

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
AVANT-PROPOS	iv
TABLE DES MATIERES	v
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	viii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES FIGURES	xi
LISTES DES PHOTOS	xii
LISTE DES ANNEXES	xiii
RÉSUMÉ	xiv
ABSTRACT	xv
LISTE DES TRAVAUX TIRES DE LA THESE : ARTICLES ET COMMUNICATIONS	xvi
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES CARACTERISTIQUES DES SYSTEMES DE PRODUCTION DE LAIT ET LES PARAMETRES DE PRODUCTION DES VACHES	6
I.1 Principes et définitions des concepts utilisés.....	7
I.1.1 Système de production	7
I.1.2 Système fourrager.....	7
I.2 Diversité et caractéristiques des systèmes de production de lait en Afrique de l’ouest	7
I.2.1 Les systèmes pastoraux	8
I.2.2 Les systèmes mixtes de polyculture-élevage.....	9
I.2.3 Les systèmes intensifs et spécialisés à visée commerciale.....	10
I.3 Paramètres zootechniques des vaches utilisées dans la production de lait en Afrique de l’Ouest.....	10
I.3.1 Les races bovines utilisées dans la production de lait	10
I.3.2 Performance de reproduction des vaches	13
I.3.3 Production et qualité du lait.....	15
I.4 Alimentation et nutrition des vaches traites	18
I.4.1 Capacité d’ingestion et utilisation des aliments par les vaches	19
I.4.2 Besoins et apports en énergie des vaches	19
I.4.3 Besoins et apports en matières azotées des vaches.....	20
I.4.4 Besoins et apports en minéraux et en vitamines des vaches.....	20
I.4.5 Besoins et apports en eau	21
I.4.6 Rationnement des vaches laitières.....	21
I.5 Santé des animaux	22
I.6 Les ressources alimentaires dans les exploitations productrices de lait au Burkina Faso	22
I.6.1 Le pâturage naturel.....	22
I.6.2 Les résidus de cultures et les sous-produits agro-industriels.....	23

I.6.3	Les fourrages ligneux et les banques fourragères.....	24
I.7	Conclusion partielle.....	27
CHAPITRE II CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE ET DEMARCHE DE CO- CONCEPTION D'UN SYSTEME FOURRAGER INNOVANT DANS LES ELEVAGES		
PRODUCTEURS DE LAIT A L'OUEST DU BURKINA FASO		28
II.1	Caractéristiques de la zone d'étude	29
II.1.1	Situation géographique et justification de la zone d'étude.....	29
II.1.2	Caractéristiques pédoclimatiques	30
II.1.3	Milieu humain	31
II.1.4	Production agropastorale.....	32
II.1.5	Autres activités socio-économiques	32
II.1.6	Economie basée sur les laiteries et la commercialisation du lait à l'Ouest du Burkina Faso.....	32
II.2	Démarche de co-conception d'un système fourrager innovant : introduction pour la première fois de banques fourragères arbustives dans les élevages laitiers en Afrique de l'ouest	33
II.2.1	Diagnostic des systèmes de production à l'échelle de l'exploitation	34
II.2.2	Expérimentation des banques fourragères arbustives chez les producteurs laitiers étudiés.....	35
II.2.3	Evaluation <i>ex-ante</i> de l'effet de l'introduction des banques fourragères arbustives chez les producteurs laitiers étudiés.....	37
CHAPITRE III DIAGNOSTIC DES PRATIQUES D'ELEVAGE DES VACHES TRAITES, IDENTIFICATION DE SOLUTIONS D'AMELIORATION POSSIBLES		
III.1		Introduction
III.2		Matériel et méthodes
III.3		Résultats
III.3.1	Typologies des exploitations de producteurs de lait : structures, pratiques et performances laitières.....	45
III.3.2	Bilan alimentaire par type d'exploitation	51
III.3.3	Résultats économiques	55
III.4	Discussion	58
III.4.1	Diversité des systèmes de production et pratiques de production du lait dans un contexte d'émergence des laiteries.....	58
III.4.2	L'alimentation, clé de l'intensification de la production de lait.....	59
III.5	Conclusion partielle.....	62
CHAPITRE IV EXPERIMENTATION DES BANQUES FOURRAGERES ARBUSTIVES CHEZ LES PRODUCTEURS DE LAIT, SUIVI ET MESURE DES PERFORMANCES		
IV.1		Introduction
IV.2		Matériel et méthodes
IV.2.1	Phase de co-conception des banques fourragères arbustives (BFA)	66

IV.2.2	Gestion prévisionnelle de la phase d'installation des BFA	70
IV.2.3	Gestion prévisionnelle de la phase d'exploitation des banques fourragères arbustives (BFA).....	72
IV.3	Résultats	74
IV.3.1	Résultats de la phase d'installation.....	74
IV.3.2	Résultats de la phase d'exploitation des banques fourragères arbustives.....	80
IV.3.3	Coût d'installation et d'exploitation d'une banque fourragère arbustive (BFA).....	84
IV.4	Discussion	84
IV.5	Conclusion partielle.....	88
CHAPITRE V EVALUATION <i>EX-ANTE</i> DE L'EFFET DE L'INTRODUCTION DE BANQUES FOURRAGERES ARBUSTIVES SUR LES VACHES TRAITES DES PRODUCTEURS A L'AIDE DU SIMULATEUR PRODLAIT.....		90
V.1	Présentation du simulateur Prodlait.....	92
V.1.1	Introduction	92
V.1.2	Principes de fonctionnement et structure de Prodlait	94
V.1.3	Sorties de Prodlait	98
V.1.4	Discussion	99
V.1.5	Conclusion partielle.....	100
V.2	Evaluation <i>ex-ante</i> de l'introduction d'une banque fourragère arbustive dans le système fourrager d'une exploitation sur les vaches traites.....	101
V.2.1	Introduction	101
V.2.2	Matériel et méthodes	101
V.2.3	Résultats	104
V.2.4	Discussion	109
V.2.5	Conclusion partielle.....	111
CHAPITRE VI DISCUSSION GENERALE		112
CONCLUSION GENERALE		122
BIBLIOGRAPHIE		125
ANNEXES		xvii

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ANOVA : Analyse de variance

APAF : Association pour la promotion de l'agroforesterie et de la foresterie

ASS : Afrique subsaharienne

BFA : Banques fourragères arbustives

BNDT : Banque nationale de données terrestres

BUNASOLS : Bureau national des sols

CAH : Classification ascendante hiérarchique

CEDEAO : Communauté économiques et monétaires des états de l'Afrique de l'Ouest

CIPEA : Centre international pour l'élevage en Afrique

CIRAD : Centre de coopération internationale pour la recherche agricole pour le développement

CSAO : Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest

DGSE : Direction générale de la statistique et d'élevage

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FIDA : Fonds International de Développement Agricole

ha : Hectare

ICRAF : Centre international de recherche en Agroforesterie

IEPC : Initiative élevage pauvreté et croissance

IGB : Institut géographique du Burkina

ILRI : International Livestock Research Institute

INERA : Institut national de l'environnement et de la recherche agricole

AIRD : Agence inter-établissements de recherche pour le développement

Jp : jour de plantation

kg : kilogramme

MAD : matière azotée digestive

mm : Millimètre

MRA : Ministère des ressources animales

MS : Matière sèche

MSVI : Matière sèche volontairement ingérée

NEC : Note d'état corporel