
	<i>Calopogonium mucunoides</i>		23,9	
	<i>Mimosa pudica</i>		12,2	
	<i>Panicum maximum</i>		3,9	
	<i>Chromolaena odorata</i>		3,9	
	<i>Eleusine indica</i>		0,6	
	Non consommées		17,2	
	Kinsala 3		<i>Brachiaria decumbens</i>	55,1
		<i>Calopogonium mucunoides</i>	21,8	
		<i>Chromolaena odorata</i>	6,8	
		<i>Carex</i> sp.	2,0	
		<i>Mimosa pudica</i>	1,4	
		<i>Eleusine indica</i>	0,7	
		Non consommées	22,4	
		<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Luwo 1	<i>Brachiaria ruziziensis</i>
	<i>Calopogonium mucunoides</i>			18,6
	<i>Chromolaena odorata</i>			4,7
<i>Mimosa pudica</i>	4,7			
<i>Eleusine indica</i>	0,6			
Non consommées	26,6			
Luwo 2	<i>Brachiaria ruziziensis</i>			38,4
	<i>Calopogonium mucunoides</i>		20,1	
	<i>Panicum maximum</i>		10,5	
	<i>Mimosa pudica</i>		10,3	
	Non consommées		17,6	
Luwo 3	<i>Brachiaria ruziziensis</i>		40,6	
	<i>Calopogonium mucunoides</i>		38,5	
	<i>Panicum maximum</i>		11,3	
	<i>Mimosa pudica</i>		4,8	
	Autres Graminées		3,0	
	Non consommées		13,1	

Les deux espèces de *Brachiaria* dominant largement les couverts végétaux respectifs de chaque parcelle. Vient ensuite la légumineuse *Calopogonium mucunoides*, en proportion assez importante. Les associations entre *Brachiaria* et *Calopogonium* représentent, à elles seules, plus de 60 % du pâturage. Sur les parcelles de Luwo (*B. ruziziensis*), se retrouve également une autre graminée, *Panicum maximum*, en quantités non négligeables (10 %). La pression des adventices sans valeur alimentaire se ressent également (33,6 % sur Kinsala et 36,7 % sur Luwo).

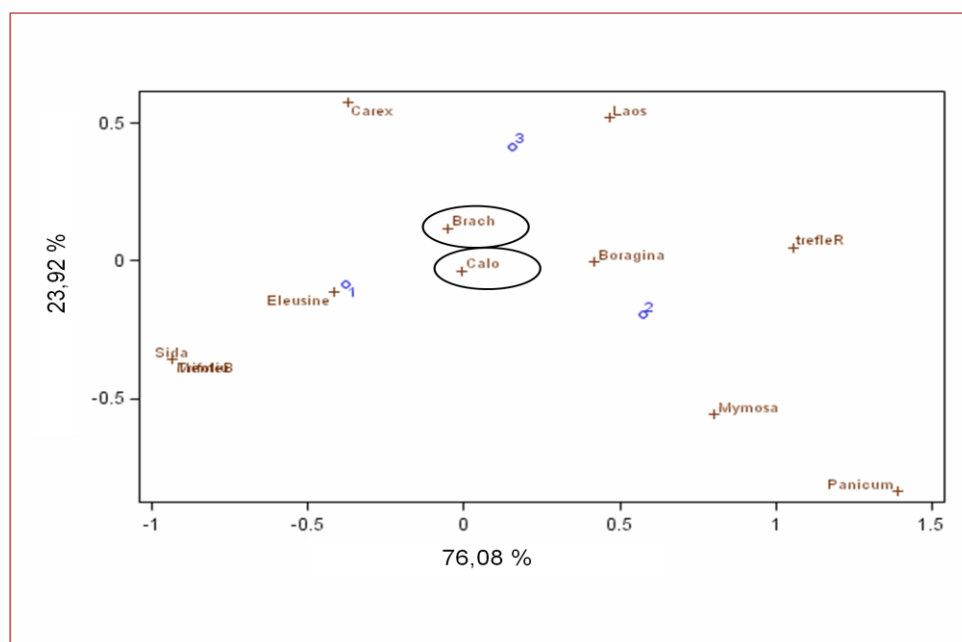
Le Tableau 10 présente, pour la pâture de Kinsala (*B. decumbens*), les résultats des tests d'indépendance du Chi-carré ( $\chi^2$ ) effectué sur la composition floristique entre les trois blocs de la parcelle. Trois tests distincts ont été réalisés afin de déterminer l'homogénéité de la

répartition des associations suivantes sur les 3 blocs : 1) ensemble du couvert, 2) association *B. decumbens* et *Calopogonium*, 3) *B. decumbens* uniquement. L'occurrence de *Brachiaria decumbens*, associée à *Calopogonium mucunoides*, est marginalement équivalente ( $\chi^2 = 0,0245$ ) sur les différents blocs de la parcelle, mais que les espèces compagnes peuvent varier significativement d'un bloc à l'autre.

**Tableau 10. Résultats du test d'indépendance du Chi<sup>2</sup> effectué entre l'occurrence des espèces floristiques des 3 blocs de la parcelle de Kinsala (*B. decumbens*).**

Sources de variations	P > Khi-2
Ensemble du couvert	0,0000
<i>Brachiaria decumbens</i> + <i>Calopogonium</i>	0,0245
<i>Brachiaria decumbens</i>	0,0101

La Figure 4 présente le graphique de l'analyse factorielle des correspondances de l'occurrence moyenne des espèces des 3 blocs de la parcelle de Kinsala (*B. decumbens*). Les espèces situées le plus proche du centre du graphique, aux coordonnées (0 ; 0), sont celles dont l'occurrence est équivalente sur les différents blocs de la parcelle. Dans ce cas-ci, il s'agit de *Brachiaria decumbens* et *Calopogonium* (espèces entourées sur la figure). Par contre, les points les plus éloignés du centre du graphique (en termes de longueur, direction et angle) représentent les espèces qui contribuent le plus à la variabilité de la composition floristique d'un bloc à l'autre.



**Figure 4. Analyse factorielle des correspondances pour la parcelle de Kinsala (*B. decumbens*). Les pourcentages indiqués sur les axes des abscisses (76,08 %) et des ordonnées (23,92 %) indiquent la contribution des données décrites sur l'axe correspondant à la variabilité totale du modèle.**

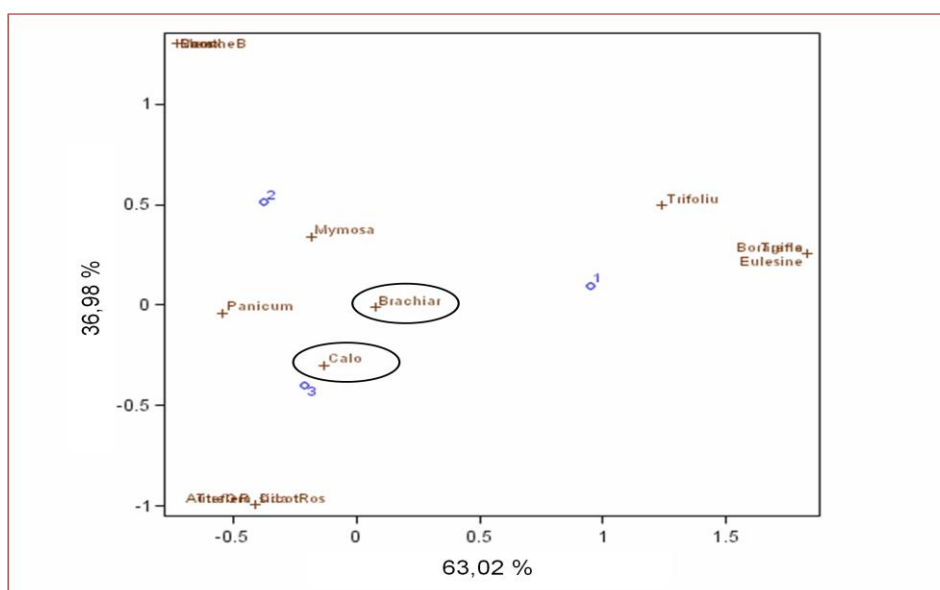
De la même manière, le Tableau 11 présente, pour la pâture de Luwo (*B. ruziziensis*), les résultats du test d'indépendance du Chi-carré ( $\chi^2$ ) effectué entre les trois blocs de la parcelle. Trois tests ont été effectués distinctivement sur : 1) l'ensemble du couvert, 2) l'association *B. ruziziensis* et *Calopogonium*, 3) *B. ruziziensis* uniquement.

**Tableau 11. Résultats du test d'indépendance du Chi<sup>2</sup> effectué entre l'occurrence des espèces floristique des 3 blocs de la parcelle de (*B. ruziziensis*).**

Sources de variations	P > Khi-2
Ensemble du couvert	0,0000
<i>Brachiaria ruziziensis</i> + <i>Calopogonium</i>	0,4317
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	0,2385

Sur la pâture de Luwo, l'analyse du  $\chi^2$  d'indépendance indique que l'occurrence de *Brachiaria ruziziensis*, associée à *Calopogonium mucunoides* est équivalente ( $\chi^2 = 0,4317$ ) sur les différents blocs de la parcelle, mais que les espèces compagnes peuvent varier significativement d'un bloc à l'autre.

La Figure 5 présente le graphique de l'analyse factorielle des correspondances pour l'ensemble du couvert sur la parcelle à *B. ruziziensis*. Les espèces situées le plus proche du centre du graphique, aux coordonnées (0 ; 0), sont celles dont l'occurrence est équivalente sur les différents blocs de la parcelle. Dans ce cas-ci, il s'agit de *Brachiaria ruziziensis*, *Calopogonium* (espèces entourées sur la figure). Par contre, les espèces éloignées du centre du graphique varient significativement d'un bloc à l'autre.



**Figure 5. Représentation graphique de l'analyse factorielle de la correspondance pour la parcelle de Luwo (*B. ruziziensis*). Les pourcentages indiqués sur les axes des abscisses (63,02 %) et des ordonnées (36,98 %) indiquent la contribution des données décrites sur l'axe correspondant à la variabilité totale du modèle.**

## 1.2 Comportement alimentaire au pâturage

Les résultats liés au comportement alimentaire au pâturage durant les deux périodes d'observation sont illustrées à la Figure 6.

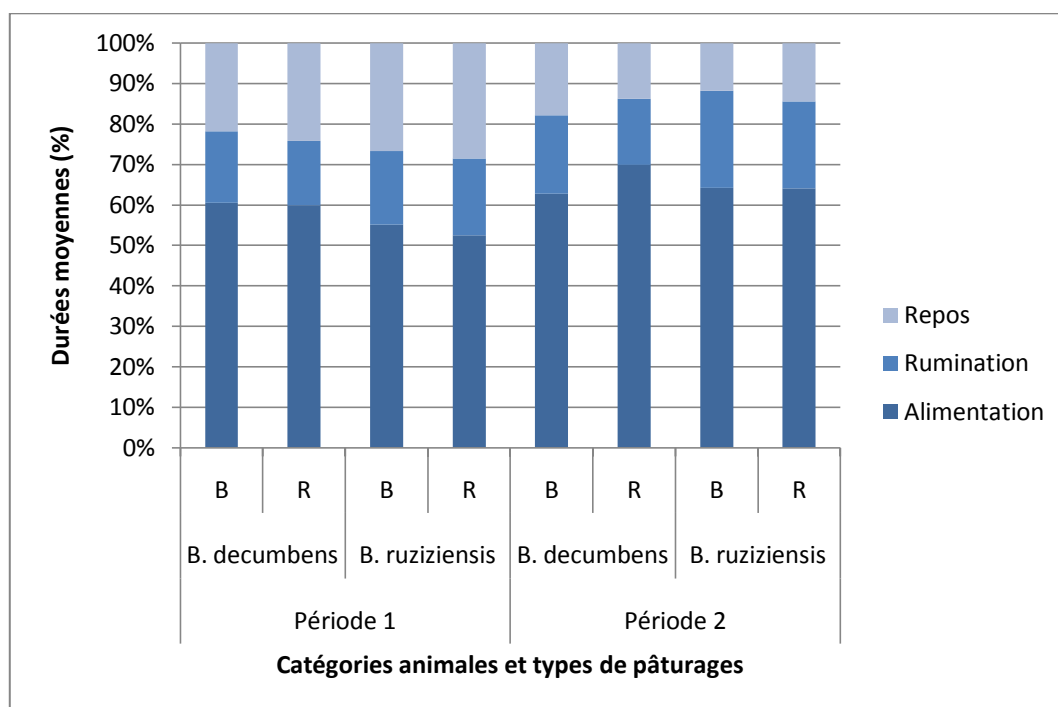


Figure 6. Comportement alimentaire au pâturage au cours des deux périodes (B : bouvillons ; R : réformes).

Les durées des phases d'alimentation, de rumination et de repos sont influencés par la période d'observation ( $P < 0,01$  ;  $0,05 < P < 0,10$  ;  $P < 0,0001$ ), toutes catégories et pâturages confondus (Tableau 12). Les phases d'alimentation et de rumination augmentent en seconde période (+ 41,7 min et + 13,5 min) alors que les temps de repos diminuent (- 55,4 min).

La catégorie animale n'a pas d'influence sur les temps d'alimentation, de rumination et de repos.

Par contre, il y a un effet du type de pâturage sur le comportement des animaux suivis. Le temps d'alimentation est plus important (+ 6,8 %) sur les pâturages à *B. decumbens* que sur ceux à base de *B. ruziziensis* ( $P < 0,05$ ). La durée durant laquelle les animaux ruminent a toutefois tendance à être moindre sur les pâturages à *B. decumbens* (- 16,2 % ;  $0,05 < P < 0,10$ ).

**Tableau 12. Comportement alimentaire au pâturage des animaux en fonction de la période et de la parcelle (durée exprimée en minutes).**

Période	Type de pâturage	Catégorie	N	Alimentation	Rumination	Repos
1	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	3	308,9 <sup>abc</sup> ‡	90,0 <sup>ab</sup>	111,1 <sup>bcd</sup>
		Réformes	3	305,6 <sup>abc</sup>	81,1 <sup>a</sup>	123,3 <sup>cd</sup>
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	3	281,1 <sup>ab</sup>	92,8 <sup>ab</sup>	136,1 <sup>d</sup>
		Réformes	3	267,8 <sup>a</sup>	96,7 <sup>ab</sup>	145,6 <sup>d</sup>
2	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	3	320,0 <sup>bcd</sup>	98,9 <sup>ab</sup>	91,1 <sup>abc</sup>
		Réformes	3	356,7 <sup>d</sup>	83,3 <sup>ab</sup>	70,0 <sup>a</sup>
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	3	327,8 <sup>cd</sup>	122,2 <sup>c</sup>	60,0 <sup>a</sup>
		Réformes	3	326,7 <sup>cd</sup>	110,0 <sup>bc</sup>	73,3 <sup>ab</sup>
ESM				6,8	3,84	7,37
<b>Sources de variations</b>			<b>ddl</b>	<b>P-valeurs</b>		
Parcelle			1	0,0384	0,0198	0,6025
Période			1	0,0005	0,0580	< 0,0001
Catégorie			1	0,6340	0,2322	0,7093
Parcelle*Période			1	0,2819	0,2477	0,0571
Parcelle*Catégorie			1	0,2371	0,5503	0,4328
Période*Catégorie			1	0,1982	0,4007	0,3997
Parcelle*Période*Catégorie			1	0,4855	0,7253	0,3242

‡ : pour une même série, les moyennes qui, au sein d'une même colonne, sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P > 0,05)

ESM : erreur standard de la moyenne

N : nombre de répétitions

ddl : nombre de degrés de liberté

### 1.3 Composition de la ration au pâturage

#### 1.3.1 Parcelle à *Brachiaria decumbens*

Les espèces végétales les plus consommées sur la parcelle à *B. decumbens* sont reprises dans le Tableau 13. La majorité du régime se compose de *Brachiaria decumbens* (plus de 80 % de la ration). Viennent ensuite *Calopogonium mucunoides* et *Eleusine indica*. Il n'y a pas d'effet significatif de la période sur la préhension des espèces végétales, excepté *Mimosa pudica* dont la consommation diminue de plus 3 % de la première à la seconde période ( $p < 0,0001$ ).

**Tableau 13. Composition moyenne du régime sélectionné (%) sur la parcelle à *B. decumbens* au cours des deux périodes.**

Période	Catégorie	N	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Mimosa pudica</i>
1	Bouvillons	3	85,7	4,8	4,6	3,7 <sup>b‡</sup>
	Réformes	3	85,4	4,2	5,6	3,6 <sup>b</sup>
2	Bouvillons	3	83,5	5,9	7,5	0,7 <sup>a</sup>
	Réformes	3	85,4	7,3	4,0	0,5 <sup>a</sup>
ESM			0,90	0,61	0,99	0,47
<b>Sources de variations</b>		ddl	P-valeurs			
Période		1	0,5942	0,1031	0,7680	< 0,0001
Catégorie		1	0,7073	0,7060	0,5835	0,5159
Période*Catégorie		1	0,6051	0,4177	0,3216	0,7653

‡ : pour une même série, les moyennes qui, au sein d'une même colonne, sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ )

ESM : erreur standard de la moyenne

N : nombre de répétitions

ddl : nombre de degrés de liberté

Les index de sélectivité pour *Brachiaria decumbens* sont positifs et semblables, pour chaque période et catégorie (Tableau 14).

**Tableau 14. Sélectivité de *Brachiaria decumbens* au cours des deux périodes.**

Période	Catégorie	N	Sélectivité
1	Bouvillons	3	0,30
	Réformes	3	0,29
2	Bouvillons	3	0,28
	Réformes	3	0,29
ESM			0,01
<b>Sources de variations</b>		ddl	P-valeurs
Période		1	0,7585
Catégorie		1	0,8684
Période*Catégorie		1	0,8314

ESM : erreur standard de la moyenne

N : nombre de répétitions

ddl : nombre de degrés de liberté

### 1.3.2 Parcelle à *Brachiaria ruziziensis*

Les espèces végétales les plus consommées sur la parcelle à *B. ruziziensis* sont reprises dans le Tableau 15. La majorité du régime se compose de *Brachiaria ruziziensis* (plus de 80 % de la ration). *Calopogonium mucunoides* représente la seconde espèce la mieux appréciée.

**Tableau 15. Composition moyenne du régime sélectionné (%) sur la parcelle à *B. ruziziensis* au cours des deux périodes.**

Période	Catégorie	N	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>	<i>Panicum maximum</i>
1	Bouvillons	3	92,5 <sup>b</sup> ¥	3,3 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>
	Réformes	3	93,3 <sup>b</sup>	4,3 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>
2	Bouvillons	3	84,4 <sup>a</sup>	11,7 <sup>b</sup>	3,2 <sup>a</sup>
	Réformes	3	84,1 <sup>a</sup>	11,5 <sup>b</sup>	3,9 <sup>a</sup>
ESM			1,35	1,32	0,65
<b>Sources de variations</b>		ddl	P-valeurs		
Période		1	< 0,0001	0,0015	0,0415
Catégorie		1	0,7334	0,7873	0,7708
Période*Catégorie		1	0,4750	0,7121	0,7708

¥ : pour une même série, les moyennes qui, au sein d'une même colonne, sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ )

ESM : erreur standard de la moyenne

N : nombre de répétitions

ddl : nombre de degrés de liberté

La consommation des différentes espèces végétales varie selon la période. La consommation de *Brachiaria ruziziensis* diminue de la première à la seconde période (8,6 %,  $P < 0,0001$ ) alors qu'elle augmente pour *Calopogonium mucunoides* (+ 7,8 %,  $P < 0,01$ ).

Les index de sélectivité de *Brachiaria ruziziensis* sont repris dans le Tableau 16. Ils sont tous positifs mais sont plus élevés en première période ( $P < 0,01$ ).

**Tableau 16. Sélectivité de *Brachiaria ruziziensis* au cours des deux périodes.**

Période	Catégorie	N	Sélectivité
1	Bouvillons	3	0,38 <sup>b</sup> ¥
	Réformes	3	0,39 <sup>b</sup>
2	Bouvillons	3	0,37 <sup>a</sup>
	Réformes	3	0,34 <sup>a</sup>
ESM			0,01
<b>Sources de variations</b>		ddl	P-valeurs
Période		1	0,0009
Catégorie		1	0,8842
Période*Catégorie		1	0,8842

¥ : pour une même série, les moyennes qui, au sein d'une même colonne, sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ )

ESM : erreur standard de la moyenne

N : nombre de répétitions

ddl : nombre de degrés de liberté

## 1.4 Composition chimique et valeur alimentaire du fourrage

### 1.4.1 Analyses de référence – Validation de la SPIR

La comparaison des résultats des analyses de référence en laboratoire et des analyses SPIR réalisées sur 8 échantillons de fourrage choisis aléatoirement ne met en évidence aucun écart significatif pour l'ensemble des paramètres ( $t = 0,8852$ , Tableau 17). Si les paramètres sont pris séparément, seules les valeurs de la MS sont différentes suivant les deux méthodes ( $t = 0,0006$ ). Les valeurs obtenues à partir de la SPIR peuvent donc être utilisées pour la suite du travail. Les données détaillées des valeurs de composition chimique par analyses de référence et analyses SPIR figurent en annexe.

Tableau 17. Comparaison des résultats des analyses de référence et des analyses SPIR réalisées sur des échantillons de fourrage.

Sources de variations	N	P > t
Ensemble des paramètres	8	0,8852
MS	8	0,0006
CT	8	0,2374
CB	8	0,6057
MAT	8	0,8034
dMO	8	0,8978

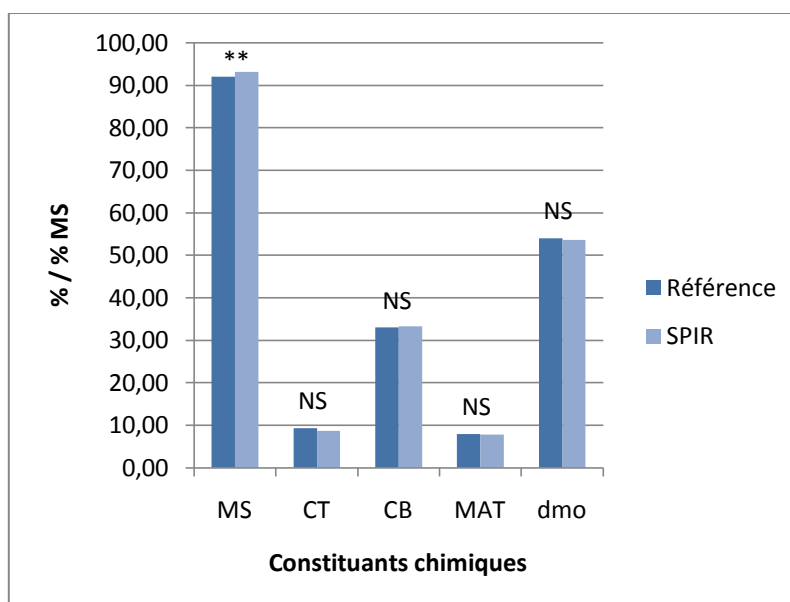


Figure 7. Résultats des analyses de référence et des analyses SPIR sur des échantillons de fourrages choisis aléatoirement (NS : P > 0,05 ; \*\* : P < 0,01).

### 1.4.2 Composition chimique et valeur alimentaire de l'ingéré au pâturage

Les valeurs moyennes de la composition chimique des échantillons et du coefficient de digestibilité *in vivo* de la MO de l'ingéré au pâturage sont reprises dans le Tableau 18. L'ensemble de ces données ont été obtenues par spectrométrie dans le proche infrarouge. Sont également présentés, dans le Tableau 18, les résultats de la valeur alimentaire des fourrages ingérés au pâturage, calculée sur base des tables de référence (Dijkstra, 1957).

**Tableau 18. Composition chimique et valeur alimentaire moyenne des fourrages prélevés par chaque catégorie animale sur chacune des parcelles au cours des deux périodes d'observations.**

Période	Type de pâturage	Catégorie	N	Composition chimique							dMO (%)	Valeur alimentaire	
				MS (%)	CT (% MS)	MAT (% MS)	CB (% MS)	NDF (% MS)	ADF (% MS)	ADL (% MS)		UF (/100 kg MS)	PBD (g/100 g MS)
1	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	3	35,8 <sup>c</sup> ¥	8,7 <sup>b</sup>	8,2 <sup>a</sup>	33,3 <sup>bc</sup>	64,6 <sup>d</sup>	37,8 <sup>b</sup>	6,4 <sup>a</sup>	71,1 <sup>c</sup>	68,9 <sup>bc</sup>	4,3 <sup>a</sup>
		Réformes	3	35,4 <sup>c</sup>	8,9 <sup>b</sup>	8,5 <sup>a</sup>	32,3 <sup>ab</sup>	62,7 <sup>ab</sup>	36,6 <sup>a</sup>	6,0 <sup>abc</sup>	71,0 <sup>bc</sup>	71,9 <sup>cd</sup>	4,6 <sup>a</sup>
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	3	31,7 <sup>b</sup>	8,5 <sup>ab</sup>	7,9 <sup>a</sup>	32,8 <sup>b</sup>	64,1 <sup>cd</sup>	36,6 <sup>ab</sup>	6,2 <sup>bc</sup>	68,6 <sup>a</sup>	71,0 <sup>cd</sup>	4,0 <sup>a</sup>
		Réformes	3	31,8 <sup>b</sup>	8,2 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a</sup>	33,0 <sup>bc</sup>	64,1 <sup>cd</sup>	37,3 <sup>ab</sup>	6,4 <sup>c</sup>	70,5 <sup>abc</sup>	71,0 <sup>cd</sup>	4,0 <sup>a</sup>
2	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	3	25,4 <sup>a</sup>	8,6 <sup>ab</sup>	10,7 <sup>b</sup>	31,2 <sup>a</sup>	62,4 <sup>a</sup>	36,0 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	74,0 <sup>d</sup>	75,6 <sup>c</sup>	6,7 <sup>b</sup>
		Réformes	3	26,3 <sup>a</sup>	8,5 <sup>ab</sup>	10,1 <sup>b</sup>	32,3 <sup>ab</sup>	63,0 <sup>abc</sup>	36,3 <sup>a</sup>	5,9 <sup>ab</sup>	74,2 <sup>d</sup>	72,4 <sup>d</sup>	6,1 <sup>b</sup>
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	3	26,4 <sup>a</sup>	8,7 <sup>b</sup>	8,3 <sup>a</sup>	34,0 <sup>cd</sup>	64,0 <sup>bcd</sup>	39,7 <sup>c</sup>	7,0 <sup>d</sup>	69,0 <sup>ab</sup>	66,7 <sup>ab</sup>	4,4 <sup>a</sup>
		Réformes	3	27,3 <sup>a</sup>	8,9 <sup>b</sup>	8,0 <sup>a</sup>	34,7 <sup>d</sup>	64,8 <sup>d</sup>	39,8 <sup>c</sup>	7,0 <sup>d</sup>	69,6 <sup>abc</sup>	64,0 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>
ESM				0,53	0,06	0,23	0,24	0,22	0,32	0,10	0,34	0,76	0,21
<b>Sources de variations</b>			ddl	P-valeurs									
Catégorie			1	0,4843	0,9098	0,3904	0,3983	0,6574	0,9348	0,8993	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Période			1	< 0,0001	0,4676	< 0,0001	0,3717	0,3284	0,0155	0,1079	0,0080	0,1784	< 0,0001
Parcelle			1	0,0066	0,2637	< 0,0001	< 0,0001	0,0063	< 0,0001	< 0,0001	0,2303	0,3470	0,4008
Catégorie*Période			1	0,3077	0,5333	0,1481	0,0195	0,0293	0,4180	0,3191	0,0021	< 0,0001	0,0003
Catégorie*Parcelle			1	0,8332	0,6038	0,9800	0,4051	0,1327	0,1955	0,4611	0,2514	0,3953	0,9720
Période*Parcelle			1	< 0,0001	0,0046	0,0003	0,0002	0,0825	< 0,0001	< 0,0001	0,6600	0,0086	0,1499
Catégorie*Période* Parcelle			1	0,8123	0,1541	0,5068	0,1430	0,2323	0,1137	0,1174	0,4674	0,2381	0,4922

¥ : pour une même série, les moyennes qui, au sein d'une même colonne, sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (P > 0,05)

ESM : erreur standard de la moyenne ; N : nombre de répétitions ; ddl : nombre de degrés de liberté

#### 1.4.2.1 Teneurs en MS

La teneur moyenne en MS de l'ingéré au pâturage est plus élevée en première période ( $P < 0,0001$  ; + 9,7 sur *B. decumbens* et + 4,9 % sur *B. ruziziensis*). Au niveau parcellaire, la MS des échantillons prélevé sur la prairie à *B. decumbens* est plus élevée que sur les parcours à *B. ruziziensis* en première période (+ 3,8 %,  $P < 0,0001$ ).

#### 1.4.2.2 Teneurs en CT

La teneur en CT est significativement plus élevée (+ 0,45 % MS,  $P < 0,01$ ) sur la parcelle à *B. decumbens* par rapport à celle à *B. ruziziensis* au cours de la première période.

L'effet de la période est uniquement observé sur la pâture composée de *B. ruziziensis*. La teneur en cendres y est plus élevée en seconde période (+ 0,45 % MS,  $P < 0,05$ ).

#### 1.4.2.3 Teneurs en MAT

Les teneurs moyennes en MAT des échantillons d'ingéré prélevés sur la parcelle à *B. Decumbens* sont significativement supérieures aux valeurs analysées sur *B. ruziziensis*. L'écart est plus fortement marqué lors de la seconde période (+ 2,3 % MS sur *B. decumbens*,  $P < 0,01$ ).

L'effet période est significatif sur les teneurs en MAT contenues dans les fourrages prélevés sur la parcelle à *B. decumbens*, les teneurs étant plus élevées en seconde période (+ 2,1 % MS,  $P < 0,01$ ).

#### 1.4.2.4 Teneurs en CB

Les échantillons de fourrage prélevés sur le pâturage à *B. ruziziensis* présentent les teneurs les plus élevées en cellulose (+ 1,1 % MS,  $P < 0,01$ ).

L'effet période est significatif sur la teneur en CB de l'ingéré des deux parcelles. La concentration en CB diminue sur la parcelle à *B. decumbens* (- 1,1 % MS,  $P < 0,05$ ) alors qu'elle augmente sur la parcelle à *B. ruziziensis* (+ 1,5 % MS,  $P < 0,01$ ).

#### 1.4.2.5 Teneurs en NDF

Le type de pâturage a un effet significatif sur la concentration en NDF au cours de la seconde période, les teneurs en NDF étant plus élevées sur le pâturage à *B. ruziziensis* (+ 1,7 % MS,  $P < 0,05$ ).

#### 1.4.2.6 Teneurs en ADF

L'effet du type de pâturage est significatif au cours de la seconde période, les teneurs en ADF étant plus élevées sur le pâturage à *B. ruziziensis* (+ 3,6 % MS,  $P < 0,0001$ ).

L'effet période est significatif sur les deux parcelles. La concentration en ADF diminue sur la parcelle à *B. decumbens* (– 1,1 % MS,  $P < 0,05$ ) alors qu'elle augmente sur la parcelle à *B. ruziziensis* (+ 2,8 % MS,  $P < 0,01$ ), ce qui explique l'interaction 'période\*parcelle' très hautement significative, mise en évidence.

#### 1.4.2.7 Teneurs en ADL

Les teneurs en ADL sont significativement différentes au cours de la seconde période, les teneurs en ADL étant plus élevées sur le pâturage à *B. ruziziensis* (+ 1,2 % MS,  $P < 0,0001$ ).

L'effet période est significatif sur les deux parcelles. La concentration en ADL diminue sur la parcelle à *B. decumbens* (– 0,4 % MS,  $P < 0,05$ ) alors qu'elle augmente sur la parcelle à *B. ruziziensis* (+ 0,7 % MS,  $P < 0,01$ ), ce qui explique l'interaction 'période\*parcelle' très hautement significative, mise en évidence.

#### 1.4.2.8 Digestibilité de la matière organique

La digestibilité de la MO des deux types de fourrages est significativement différente lors de la seconde période, les fourrages prélevés sur la parcelles à *B. decumbens* étant plus digestibles que l'ingéré sur *B. ruziziensis* (+ 4,8 %,  $P < 0,0001$ ).

La digestibilité des fourrages prélevé sur la parcelle à *B. decumbens* est significativement plus élevée durant la seconde période par rapport à la première (+ 3,1 %,  $P < 0,0001$ ).

#### 1.4.2.9 Apports en UF

L'apport en UF est significativement plus élevé (+ 8,65 UF/100 kg MS,  $P < 0,0001$ ) sur la parcelle à *B. decumbens* par rapport à la parcelle à *B. ruziziensis* lors de la seconde période.

Un effet période est observé sur les deux types de pâturage ( $P < 0,01$ ). Sur la parcelle à *B. decumbens*, les apports sont plus élevés, lors de la seconde période (+ 3,6 UF/100 kg MS), alors que c'est l'inverse sur la parcelle à *B. ruziziensis* (– 5,6 UF/100 kg MS), ce qui explique l'interaction 'période\*parcelle' très hautement significative mise en évidence.

Bien que l'interaction 'période\*catégorie' soit significative, aucune différence entre les deux catégories animales n'est mise en évidence.

### 1.4.2.10 Apports en PBD

La différence entre les deux parcelles est significative, les apports en PBD étant moins importants sur la parcelle à *B. ruziziensis*, avec  $- 2,2$  g/100 g MS ( $P < 0,01$ ) en seconde période.

Un effet période est observé sur le pâturage à *B. decumbens*, l'apport étant plus élevé lors de la seconde période ( $+ 1,95$  g/100 g MS,  $P < 0,01$ ).

## 2. Estimation de l'ingestion

### 2.1 Essai en stabulation – Calibration de la SPIR

Le Tableau 19 présente les quantités ingérées, observées et prédites par la méthode SPIR, lors de l'essai en stabulation, réalisé afin d'implémenter la calibration de l'équation de prédiction pour les analyses SPIR ultérieures.

**Tableau 19. Quantité ingérées observées et résultats des prédictions SPIR pour l'essai en stabulation.**

Box	Niveau d'ingestion testé	N	MS ingérée (g /kg PV)		Écart prédit-observé (kg MS)
			Observé	Prédictions SPIR	
1	<i>Ad libitum</i>	2	15,1	17,0	0,55
	Intermédiaire	2	14,3	16,6	0,64
	Entretien	2	12,4	15,2	0,81
2	<i>Ad libitum</i>	2	12,4	19,1	1,02
	Intermédiaire	2	13,6	14,5	0,24
	Entretien	2	14,4	14,9	0,15

Les quantités de MS ingérées par kg de PV mesurées lors de l'essai en stabulation sont inférieures à celles obtenues par la méthode SPIR. Cependant, les écarts prédits sur les mesures sont inférieurs à l'écart de 1,025 kg de MS calculé à partir du l'erreur standard de prédiction (SECV) de l'équation de prédiction. Les valeurs d'ingestion obtenues par la méthode SPIR peuvent donc être utilisées pour le reste de ce travail. Ceci est également confirmé par la comparaison des moyennes des résultats observés et prédits ( $t = 0,0578$ ).

Les caractéristiques du fourrage distribué sont présentées au Tableau 20.

**Tableau 20. Caractéristiques du fourrage distribué lors de l'essai en stabulation.**

Box	Niveau d'ingestion testé	CT (% MS)	MAT (% MS)	CB (% MS)	NDF (% MS)	ADF (% MS)	ADL (% MS)	dMO (%)
1	<i>Ad libitum</i>	8,3	5,8	34,6	64,9	39,3	6,8	62,3
	Intermédiaire	11,1	5,6	33,5	63,6	38,9	6,5	64,4
	Entretien	10,2	5,0	34,7	66,6	39,9	6,8	63,8
2	<i>Ad libitum</i>	9,8	5,2	33,7	65,2	38,8	6,2	62,1
	Intermédiaire	12,8	5,5	32,8	63,9	37,5	6,7	63,3
	Entretien	8,6	5,4	35,6	67,4	41,2	6,8	62,4

## 2.2 Estimation de l'ingestion par la méthode SPIR

Le Tableau 21 présente les valeurs, obtenues à partir de la calibration SPIR, des quantités de matière sèche volontairement ingérées par kg de PM (avec  $PM = PV^{0,75}$ ).

**Tableau 21. Quantités de MS ingérée par kg de PM (MSvi75).**

Période	Type de pâturage	Catégorie	N	MSvi75 (g/kg PM)
1	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	3	71,7b <sup>c¥</sup>
		Réformes	3	66,3 <sup>bc</sup>
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	3	66,1 <sup>bc</sup>
		Réformes	3	61,6 <sup>b</sup>
2	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	3	71,1 <sup>c</sup>
		Réformes	3	68,4 <sup>bc</sup>
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	3	59,0 <sup>ab</sup>
		Réformes	3	66,3 <sup>bc</sup>
ESM				0,96
<b>Sources de variations</b>			<b>ddl</b>	<b>P-valeurs</b>
Parcelle			1	0,0024
Période			1	0,1424
Catégorie			1	0,0543
Parcelle*Période			1	0,6793
Parcelle*Catégorie			1	0,6814
Période*Catégorie			1	0,0725
Parcelle*Période*Catégorie			1	0,2252

¥ : pour une même série, les moyennes qui, au sein d'une même colonne, sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ( $P > 0,05$ )

ESM : erreur standard de la moyenne

N : nombre de répétitions

ddl : nombre de degrés de liberté

Le type de pâturage a un effet significatif sur l'ingestion de MS. Celle-ci est supérieure sur les parcelles à *B. decumbens* par rapport à celles à *B. ruziziensis* (+ 6,1 g/kg PM,  $P < 0,01$ )

L'effet catégorie est marginalement significatif ( $0,05 < P < 0,10$ ) sur les quantités ingérées, la moyenne d'ingestion des bouvillons étant quelque peu supérieure à celle de réformes (+ 1,4 g/kgPM).

### 3. Apports et besoins alimentaires

#### 3.1 Apports énergétiques et protéiques

Remarque préliminaire :

Étant donné le faible nombre d'animaux pesés, les valeurs de GQM obtenues n'étaient pas représentatives du réel gain de poids des animaux. Pour ce faire, des performances permises par les apports ont été calculées et arrondies à la centaine de grammes inférieure car, suite aux différentes contraintes d'élevage (parasitisme, conditions climatiques, ...), les performances seront toujours sub-optimales.

Le Tableau 22 présente l'apport moyen en UF et en PBD au pâturage de même que les performance animales associées à ces apports.

**Tableau 22. Apports moyens du pâturage en énergie et protéines et performances attendues sur les deux parcelles au cours des deux périodes (ET : écart-type).**

Période	Type de pâturage	Catégorie	PV (kg)	Apports				Performances attendues	
				UF		PBD		UF	GQM (g/j)
				Moyenne	ET	Moyenne	ET	Moyenne	Moyenne
1	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	260,8	4,9	0,4	308,2	8,9	2,1	600
		Réformes	302,0	5,5	0,3	346,5	37,7	1,5	400
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	261,7	4,8	0,6	275,9	37,6	2,0	600
		Réformes	304,3	5,0	0,8	287,1	42,6	0,9	200
2	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	260,5	5,5	0,6	486,2	79,0	2,6	700
		Réformes	298,0	5,7	0,5	481,4	74,1	1,7	500
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	263,8	4,4	0,7	296,3	59,3	1,6	400
		Réformes	300,7	5,0	0,4	321,6	16,1	1,0	300

Les besoins énergétiques et protéiques sont toujours couverts pour les deux catégories animales. Pour les bouvillons, les apports permettraient d'atteindre un GQM de 600 g/j, voire 700 g/j sur *B. decumbens*. Cependant, ces valeurs sont moindres en seconde période sur *B. ruziziensis* (400 g/j). Pour les réformes en finition, des gains de poids de 200 à 500 g/j peuvent être attendus.

### 3.2 Apports en minéraux

Les résultats des analyses minérales des fourrages consommés sont repris dans le Tableau 23.

Tableau 23. Limites de carence et apports moyens en minéraux sur les deux types de pâturage en fonction de la période.

			P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	
Limite de carence			2	2	0,7	3,2	0,6	7	45	45	5	
Période	Type de pâturage	Catégorie	g/kg MS					mg/kg MS				
1	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	2,66	3,62	2,37	14,95	0,09	0,99	26,46	162,31	173,82	
		Réformes	2,61	3,70	2,32	15,19	0,07	0,99	26,70	154,09	174,64	
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	2,43	3,78	2,38	14,03	0,08	0,12	31,02	186,67	217,48	
		Réformes	2,50	4,15	2,37	14,03	0,13	0,99	32,21	182,29	214,19	
2	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	2,76	3,01	2,08	18,20	0,09	2,29	29,91	155,05	223,37	
		Réformes	2,60	2,91	2,06	16,88	0,07	1,33	29,49	154,04	180,15	
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	2,67	3,52	2,20	17,80	0,07	2,49	40,83	167,92	279,76	
		Réformes	2,76	3,77	2,31	17,11	0,11	2,49	45,12	160,05	193,86	

En se basant sur une limite de carence exprimée par kg de MS, les apports en P, Ca, Mg, K, Mn et Fe semblent suffisants. La concentration moyenne en Na ( $0,09 \pm 0,02$  g/kg MS) est inférieure à la limite de carence (0,6 g/kg MS). Il en est de même pour le Cu, dont la teneur moyenne s'élève à  $1,65 \pm 0,73$  mg/kg MS pour un seuil minimum requis de 7 mg/kg MS. Quant au Zn, l'apport moyen de  $32,72 \pm 6,72$  mg/kg MS, est également inférieur à la limite de carence (45 mg/kg MS).

Les teneurs en Co, Se et Mo n'ont pas pu être dosées avec précision : les concentrations en Co et Mo étaient inférieures à la limite de détection (respectivement de 0,30 et 0,14 mg/kg MS), tandis que les teneurs en Se se situaient sous le seuil de quantification (0,03 mg/kg MS).

### 3.3 Besoins en minéraux

Le Tableau 24 présente les écarts entre les besoins et les apports en minéraux des animaux sur les deux types de pâturage.

Tableau 24. Écarts journaliers entre les besoins et les apports en éléments minéraux sur les deux types de pâturage en fonction de la période.

Période	Type de pâturage	Catégorie	P	Ca	Mg	K	Na	Cu	Zn	Mn	Fe
			g/jour					mg/jour			
1	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	-26,67	-10,74	-27,59	-194,64	8,48	99,43	307,24	-1931,91	-2777,78
		Réformes	-17,25	-6,11	-16,49	-122,17	5,45	61,24	186,66	-1113,18	-1724,47
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	-27,07	-6,61	-25,41	-167,72	8,11	106,00	224,02	-2166,75	-3217,60
		Réformes	-9,86	-2,25	-7,41	-49,67	2,11	29,79	60,57	-619,28	-923,58
2	<i>Decumbens</i>	Bouvillons	-19,62	-14,65	-26,80	-291,47	9,88	92,35	295,68	-2144,73	-4306,80
		Réformes	-12,02	-7,95	-18,02	-181,48	7,10	75,22	206,60	-1440,80	-2293,18
	<i>Ruziziensis</i>	Bouvillons	-15,09	-6,73	-14,86	-146,49	5,34	46,81	45,71	-1228,55	-2728,16
		Réformes	-13,58	-5,99	-12,47	-108,79	3,84	36,02	-1,10	-888,50	-1465,60

Les apports en Na, Cu et Zn sont insuffisants pour combler les besoins des animaux. À l'inverse, les besoins en P, Ca, Mg, K, Mn et Fe sont toujours satisfaits.

#### 4. Formulation de blocs multi-nutritionnels

Les besoins énergétiques et protéiques étant satisfaits, la complémentation se portera uniquement le déficit en minéraux. Le Tableau 25 présente une formulation minérale de blocs de sel à lécher.

**Tableau 25. Formulation du complément minéral en grammes par jour et en %.**

	<b>Ciment</b>	<b>Na</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
g/j	2,76	9,88	0,160	0,295
	<b>Ciment</b>	<b>Chlorure de sodium</b>	<b>Sulfate de Cu</b>	<b>Carbonate de Zn</b>
g/j	2,76	25,08	0,640	0,567
	<b>Ciment</b>	<b>Chlorure de sodium</b>	<b>Sulfate de Cu</b>	<b>Carbonate de Zn</b>
%	9,50	86,34	2,20	1,95

# Discussion

---

## 1. Relevé floristique

La composition floristique des pâturages artificiels à *Brachiaria Decumbens* et *Ruziziensis* se caractérise par un fourrage bien apprécié. Outre les espèces principales de *Brachiaria* respectives qui dominent le couvert (B% = 44 %, pour les deux parcelles confondues), la légumineuse *Calopogonium mucunoides* est également bien représentée (B% = 24,5), étant utilisée comme plante de couverture de la palmeraie qui était antérieurement présente sur ces terrains (Lecomte, 2010, communication personnelle).

Le couvert végétal des parcelles est peu homogène d'un bloc à l'autre, excepté pour l'association *Brachiaria-Calopogonium*. Ceci est dû à la surreprésentation et la diversité des adventices. Cette diversité peut s'expliquer par la situation géopédologique des parcelles. Les pâturages à *B. decumbens* sont situés en bas-fonds, sur des terrasses inondables avec dépôts alluvionnaires. Par contre, les pâturages à *B. ruziziensis* sont installés sur des versants, les positions hautes étant excessivement drainées et les basses bien drainées. Ces sols sont donc moins fertiles (Lecomte, 2010, communication personnelle). La compétitivité de *Brachiaria* face aux adventices est également à prendre en compte. Bien que *B. decumbens* et *B. ruziziensis* montrent une bonne compétitivité face aux adventices, un couvert dégradé permet aux adventices de s'établir et persister, surtout chez *B. ruziziensis* qui se disperse très lentement à travers la végétation existante (Tropical Forages b ; Miles *et al.*, 1996).

## 2. Comportement alimentaire au pâturage

L'augmentation de la durée d'alimentation en seconde période (+ 42 minutes) peut être liée à la disponibilité de fourrages de qualité sur les parcours. En effet, la durée d'ingestion au pâturage s'accroît lorsque la quantité et la qualité de l'herbe disponible diminuent (Jarrige *et al.*, 1995).

Sur le pâturage à *B. Decumbens*, il semble que ce soit la disponibilité du fourrage en seconde période qui explique l'allongement des activités de broutement, plutôt que la qualité. En effet, les teneurs en constituants pariétaux tendent à rester semblables d'une période à l'autre et la valeur alimentaire s'améliore (augmentation de la digestibilité et des UF). La charge animale de 4,5 UBT/ha sur la pâture a entraîné un surpâturage et restreint la disponibilité du fourrage pour chaque animal (Roberge *et al.*, 1999). Par contre, il n'y a pas de différence de temps de rumination car la teneur en fibres est similaire entre les deux périodes.

Sur la parcelle à *B. Ruziziensis*, c'est la qualité de la ration qui entraîne une durée d'alimentation plus importante. Cette considération est renforcée à la lecture de l'évolution de la composition chimique et de la valeur alimentaire des échantillons de ration prélevés au pâturage (Tableau 18, page 50). Les teneurs en constituants pariétaux (CB, NDF, ADF et ADL) sont en effet plus élevées en seconde période, lorsque le régime des pluies était plus important ; la digestibilité de la MO diminuant lorsque la concentration en fibre augmente (Kaboré-Zoungrana *et al.*, 1999 ; Coleman *et al.*, 2003b). *A contrario*, les valeurs des UF (/100 kg MS) et des PBD (g/100 g MS) diminuent significativement. Ceci entraîne également une augmentation du temps de rumination car la durée de rumination varie dans le même sens que la fibrosité et la teneur en parois des fourrages consommés, donc avec les stades de végétation et la composition morphologique de l'herbe (Jarrige *et al.*, 1995 ; Buxton *et al.*, 1997). Digérer les parois cellulaires des fourrages nécessitera un travail de mastication plus élevé (Assoumaya *et al.*, 2007). Ceci peut également expliquer la différence du temps de rumination entre les deux types de pâturages, les teneurs en cellulose et en fibres étant significativement différentes en seconde période.

### **3. Composition botanique, chimique et valeur alimentaire de l'ingéré au pâturage.**

#### **3.1 Composition Botanique**

Les animaux consomment principalement les espèces de *Brachiaria*. Les index de sélectivité de *B. decumbens* et *B. ruziziensis* sont à chaque fois positifs, ce qui indique une préférence pour ces espèces par rapport aux autres ressources disponibles. Ceci peut s'expliquer par la forte représentation de ces deux espèces au sein du pâturage et leur qualité fourragère, avec une valeur alimentaire et une digestibilité supérieure aux autres graminées tropicales pour un même stade phénologique (Miles *et al.*, 1996) ; les animaux consommant en priorité les plantes les plus appréciées (Boudet, 1991), *B. decumbens* et *B. ruziziensis* étant des fourrages bien appréciés (Miles *et al.*, 1996 ; Tropical Forages a et b). Bien que considérée comme étant d'une appétence modérée, les animaux consomment également *Calopogonium mucunoides* afin de couvrir leurs besoins azotés, les teneurs moyennes en protéines étant de 16,7 % (Skerman *et al.*, 1988).

## **3.2 Composition chimique et valeur alimentaire**

### **3.2.1 Parcelle à *Brachiaria decumbens***

Sur la parcelle à *B. decumbens*, les teneurs en MS et les concentrations en constituants pariétaux (cellulose, NDF, ADF et ADL) de l'ingéré tendent à diminuer de la première à la seconde période alors que la concentration en MAT augmente. Cette diminution correspond à un rajeunissement de la végétation suite aux pluies, ce qui se traduit par une meilleure valeur alimentaire, la dMO, les UF et les PBD étant plus élevées. D'autre part, la concentration en MAT augmente, ce qui concorde avec les propos d'Assoumaya *et al.* (2007) et Arroquy *et al.* (2005), mettant en évidence une corrélation négative entre la teneur en MAT et celles en constituants pariétaux.

L'augmentation de la digestibilité de la MO de la première à la seconde période s'explique par les différences de concentrations en constituants pariétaux. En effet, la digestibilité de la MO est très dépendante des teneurs en parois non digérées (NDF) (Kaboré-Zoungana *et al.*, 1999 ; Coleman *et al.*, 2003b).

L'apport en UF (/100 kg MS) est maximal sur la parcelle à *B. decumbens*, en seconde période. Cette observation peut s'expliquer par la diminution en cellulose de la ration consommée. L'apport en MAT plus important en seconde période se traduit par un taux en PBD (g/100 g MS) plus élevé.

### **3.2.2 Parcelle à *Brachiaria ruziziensis***

Sur la parcelle à base de *B. ruziziensis*, les concentrations en constituants pariétaux (cellulose, ADF et ADL) augmentent de la première à la seconde période, entraînant une différence significative des teneurs en constituants pariétaux entre les deux pâturages au cours de la seconde période. Ceci peut s'expliquer par la stratégie de reproduction de *B. ruziziensis*, les individus montant en épi au même moment afin de produire une importante quantité de graines (Tropical Forages b), entraînant une rapide lignification (Michiels *et al.*, 2000). Ceci a pour effet de diminuer les apports en UF de la première à la seconde période.

La digestibilité de la MO diminue également suite aux teneurs en fibres plus élevées (Kaboré-Zoungana *et al.*, 1999 ; Coleman *et al.*, 2003b).

## 4. Estimation de l'ingestion

### 4.1.1 Parcelle à *Brachiaria decumbens*

Les différences d'ingestion observées (g MS/ kg PM) entre les deux types de pâturage, et ce indépendamment de la période, peuvent être liées à la valeur nutritive et à la digestibilité des ressources fourragères, comme l'ont rapporté Ramirez (1999) et Richard *et al.* (1988).

L'ingestion plus importante sur *B. Decumbens* peut être expliquée par les teneurs en protéines plus élevées de la ration prélevée au pâturage, la teneur en constituants pariétaux plus faible et la meilleure digestibilité de la MO. Tegenen Negesse *et al.* (2001) et Boval *et al.* (2004) ont démontré que l'ingestion est plus importante si la teneur en protéines du fourrage est plus élevée. Quant aux teneurs en constituants pariétaux, elles conditionnent étroitement le niveau d'ingestion, la proportion de fibres indigestibles dans l'alimentation et le temps de rétention de ces fibres dans le rumen (Minson, 1990). Les teneurs en NDF sont inversement proportionnelles aux quantités ingérées car les fibres comblent le rumen et donnent un effet de remplissage (Beauchemin, 1996). L'encombrement du rumen est donc significativement et positivement influencé par la teneur en NDF de la ration (Coleman *et al.*, 2003b ; Assoumaya *et al.*, 2007).

### 4.1.2 Parcelle à *Brachiaria ruziziensis*

Les quantités de matière sèche ingérées les plus faibles sont observées sur les pâturages à base de *B. ruziziensis* lors de la seconde période, moment où les pluies sont revenues, et sont liées aux modifications de la capacité d'ingestion suite à un effet d'encombrement important par des fourrages plus fibreux et humides (Roberge *et al.*, 1999) et suite à la diminution de la dMO entraînée par des teneurs en constituants pariétaux plus élevées (Kaboré-Zoungana *et al.*, 1999).

### 4.1.3 Essai en stabulation

Afin de permettre le calibrage de la méthode SPIR, un essai en stabulation a été réalisé. Toutefois, les quantités ingérées étaient plus faibles que celles au pâturage. Ceci est d'abord dû au stress des animaux, qui ne sont pas habitués à vivre en claustration, et voient donc leur niveau d'ingestion diminuer. Cette différence s'explique également par la plus faible concentration en MAT et la teneur en constituants pariétaux supérieure du fourrage distribué (*Brachiaria ruziziensis*) par rapport au fourrage pâturé. Or, selon Tegenen Negesse *et al.* (2001) et Boval *et al.* (2004), une teneur en protéines du fourrage plus élevée engendre une ingestion plus importante. D'autre part, la teneur en NDF plus élevée crée un plus grand

encombrement du rumen (Coleman *et al.*, 2003b ; Assoumaya *et al.*, 2007). Ceci explique pourquoi les différents niveaux d'ingestion testés afin d'amener de la variation dans la base de calibration et d'affiner cette dernière donnent des résultats similaires, l'encombrement du rumen étant plus rapidement atteint.

Enfin, l'augmentation des teneurs en parois végétales au cours du cycle de développement, entraîne une diminution de la dMO. Cette diminution de la digestibilité entraîne une diminution de l'ingestion (Kaboré-Zoungana *et al.*, 1999). Les références ainsi constituées sont dès lors moins représentatives des conditions rencontrées au pâturage, mais ont permis de confirmer les valeurs obtenues par la méthode SPIR sans pour autant permettre d'améliorer les prédictions.

## 5. Couverture des besoins au pâturage

### 5.1 Couverture des besoins en énergie et protéines

Les régimes consommés sur les deux types de pâturages permettent de satisfaire les besoins en UF et en PBD au cours des deux périodes.

Les performances de croissance théoriques autorisées, sur base de la mesure des apports alimentaires quotidiens (5,2 UF sur *B. Decumbens* et 4,6 sur *B. ruziziensis*), s'élèvent à 600-700 g/j, en particulier sur *B. Decumbens*, pour un bouvillon d'un PV moyen de 260 kg. En seconde période, alors que les apports sur *B. ruziziensis* ont diminué, les apports énergétiques restent suffisant que pour permettre un GQM théorique de 400 g/j.

Ces résultats peuvent être comparés à ceux de Baele (2009), obtenus sur 6 jeunes bœufs âgés de 1 à 4 ans, pâturant sur les parcours naturels des plateaux des Batéké exploités en extensif, composés principalement des espèces suivantes : *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Stapf, *Loudetia arundinaceae* (A. Rich) Steud., *Loudetia simplex* (Nees) C.E. Hubb. et *Melinis repens* (Willd.) Zizka.

En saison sèche, les performances permises, pour des animaux d'un PV moyen de 282 kg, sont de 327 g/j, avec un apport moyen de 4,43 UF. Au début de la saison des pluies, pour des animaux d'un PV moyen de 327 kg, les performances attendues sont de 564 g/j avec un apport moyen de 5,02 UF. Par contre, en saison des pluies, un déficit énergétique est observé (apports de 3,05 UF), la diminution de la valeur alimentaire étant trop importante que pour assurer la croissance des bovins.

Cette comparaison entre parcours naturels et artificiels met en évidence l'intérêt agronomique de *Brachiaria*. Ces pâturages fournissent en effet un fourrage de haute valeur alimentaire, très apprécié des ruminants, qui comble les besoins énergétiques et protéiques tout au long de l'année, et permettent de meilleures performances zootechniques, en particulier pour *B. decumbens*, par rapport à d'autres espèces tropicales (Miles *et al.*, 1996).

## **5.2 Couvertures des besoins en minéraux**

Les apports en minéraux en Na, Cu et Zn sont insuffisants pour combler les besoins des animaux. Cette carence est confirmée par Meschy (2010) et IEMVT-CIRAD (1990b), selon qui, les apports en sodium et en oligoéléments (Cu et Zn en premier lieu) sont presque toujours insuffisants pour des animaux au pâturage (milieux tempérés et tropicaux). Ceci correspond aux propos de IEMVT-CIRAD (1990a) et Rivière (1991), déclarant que les apports alimentaires en sodium des fourrages tropicaux sont pratiquement toujours insuffisants. Quant aux besoins en Cu, ils sont rarement couverts avec des graminées tropicales, notamment en saison sèche (Rivière, 1991). Enfin, des interactions entre le zinc et d'autres éléments minéraux (calcium et magnésium) diminuent l'assimilation du zinc et accroissent les besoins. C'est pour cette raison que les normes conseillées sont relativement élevées (Rivière, 1991) et que les teneurs en zinc sont le plus souvent inférieures à la limite de carence dans les fourrages tropicaux (Underwood *et al.*, 1999).

Bien que le Co et le Se n'aient pu être dosés, il est probable que l'apport soit suffisant et permette de couvrir les besoins de 0,1 mg/kg MS. D'ailleurs, selon Rivière (1991), les animaux trouvent dans leur ration assez de Co pour satisfaire leur besoin en cet élément et les végétaux contiennent toujours du Se, les concentrations étant essentiellement fonction de la richesse du sol en cet élément.

Même si le phosphore est généralement l'élément limitant sur les pâturages tropicaux (IEMVT-CIRAD, 1990a ; Meschy, 2010), les animaux arrivent à améliorer leur régime par la consommation de dicotylédones (IEMVT-CIRAD, 1990a) et ainsi satisfaire leurs besoins en P, les teneurs en P de *Calopogonium mucunoides* étant de 0,16 % de la MS (Skerman *et al.*, 1988). Cependant, le climat et le stade de végétation des graminées étant des facteurs importants de la variation de la concentration en phosphore (Meschy, 2010), il se pourrait que les apports en P ne puissent plus satisfaire les besoins à certaines périodes.

Les légumineuse ayant des teneurs en Ca supérieures à celles des graminées (Meschy, 2010), les apports positifs en Ca peuvent s'expliquer par la présence de *Calopogonium mucunoides*, qui contient 1 g/kg MS de Ca (Skerman *et al.*, 1988).

## 6. Formulation de blocs multi-nutritionnels

Une seule formulation a été établie pour l'ensemble des pâturages afin de rendre la mise en pratique de la complémentation plus aisée, mais cela entraîne des excès en minéraux au cours de certaines périodes suivant la parcelle. Ces excès mènent à un coût supplémentaire mais ne provoquent pas d'effets toxiques car les ruminants peuvent tolérer des apports alimentaires en sel élevés s'ils ont un libre accès à l'eau de boisson (Meschy, 2010) et les seuils de toxicité du cuivre et du zinc sont respectivement de 30 et 250 mg/kg MS (Underwood *et al.*, 1999 ; Meschy, 2010).

## 7. Difficultés rencontrées

Lors de l'étude du comportement alimentaire au pâturage, une observation visuelle d'une minute par animal ne permettait pas toujours d'enregistrer le début et la fin d'une période de rumination ou de repos, entraînant ainsi des erreurs dans le recensement des données de pratiques alimentaires. L'utilisation d'un système d'enregistrement automatique aurait permis une étude plus précise et plus aisée du comportement des animaux au pâturage, mais aurait certainement été difficile à mettre en place dans un contexte de recherches en milieu tropical.

D'autres parts, les échantillons de fourrages prélevés par la technique de la collecte du berger reflètent la tendance générale de la consommation des animaux mais ne correspondent pas au fourrage réellement prélevé par l'animal.

Une prolongation des observations en saison pluvieuse permettrait peut-être de distinguer des différences plus significatives entre les deux espèces de *Brachiaria* et entre la saison sèche et la saison des pluies afin de confirmer les résultats et éventuellement procéder à différentes formulations de blocs à lécher suivant le type de pâturage et la saison.

Enfin, il aurait été plus pertinent de pouvoir étudier les deux types de pâturages en même temps et non pas en différé, une période de plus de 10 jours séparant le début des observation sur une parcelle du début sur l'autre parcelle, les caractéristiques végétales pouvant rapidement changer, les graminées tropicales ayant une maturation rapide (Assoumaya *et al.*, 2007).

# Conclusion générale et perspectives

---

Cette travail a permis d'observer le comportement alimentaire au pâturage des animaux ainsi que de déterminer les apports en énergie, protéines et minéraux des pâturages artificiels composés de *Brachiaria decumbens* et *ruziziensis*.

Il en ressort que les pâturages à *Brachiaria* fournissent un fourrage d'une bonne valeur alimentaire et bien appété qui permet de satisfaire les besoins énergétiques et protéiques au cours des deux périodes pour l'ensemble des animaux et d'obtenir de bonnes performances zootechniques pour le milieu tropical, l'apport prélevé sur les deux types de pâturages permettant un gain de poids supérieur à celui des pâturages naturels.

Les besoins de complémentation seront alors limités au minéraux. Les apports en P, Ca, Mg, K, Mn et Fe étant suffisants, seuls le Na, Cu et Zn devront être ajoutés à la formulation du complément.

Si les deux espèces de *Brachiaria* donnent toutes les deux de bons résultats, *B. decumbens* semble plus avantageuse sur certains points, tolérant des sols peu fertiles et se développant plus facilement. La valeur alimentaire et les gains de poids enregistrés sont également supérieurs aux valeurs obtenues avec *B. ruziziensis* (Miles *et al.*, 1996), cette différence entre *B. decumbens* et *B. ruziziensis* étant bien marquée en seconde période.

L'amélioration des pâturages tropicaux semble dès lors une pratique intéressante pour l'intensification de l'élevage tropical. Si les pâturages artificiels permettent d'élever des animaux présentant de bonnes performances sur une surface réduite (Vanderwaeren *et al.*, 1976), d'autres réussites d'amélioration de cultures ont également été enregistrées, telles les cultures d'*Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* en région soudano-sahélienne (Buldgen *et al.*, 1997) et de *Panicum maximum* au Sénégal (Roberge *et al.*, 1999).

La transformation des prairies naturelles en pâturages artificiels autour de Kolo peut donc continuer partout où l'accès à la mécanisation est possible. Cependant, les observations ont été menées sur des animaux en finition. Or, la société possède également des troupeaux de reproduction sur les parcours à *Brachiaria*, il serait donc intéressant de s'assurer que les apports du pâturage satisfassent également les besoins, afin de garantir une bonne fertilité et une bonne reproduction des animaux.

Par contre, les relevés floristiques indiquent une forte occurrence des plantes annexes. Les parcelles à *Brachiaria* tendent à se détériorer. Une attention toute particulière à l'envahissement d'espèces indigènes doit donc être apportée afin d'éviter que les graminées cultivées soient dominées par les adventices, entraînant une perte des zones pâturables.

# Références bibliographiques

---

- Agreil C. & Meuret M., 2004. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. *Small Ruminant Res.*, **54**, 93-113.
- Arroquy J.I. *et al.*, 2005. Effect of level of rumen degradable protein and type of supplemental non-fiber carbohydrate on intake and digestion of low-quality grass hay by beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, **115**, 83-99.
- Assoumaya C., Sauvant D. & Archimède H., 2007. Étude comparative de l'ingestion et de la digestion des fourrages tropicaux et tempérés. *INRA Prod. Anim.*, **20**(5), 383-392.
- Audru J. *et al.*, 1988. *L'herbe du Laos : Synthèse des connaissances actuelles sur la plante et sur les moyens de lutte*. Montpellier : Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux.
- Baele, 2009. *Étude des apports et des possibilités de complémentation (énergie, matières azotées, matières minérales et oligoéléments) des pâturages des plateaux des Batéké exploités en extensif par des moutons et des taurillons en finition*. Travail de fin d'études. Gembloux, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques.
- Baumont R., Prache S., Meuret M. & Morand-Fehr P., 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Prod. Sci.*, **64**, 15-28.
- Beauchemin K. A., 1996. Using ADF and NDF in dairy cattle diet formulation – a western Canadian perspective. *Animal Feed Science Technology*, **58**, 101-111.
- Ben Salem H. & Nefzaoui A., 2003. Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. *Small Ruminant Research*, **49**, 275-288.
- Bertrand D., 2002. La spectroscopie proche infrarouge et ses applications dans les industries de l'alimentation animale. *INRA Prod. Anim.*, **15**(3), 209-219.
- Boudet G., 1991. *Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères*. Paris : La Documentation Française.
- Boval M. *et al.*, 1996. Évaluation d'indicateurs fécaux pour prédire la digestibilité et les quantités ingérées de *Dichanthium* sp. par des bovins créoles. *Ann. Zootech.*, **45**, 121-134.

- Boval M., Coates D.B. , Lecomte P., Decruyenaere V. & Archimède H., 2004. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. *Animal Feed Science and Technology*, **114**, 19-29.
- Buldgen A. & Dieng A., 1997. *Andropogon gayanus var. bisquamulatus. Une culture fourragère pour les régions tropicales*. Gembloux : Les Presses Agronomiques de Gembloux.
- Buxton D.R. & Redfearn D.D., 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *J. Nutr.*, **127**, 814-818.
- Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Ministère des Affaires étrangères & Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET), 2002. *Mémento de l'agronome*. Montpellier : CIRAD ; Paris : GRET.
- Champion R.A., Rutter S.M. & Penning P.D., 1997. An automatic system to monitor lying, standing and walking behaviour of grazing animals. *Applied Animal Behaviour Science*, **54**, 291-305.
- Cirades, 2005. La culture fourragère à base de *Panicum maximum*. *Production animale en Afrique de l'Ouest*, **15**, 1-8.
- Coleman S.W. & Moore J.E., 2003a. Feed quality and animal performance. *Field Crops Res.*, **84**, 17-29.
- Coleman S.W, Hart S.P. & Sahlu T., 2003b. Relationships among forage chemistry, rumination and retention time with intake and digestibility of hay by goats. *Small Ruminant Research*, **50**, 129-140.
- Coppenet M. & Simon J.C., 1984. Sur les teneurs en éléments minéraux des graminées fourragères. Possibilités d'amélioration génétique. *Fourrages*, **97**, 17-33.
- Crowder L.V. & Chheda H.R., 1982. *Tropical grassland husbandry*. UK: Longman.
- De Boever J.L., Cottyn B.G., De Brabander D.L., Vanacker J.M. & Boucque C.V., 1996. Prediction of the feeding value of grass silages by chemical parameters. In vitro digestibility and near-infrared reflectance spectroscopy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **60**, 103-116.

- Decruyenaere V. *et al.*, 2009. Evaluation of green forage intake and digestibility in ruminants using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) : developing a global calibration. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **148**, 138-156.
- De Vries D.M., 1948. Method and survey of the characterization of Dutch grasslands. *Vegetatio*, **1**, 51-57.
- Dumont B. & Boissy A., 1999. Relations sociales et comportement alimentaire au pâturage. *INRA prod. Anim.*, **12**(1), 3-10.
- Frère P., Lecomte P. & Renard J.F., 1984. *L'élevage du bovin N'dama au Bas-Zaïre, milieu, agrostologie, zootechnie.*
- Greene L.W., 2000. Designing mineral supplementation of forage programs for beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **77**, 1-9.
- Gordon I.J., 1995. Animal-based techniques for grazing ecology research. *Small Ruminant Research*, **16**, 203-214.
- Kaboré-Zoungrana C., Toguyeni A. & Sana Y., 1999. Ingestibilité et digestibilité chez le mouton des foins de cinq graminées tropicales. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **52**(2), 147-153.
- Kent M. & Coker P., 1994. *Vegetation description and analysis. A practical approach.* Chichester: Wiley.
- Hassoun P. & Bâ A.A., 1990. Mise au point d'une technique de fabrication de blocs multi-nutritionnels sans mélasse. *Livestock Research for Rural Development*, **2**(2). <http://www.lrrd.org/lrrd2/2/hassoun.htm> (9/7/2010).
- Havard Duclos B., 1952. *Pâturages et fourrages tropicaux – Fascicule 1 : pâturages tropicaux.* Paris : La Maison rustique.
- Holloway J.W., Estell. R.E., Butts W.T., 1981. Relationships between fecal components and forage consumption and digestibility. *J. Anim. Sci.*, **2**, 836–848.
- IEMVT-CIRAD, 1990a. La complémentation minérale. *Fiches techniques d'Élevage Trop.*, **9**, 1-12.
- IEMVT-CIRAD, 1990b. La complémentation minérale – Les produits. *Fiche Techniques d'Élevage Trop.*, **12**, 1-12.

- Jarrige R. *et al.*, 1995. *Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion*. Paris : INRA.
- Mc Dowell L.R., 1985. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Orlando: Academic Press.
- Mc Dowell L.R., 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **60**, 247-271.
- Menke K.H. & Steingass H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.*, **28**, 7-55.
- Meschy, 2010. *Nutrition minérale des ruminants*. Versailles : Éditions Quæ.
- Michiels B., Babatoundé S., Dahouda M., Chabi S.L.W. & Buldgen A., 2000. Botanical composition and nutritive value of forage consumed by sheep during the rainy season in a Sudano-guinean savanna (central Benin). *Tropical Grass.*, **34**, 43-47.
- Miles J. W., Maass B. L., do Valle C. B. & Kumble V., 1996. *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (Colombie), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brésil).  
[http://books.google.be/books?id=dMF6QpfVdjMC&dq=Brachiaria:+Biology,+Agronomy+and+Improvement&printsec=frontcover&source=bl&ots=\\_5AYRzd1Y5&sig=Oim5ahEjEfs7ZWq\\_itDr0ZBUtgE&hl=fr&ei=Ape0SoTiOKag4gbb1fF8&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q&f=false](http://books.google.be/books?id=dMF6QpfVdjMC&dq=Brachiaria:+Biology,+Agronomy+and+Improvement&printsec=frontcover&source=bl&ots=_5AYRzd1Y5&sig=Oim5ahEjEfs7ZWq_itDr0ZBUtgE&hl=fr&ei=Ape0SoTiOKag4gbb1fF8&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q&f=false) (17/5/09).
- Minson D.J. & Mc Donald C.K., 1987. Estimating forage intake from the growth of beef cattle. *Tropical Grass.*, **21**, 116-122.
- Minson D.J., 1990. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press.
- Okezie Akobundu I. & Agyakwa C.W., 1989. *Guides des adventices d'Afrique de l'Ouest*. Ibadan : Institut international d'agriculture tropicale.
- Quarré P., 1950. *Amélioration des pâturages naturels et création de pâturages artificiels au Katanga*. Élisabethville : Comité Spécial du Katanga.
- Rakotoarimanana V. & Grouzis M., 2008. Effets à court terme du feu et du pâturage sur la qualité fourragère d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar. *Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **2**, 81-88.

- Ramirez R.G.,1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Ruminant Res.*, **34**, 215-230.
- Richard D., Friot D., Guerin H. & Roberge G.,1987. L'ingestibilité des graminées fourragères cultivées en zone tropicale. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **27**(1b), 195-196.
- Rivière R., 1991. *Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical*. Paris : La Documentation Française.
- Roberge G. & Toutain B., 1999. *Cultures fourragères tropicales*. Montpellier : Cirad.
- Schlecht E. *et al.*, 2006. A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **113**, 226–242.
- Skerman P.J., Cameron D.G. & Riveros F., 1988. *Tropical forage legumes*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 't Mannelje L. & Jones R.M., 1992. *Plant resources of South-East Asia*. Wageningen: Pudoc Scientific Publishers.
- Tegene Negesse, Rodehutsord M. & Pfeffer E., 2001. The effect of dietary crude protein level on intake, growth, protein retention and utilization of growing male Saanen kids. *Small Ruminant Research*, **39**, 243-251.
- Théwis A, Bourbouze A., Compère R., Duplan J.-M. & Hardouin J., 2005. *Manuel de zootechnie comparée Nord-Sud*. Paris : INRA éditions.
- Underwood E.J. & Suttle N.F., 1999. *The mineral nutrition of livestock*. 3<sup>e</sup> éd. U.K.: CAB International.
- Vanderwaeren J. & Wissocq G., 1976. *Principes et méthodes d'exploitation, d'organisation, de gestion d'un élevage industriel de Bovidés de race Ndama en Afrique Centrale*. Bruxelles – Kolo : JVL.

#### Sites internet

- Cirad : <http://malherbologie.cirad.fr/Advenrun/especes/s/sidac/sidac.html> (10/5/10)
- FAO a : <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/GBASE/data/pf000236.htm> (10/5/10)
- FAO b : <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/gbase/data/pf000278.htm> (10/5/10)
- FAO c : <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/AFRIS/Fr/Data/161.htm> (14/5/10)

- FAO d : <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000011.htm> (10/5/10)
- FAO e : <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=1478> (10/5/10)
- Tropical Forages a :  
[http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria\\_decumbens.htm](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria_decumbens.htm)  
(30/10/09)
- Tropical Forages b :  
[http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria\\_ruziziensis.htm](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria_ruziziensis.htm)  
(30/10/09)
- Tropical Forages c :  
[http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Panicum\\_maximum.htm](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Panicum_maximum.htm)  
(15/5/10)
- Tropical Forages d :  
[http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Calopogonium\\_mucunoides.htm](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Calopogonium_mucunoides.htm)  
(10/5/2010)

# Annexes

Annexe 1 : Comportement alimentaire au pâturage.

**Tableau A1.1. Comportement alimentaire au pâturage des animaux suivis sur les parcelles Kinsala et Luwo durant la première période.**

Période	Parcelle	Catégorie	Alimentation	Rumination	Repos
			Minutes	Minutes	Minutes
1	Kinsala 1	Bouvillon 1	310,0	80,0	120,0
		Bouvillon 2	300,0	100,0	110,0
		Bouvillon 3	270,0	100,0	140,0
		Réforme 4	280,0	110,0	120,0
		Réforme 5	320,0	70,0	120,0
		Réforme 6	330,0	80,0	100,0
	Kinsala 2	Bouvillon 1	350,0	70,0	90,0
		Bouvillon 2	310,0	100,0	100,0
		Bouvillon 3	250,0	110,0	150,0
		Réforme 4	310,0	100,0	100,0
		Réforme 5	290,0	100,0	120,0
		Réforme 6	310,0	70,0	130,0
	Kinsala 3	Bouvillon 1	370,0	70,0	70,0
		Bouvillon 2	320,0	80,0	110,0
		Bouvillon 3	300,0	100,0	110,0
		Réforme 4	320,0	80,0	110,0
		Réforme 5	330,0	60,0	120,0
		Réforme 6	260,0	60,0	190,0
	Luwo 1	Bouvillon 1	270,0	105,0	135,0
		Bouvillon 2	280,0	60,0	170,0
		Bouvillon 3	300,0	70,0	140,0
		Réforme 4	290,0	60,0	160,0
		Réforme 5	260,0	80,0	170,0
		Réforme 6	320,0	70,0	120,0
	Luwo 2	Bouvillon 1	280,0	100,0	130,0
		Bouvillon 2	290,0	110,0	110,0
		Bouvillon 3	260,0	130,0	120,0
		Réforme 4	250,0	140,0	120,0
		Réforme 5	250,0	110,0	150,0
		Réforme 6	250,0	140,0	120,0
Luwo 3	Bouvillon 1	290,0	90,0	130,0	
	Bouvillon 2	290,0	80,0	140,0	
	Bouvillon 3	270,0	90,0	150,0	
	Réforme 4	260,0	90,0	160,0	
	Réforme 5	250,0	80,0	180,0	
	Réforme 6	280,0	100,0	130,0	

**Tableau A1.2. Comportement alimentaire au pâturage des animaux suivis sur les parcelles Kinsala et Luwo durant la seconde période.**

Période	Parcelle	Catégorie	Alimentation	Rumination	Repos
			Minutes	Minutes	Minutes
2	Kinsala 1	Bouvillon 1	300,0	120,0	90,0
		Bouvillon 2	310,0	80,0	120,0
		Bouvillon 3	290,0	100,0	120,0
		Réforme 4	330,0	120,0	60,0
		Réforme 5	290,0	100,0	120,0
		Réforme 6	320,0	110,0	80,0
	Kinsala 2	Bouvillon 1	330,0	110,0	70,0
		Bouvillon 2	350,0	80,0	80,0
		Bouvillon 3	310,0	140,0	60,0
		Réforme 4	360,0	90,0	60,0
		Réforme 5	340,0	40,0	130,0
		Réforme 6	360,0	80,0	70,0
	Kinsala 3	Bouvillon 1	250,0	90,0	170,0
		Bouvillon 2	390,0	60,0	60,0
		Bouvillon 3	350,0	110,0	50,0
		Réforme 4	390,0	100,0	20,0
		Réforme 5	370,0	70,0	70,0
		Réforme 6	450,0	40,0	20,0
	Luwo 1	Bouvillon 1	330,0	110,0	70,0
		Bouvillon 2	360,0	80,0	70,0
		Bouvillon 3	300,0	120,0	90,0
		Réforme 4	320,0	90,0	100,0
		Réforme 5	340,0	90,0	80,0
		Réforme 6	370,0	90,0	50,0
Luwo 2	Bouvillon 1	380,0	110,0	20,0	
	Bouvillon 2	390,0	80,0	40,0	
	Bouvillon 3	320,0	120,0	70,0	
	Réforme 4	400,0	60,0	50,0	
	Réforme 5	330,0	80,0	100,0	
	Réforme 6	360,0	110,0	40,0	
Luwo 3	Bouvillon 1	320,0	170,0	20,0	
	Bouvillon 2	310,0	130,0	70,0	
	Bouvillon 3	240,0	180,0	90,0	
	Réforme 4	280,0	150,0	80,0	
	Réforme 5	240,0	140,0	130,0	
	Réforme 6	300,0	180,0	30,0	

Annexe 2 : Composition du régime sélectionné par les animaux.

**Tableau A2.1. Composition du régime sélectionné (%) sur les parcelles de Kinsala lors de la première période.**

Parcelle	Catégorie	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Chromolaena odorata</i>	<i>Boraginaceae</i> sp.	<i>Carex</i> sp.	<i>Sporobolus pyramidalis</i>
Kinsala 1	Bouvillon 1	82,7	7,9	2,8	5,1	0,0	0,0	1,5	0,0
	Bouvillon 2	83,1	11,6	3,8	0,8	0,0	0,0	0,8	0,0
	Bouvillon 3	83,0	5,8	2,5	4,3	1,9	0,0	2,5	0,0
	Réforme 4	75,2	13,0	4,4	2,8	0,0	1,9	2,8	0,0
	Réforme 5	87,6	3,0	2,0	3,7	0,0	0,0	2,0	1,7
	Réforme 6	81,1	8,8	7,4	1,8	0,0	0,0	0,9	0,0
Kinsala 2	Bouvillon 1	78,0	2,0	14,5	5,3	0,3	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 2	82,1	3,5	5,6	8,5	0,4	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 3	67,4	7,2	12,3	8,9	4,3	0,0	0,0	0,0
	Réforme 4	81,1	4,7	6,7	7,1	0,4	0,0	0,0	0,0
	Réforme 5	80,3	4,4	7,2	7,7	0,4	0,0	0,0	0,0
	Réforme 6	66,1	2,5	22,6	8,5	0,4	0,0	0,0	0,0
Kinsala 3	Bouvillon 1	96,9	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 2	97,8	2,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 4	99,2	0,3	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0
	Réforme 5	98,6	0,8	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0
	Réforme 6	99,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,0

Tableau A2.2. Composition du régime sélectionné (%) sur les parcelles de Kinsala lors de la seconde période.

Parcelle	Catégorie	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Chromolaena odorata</i>	<i>Boraginaceae</i> sp.	<i>Carex</i> sp.
Kinsala 1	Bouvillon 1	96,1	0,2	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0
	Bouvillon 2	92,7	3,1	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0
	Bouvillon 3	91,2	2,0	3,0	0,0	3,7	0,0	0,0
	Réforme 4	93,9	3,1	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0
	Réforme 5	92,6	0,2	0,0	0,2	5,4	0,0	1,7
	Réforme 6	86,9	8,1	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0
Kinsala 2	Bouvillon 1	77,5	3,2	16,0	3,3	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 2	88,5	2,7	3,0	2,8	3,0	0,0	0,0
	Bouvillon 3	71,8	4,7	21,2	0,7	1,7	0,0	0,0
	Réforme 4	91,2	3,6	3,0	2,2	0,0	0,0	0,0
	Réforme 5	84,2	14,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
	Réforme 6	84,0	11,2	2,6	0,0	0,0	2,3	0,0
Kinsala 3	Bouvillon 1	76,0	18,8	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 2	82,1	14,0	1,4	0,0	2,6	0,0	0,0
	Bouvillon 3	75,5	4,4	17,3	0,0	2,8	0,0	0,0
	Réforme 4	84,3	5,7	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 5	75,1	8,9	10,9	0,0	5,1	0,0	0,0
	Réforme 6	76,4	11,1	9,8	0,0	2,8	0,0	0,0

**Tableau A2.3. Composition du régime sélectionné (%) sur les parcelles de Luwo lors de la première période.**

Parcelle	Catégorie	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Panicum maximum</i>	Autres graminées
Luwo 1	Bouvillon 1	98,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 2	99,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 3	98,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 4	99,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 5	99,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 6	99,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Luwo 2	Bouvillon 1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 2	92,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Bouvillon 3	95,2	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 4	95,5	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 5	96,9	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Réforme 6	95,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Luwo 3	Bouvillon 1	81,4	6,9	0,0	0,0	1,3	10,4
	Bouvillon 2	81,3	5,2	0,0	0,0	0,0	13,6
	Bouvillon 3	85,1	2,7	0,0	0,0	5,2	7,0
	Réforme 4	86,1	9,8	0,0	0,0	0,0	4,2
	Réforme 5	81,4	6,1	0,0	0,0	1,7	10,8
	Réforme 6	86,4	9,0	0,0	0,0	4,6	0,0

**Tableau A2.4. Composition du régime sélectionné (%) sur les parcelles de Luwo lors de la seconde période.**

Parcelle	Catégorie	<i>Brachiaria ruziziensis</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>	<i>Panicum maximum</i>	<i>Chromolaena odorata</i>
Luwo 1	Bouvillon 1	85,3	12,8	0,0	1,9
	Bouvillon 2	91,7	8,3	0,0	0,0
	Bouvillon 3	90,1	6,5	0,0	3,3
	Réforme 4	89,6	7,6	0,0	2,8
	Réforme 5	91,0	7,3	0,0	1,7
	Réforme 6	92,3	7,7	0,0	0,0
Luwo 2	Bouvillon 1	87,1	7,8	5,1	0,0
	Bouvillon 2	84,7	12,2	3,0	0,0
	Bouvillon 3	82,5	8,0	9,5	0,0
	Réforme 4	88,9	5,2	6,0	0,0
	Réforme 5	80,3	18,2	1,5	0,0
	Réforme 6	81,2	14,0	4,8	0,0
Luwo 3	Bouvillon 1	77,2	21,4	1,4	0,0
	Bouvillon 2	83,3	15,0	0,0	1,7
	Bouvillon 3	77,4	13,2	9,4	0,0
	Réforme 4	77,1	8,3	14,6	0,0
	Réforme 5	79,9	11,9	8,2	0,0
	Réforme 6	76,5	23,5	0,0	0,0

Annexe 3 : Résultats des analyses de référence et des prédictions SPIR sur 8 échantillons de fourrages.

Échantillon	Méthode	CT	CB	MAT	dMO	MS
5	Référence	9,64	30,94	9,64	57,21	92,35
	SPIR	7,73	31,39	10,35	49,11	93,03
20	Référence	10,38	36,62	6,99	52,27	92,93
	SPIR	7,76	35,64	7,45	56,85	93,36
25	Référence	10,87	33,66	8,99	51,05	91,18
	SPIR	11,70	30,79	8,22	60,34	92,99
37	Référence	7,76	31,11	7,05	58,81	92,21
	SPIR	8,08	32,99	7,83	56,64	92,70
136	Référence	8,19	36,00	6,91	47,71	91,90
	SPIR	7,99	35,66	5,90	55,37	93,25
141	Référence	9,42	33,18	6,74	49,89	91,94
	SPIR	8,78	35,78	5,89	45,04	93,40
145	Référence	7,86	30,67	7,42	59,33	91,51
	SPIR	8,91	32,42	7,89	45,97	93,28
151	Référence	10,67	31,76	9,40	56,13	92,00
	SPIR	8,85	31,98	9,06	60,05	93,19

## Annexe 4 : Résultats des prédictions SPIR sur les échantillons de fourrages.

**Tableau A4.1 Résultats des prédictions SPIR de la composition chimique des régimes consommés sur les parcelles de Kinsala et Luwo lors de la première période.**

Parcelle	Catégorie	MS %	MPT % MS	CT % MS	NDF % MS	ADF % MS	ADL % MS	CEL % MS
Kinsala 1	Bouvillon 1	93,03	9,25	8,55	65,39	38,00	6,22	33,15
	Bouvillon 2	92,82	8,23	8,42	66,14	38,90	6,79	34,53
	Bouvillon 3	93,12	8,38	8,86	65,40	39,22	6,41	33,55
	Réforme 4	93,11	8,38	9,17	63,10	37,45	6,32	32,64
	Réforme 5	92,92	8,64	8,10	62,67	37,15	6,25	32,01
	Réforme 6	92,55	8,79	8,63	62,08	36,83	6,08	32,22
Kinsala 2	Bouvillon 1	93,19	9,06	8,85	61,76	35,77	5,87	31,98
	Bouvillon 2	93,02	8,80	7,70	63,56	37,03	6,60	32,30
	Bouvillon 3	92,98	9,31	8,21	61,73	36,19	6,37	31,83
	Réforme 4	93,43	9,02	8,63	61,80	35,13	5,32	31,59
	Réforme 5	92,96	9,88	8,94	60,38	34,78	5,87	31,23
	Réforme 6	93,05	8,75	8,24	62,01	35,87	6,19	31,72
Kinsala 3	Bouvillon 1	93,58	7,48	9,42	64,69	37,49	5,92	33,71
	Bouvillon 2	93,36	7,73	9,91	64,22	37,49	6,48	33,24
	Bouvillon 3	93,40	5,89	8,78	68,78	40,45	6,86	35,78
	Réforme 4	93,29	7,54	9,57	64,81	37,59	6,13	33,37
	Réforme 5	93,42	7,80	9,45	63,86	37,40	6,48	32,38
	Réforme 6	93,51	7,71	9,45	63,85	36,98	5,56	33,28
Luwo 1	Bouvillon 1	92,92	8,09	8,56	66,28	36,05	6,82	33,33
	Bouvillon 2	93,28	6,71	8,68	64,12	35,77	6,49	33,30
	Bouvillon 3	92,69	7,12	6,88	69,75	41,85	7,91	36,67
	Réforme 4	93,25	5,90	7,99	69,14	39,60	6,75	35,66
	Réforme 5	93,40	7,62	8,24	65,34	37,68	6,07	33,64
	Réforme 6	93,14	6,43	6,81	69,84	40,31	7,58	36,67
Luwo 2	Bouvillon 1	92,70	7,83	8,08	63,32	36,20	6,16	32,99
	Bouvillon 2	93,04	8,09	8,50	62,56	34,80	5,84	31,11
	Bouvillon 3	92,90	9,14	8,84	63,47	35,50	6,15	32,02
	Réforme 4	92,72	7,72	7,04	63,49	36,42	6,25	32,53
	Réforme 5	92,82	7,80	8,38	64,24	34,94	5,96	32,67
	Réforme 6	93,15	8,30	8,74	62,48	36,81	6,23	32,64
Luwo 3	Bouvillon 1	93,28	7,89	8,91	61,75	36,48	5,45	32,42
	Bouvillon 2	93,14	8,52	9,00	62,03	36,27	5,70	31,60
	Bouvillon 3	93,08	8,15	8,92	63,75	36,83	5,53	31,70
	Réforme 4	93,10	9,70	9,07	61,41	36,62	6,44	30,90
	Réforme 5	93,24	8,85	8,96	59,61	36,07	5,64	30,60
	Réforme 6	93,22	9,12	8,64	61,42	37,37	6,32	31,39

**Tableau A4.2 Résultats des prédiction SPIR de la composition chimique des régimes consommés sur les parcelles de Kinsala et Luwo lors de la seconde période.**

Parcelle	Catégorie	MS %	MPT % MS	CT % MS	NDF % MS	ADF % MS	ADL % MS	CEL % MS
Kinsala 1	Bouvillon 1	92,97	10,55	7,96	62,42	36,23	5,79	31,80
	Bouvillon 2	93,00	11,17	9,30	61,86	35,33	5,87	32,01
	Bouvillon 3	92,69	12,81	7,60	63,30	35,32	5,22	30,62
	Réforme 4	92,72	11,06	8,04	60,99	34,62	6,02	30,99
	Réforme 5	93,05	11,63	9,21	61,67	34,20	5,93	31,65
	Réforme 6	92,94	9,50	8,88	62,39	36,55	6,02	33,06
Kinsala 2	Bouvillon 1	92,75	12,21	6,96	62,81	32,96	5,16	29,74
	Bouvillon 2	92,90	10,15	7,51	62,55	35,35	5,84	31,26
	Bouvillon 3	93,16	11,78	8,82	59,79	34,38	5,29	29,30
	Réforme 4	92,88	11,54	7,86	60,30	35,02	5,96	30,72
	Réforme 5	93,03	10,35	7,73	62,44	35,59	5,96	31,39
	Réforme 6	92,99	10,23	6,26	63,30	36,59	5,74	33,46
Kinsala 3	Bouvillon 1	93,39	9,19	9,71	62,64	38,78	6,35	32,15
	Bouvillon 2	93,30	8,93	9,87	63,74	37,78	6,11	31,88
	Bouvillon 3	93,26	9,86	9,35	62,93	37,66	5,90	32,40
	Réforme 4	93,54	9,67	9,46	65,38	37,55	5,61	32,96
	Réforme 5	93,09	9,91	10,03	63,23	37,33	5,44	32,44
	Réforme 6	93,36	7,35	9,39	67,18	39,44	6,55	34,18
Luwo 1	Bouvillon 1	92,99	8,22	11,70	61,23	37,56	5,70	30,79
	Bouvillon 2	93,01	6,71	10,56	64,85	40,74	5,75	33,06
	Bouvillon 3	93,21	8,58	11,04	62,14	37,30	5,61	30,46
	Réforme 4	93,22	7,54	9,99	63,51	38,20	5,64	32,39
	Réforme 5	93,18	7,90	10,40	62,56	38,47	5,66	32,06
	Réforme 6	93,30	7,10	11,46	63,22	37,88	5,63	31,76
Luwo 2	Bouvillon 1	93,92	5,85	7,48	68,35	43,45	9,37	38,64
	Bouvillon 2	93,36	7,45	7,76	65,49	42,29	8,38	35,64
	Bouvillon 3	93,37	7,60	8,69	65,34	42,84	9,12	37,59
	Réforme 4	93,58	6,33	8,00	67,42	42,66	9,03	38,61
	Réforme 5	93,57	6,82	7,82	69,06	42,74	8,24	38,70
	Réforme 6	93,74	6,35	8,09	66,42	41,73	9,06	36,89
Luwo 3	Bouvillon 1	93,56	10,14	7,36	63,12	38,31	6,31	33,89
	Bouvillon 2	93,39	10,64	6,96	63,08	38,24	6,54	33,93
	Bouvillon 3	93,27	9,93	6,63	62,50	36,59	6,51	32,20
	Réforme 4	93,14	9,68	8,39	64,63	39,22	6,83	34,97
	Réforme 5	93,39	10,11	8,86	62,54	38,08	6,67	33,46
	Réforme 6	93,24	10,18	6,87	63,65	39,55	6,53	33,87

## Annexe 5 : Résultats des estimations de la digestibilité et de l'ingestion.

**Tableau A5.1 Résultats des prédictions SPIR de la composition chimique des régimes consommés lors de l'essai en stabulation.**

Box	Niveau d'ingestion		MS	MPT	CT	NDF	ADF	ADL	CEL
			%	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS	% MS
1	<i>Ad libitum</i>	Distribué	93,72	5,79	8,29	64,87	39,26	6,84	34,57
		Refus	94,01	5,63	12,24	62,36	38,87	7,35	32,80
	Intermédiaire	Distribué	93,90	5,61	11,15	63,62	38,87	6,46	33,51
		Refus	93,65	5,00	12,18	65,59	41,43	8,62	34,77
	Entretien	Distribué	94,05	4,96	10,24	66,60	39,93	6,76	34,68
		Refus	93,56	4,58	12,35	67,68	42,68	9,20	34,54
2	<i>Ad libitum</i>	Distribué	94,11	5,22	9,84	65,23	38,80	6,17	33,66
		Refus	94,54	6,03	12,43	62,39	39,46	7,63	32,73
	Intermédiaire	Distribué	94,66	5,48	12,85	63,91	37,54	6,67	32,81
		Refus	94,28	5,57	14,35	61,41	40,09	8,34	30,60
	Entretien	Distribué	93,29	5,44	8,64	67,38	41,25	6,77	35,57
		Refus	93,62	4,48	11,13	67,99	42,17	7,97	34,65

**Tableau A5.2 Coefficient de digestibilité de la MO (CDmovivo) et de la MS ingérée par kg de PV (MSVIPV) et par kg de PM (MSvi75), défini par SPIR, pour l'essai en stabulation.**

Box	Niveau d'ingestion	CDmovivo	MSVIPV	MSvi075
		%	g/kg PV	g/kg PM
1	<i>Ad libitum</i>	62,33	17,01	48,66
	Intermédiaire	64,43	16,61	44,83
	Entretien	63,77	15,24	41,07
2	<i>Ad libitum</i>	62,09	19,07	47,16
	Intermédiaire	63,34	14,52	36,83
	Entretien	62,41	14,93	39,90

**Tableau A5.3 Coefficient de digestibilité de la MO (CDmovivo) et de la MS ingérée par kg de PV (MSVIPV) et par kg de PM (MSvi75), défini par SPIR, pour les fourrages prélevés au pâturage lors de la première période.**

Parcelle	Catégorie	CDmovivo %	MSVIPV g/kg PV	MSvi075 g/kg PM
Kinsala 1	Bouvillon 1	71,06	74,52	27,54
	Bouvillon 2	70,58	76,97	29,64
	Bouvillon 3	68,88	71,44	28,49
	Réforme 4	71,09	63,65	24,63
	Réforme 5	71,77	64,47	25,18
	Réforme 6	69,87	72,56	28,06
Kinsala 2	Bouvillon 1	75,22	77,08	27,41
	Bouvillon 2	68,81	55,21	25,73
	Bouvillon 3	72,23	73,45	26,60
	Réforme 4	71,44	62,99	25,43
	Réforme 5	-	-	-
	Réforme 6	71,78	65,23	24,56
Kinsala 3	Bouvillon 1	73,61	78,70	27,88
	Bouvillon 2	70,43	74,35	28,97
	Bouvillon 3	69,11	63,96	24,76
	Réforme 4	-	-	-
	Réforme 5	69,97	64,43	23,41
	Réforme 6	70,96	71,02	27,52
Luwo 1	Bouvillon 1	71,38	72,87	24,30
	Bouvillon 2	69,14	64,62	25,25
	Bouvillon 3	65,01	48,22	17,30
	Réforme 4	68,18	49,74	18,81
	Réforme 5	70,64	42,03	13,61
	Réforme 6	67,42	63,26	20,52
Luwo 2	Bouvillon 1	72,28	64,25	26,81
	Bouvillon 2	72,47	70,43	27,51
	Bouvillon 3	63,92	74,83	29,65
	Réforme 4	73,24	69,21	25,97
	Réforme 5	69,64	64,77	21,54
	Réforme 6	71,33	65,71	27,66
Luwo 3	Bouvillon 1	69,27	67,62	23,84
	Bouvillon 2	67,75	71,17	29,52
	Bouvillon 3	66,57	60,48	26,92
	Réforme 4	69,82	68,69	27,66
	Réforme 5	72,56	57,83	22,07
	Réforme 6	71,28	73,10	26,75

**Tableau A5.4 Coefficient de digestibilité de la MO (CDmovivo) et de la MS ingérée par kg de PV (MSVIPV) et par kg de PM (MSvi75), défini par SPIR, pour les fourrages prélevés au pâturage lors de la seconde période.**

Parcelle	Catégorie	CDmovivo %	MSVIPV g/kg PV	MSvi075 g/kg PM
Kinsala 1	Bouvillon 1	76,77	81,89	27,71
	Bouvillon 2	75,94	76,68	29,15
	Bouvillon 3	73,86	75,68	27,11
	Réforme 4	75,14	76,10	26,90
	Réforme 5	75,46	70,69	27,08
	Réforme 6	72,45	71,74	25,85
Kinsala 2	Bouvillon 1	73,73	75,10	30,03
	Bouvillon 2	75,15	73,23	31,09
	Bouvillon 3	72,99	68,25	26,81
	Réforme 4	72,67	54,68	24,53
	Réforme 5	75,54	63,34	23,97
	Réforme 6	74,96	62,56	26,40
Kinsala 3	Bouvillon 1	75,11	60,11	25,14
	Bouvillon 2	72,53	62,73	26,44
	Bouvillon 3	69,93	66,38	26,24
	Réforme 4	73,19	71,09	28,83
	Réforme 5	75,78	71,79	26,54
	Réforme 6	72,40	73,16	29,41
Luwo 1	Bouvillon 1	70,49	60,44	21,96
	Bouvillon 2	71,65	57,96	26,28
	Bouvillon 3	72,80	68,89	26,56
	Réforme 4	72,92	71,32	29,11
	Réforme 5	72,77	72,33	25,50
	Réforme 6	70,97	68,10	25,88
Luwo 2	Bouvillon 1	67,68	57,21	24,78
	Bouvillon 2	67,33	49,86	22,27
	Bouvillon 3	68,43	47,92	22,31
	Réforme 4	68,44	59,56	25,02
	Réforme 5	70,44	63,54	24,24
	Réforme 6	65,48	60,54	24,01
Luwo 3	Bouvillon 1	68,31	68,36	27,37
	Bouvillon 2	67,71	63,88	26,79
	Bouvillon 3	66,62	56,39	26,15
	Réforme 4	68,91	68,57	26,79
	Réforme 5	68,77	69,54	26,76
	Réforme 6	67,83	63,47	25,82

## Annexe 6 : Résultats des analyses minérales.

Tableau A6.1 Résultats des analyses minérales pour la première période.

			Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Co	Zn	P	S	Cu	Mo	Se
		LOQ					0,924	0,04	0,99	0,11			0,38	0,46	0,10
		LOD					0,28	0,01	0,30	0,03			0,12	0,14	0,03
Période	Parcelle	Catégorie	mg/kg												
1	Kinsala 1	Bouvillons	3106,20	2036,26	17369,00	57,78	332,74	166,37	<LOD	27,89	2862,12	1751,34	1,99	<LOD	<LOQ
		Réformes	3091,27	2064,48	17337,30	54,56	261,90	173,61	<LOD	30,75	2739,09	1717,26	0,99	<LOD	<LOQ
	Kinsala 2	Bouvillons	2762,95	2103,59	19825,70	121,51	180,28	151,39	<LOD	27,89	2379,48	1591,63	1,00	<LOD	<LOQ
		Réformes	2938,67	2175,47	17771,93	109,17	152,84	151,85	<LOD	27,79	2249,90	1483,72	0,99	<LOD	<LOQ
	Kinsala 3	Bouvillons	3405,61	2086,73	18186,79	22,88	277,50	186,00	<LOD	29,84	2630,79	1378,56	1,99	<LOD	<LOQ
		Réformes	3454,69	2224,44	16450,29	122,02	170,03	162,03	<LOD	31,01	2706,54	1366,27	2,00	<LOD	0,17
	Luwo 1	Bouvillons	3910,45	2377,11	14696,52	101,49	331,34	177,11	<LOD	46,77	2550,25	1266,67	<LOD	<LOD	0,12
		Réformes	4365,30	2494,03	14258,85	136,29	205,93	183,05	<LOD	46,76	2495,03	1192,80	<LOD	<LOD	<LOQ
	Luwo 2	Bouvillons	3258,18	2126,90	20513,77	74,82	230,45	140,66	<LOD	45,89	2836,19	1245,01	2,99	<LOD	<LOQ
		Réformes	3475,37	2209,97	20613,83	61,58	205,60	135,08	<LOD	57,61	3084,03	1284,27	2,98	<LOD	<LOQ
	Luwo 3	Bouvillons	3169,12	2103,37	17405,93	96,97	157,10	147,40	<LOD	33,94	3037,24	1506,01	3,88	<LOD	<LOQ
		Réformes	2703,51	1931,36	15519,75	35,91	125,70	136,67	<LOD	29,93	2799,28	1370,71	2,00	<LOD	<LOD

Tableau A6.2 Résultats des analyses minérales pour la seconde période.

Période	Parcelle	Catégorie	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Co	Zn	P	S	Cu	Mo	Se
			LOQ				0,924	0,04	0,99	0,11			0,38	0,46	0,10
			LOD				0,28	0,01	0,30	0,03			0,12	0,14	0,03
			mg/kg												
2	Kinsala 1	Bouvillons	3467,92	2181,64	14365,25	32,58	200,39	144,13	<LOD	27,64	2575,52	1041,46	<LOD	<LOD	<LOQ
		Réformes	3937,19	2320,04	14719,84	183,45	185,44	166,50	<LOD	31,90	2610,17	1029,91	<LOD	<LOD	<LOQ
	Kinsala 2	Bouvillons	4145,95	2815,67	13191,49	124,28	275,40	192,88	<LOD	39,77	2527,34	1115,53	<LOD	<LOD	<LOQ
		Réformes	4002,99	2758,72	13195,41	106,68	268,20	192,42	<LOD	36,89	2538,38	1118,64	<LOD	<LOD	<LOQ
	Kinsala 3	Bouvillons	3628,17	2529,71	14406,70	115,89	184,23	135,70	<LOD	27,73	3226,03	1283,68	0,99	<LOD	<LOD
		Réformes	3642,28	2441,33	14388,68	36,48	194,24	119,31	<LOD	26,62	2929,40	1398,15	0,99	<LOD	<LOD
	Luwo 1	Bouvillons	3735,94	2136,37	14538,19	74,01	176,63	223,01	<LOD	25,66	2193,61	1002,57	<LOD	<LOD	<LOQ
		Réformes	4513,72	2044,55	14188,54	109,39	188,94	187,95	<LOD	27,84	2353,82	1020,29	0,99	<LOD	<LOQ
	Luwo 2	Bouvillons	4203,71	2542,98	15186,72	81,01	218,34	217,35	<LOD	26,67	2896,66	1743,73	0,99	<LOD	<LOD
		Réformes	4063,73	2535,52	15997,43	96,69	196,33	158,84	<LOD	28,61	2991,32	1801,50	0,99	<LOD	<LOD
	Luwo 3	Bouvillons	3034,57	2044,36	15269,78	67,95	118,90	133,89	<LOD	24,98	1865,51	1302,96	1,00	<LOD	<LOD
		Réformes	13,60	20,08	6,48	32,38	7,77	9,71	64,76	323,80	323,80	194,28	0,65	<LOD	<LOD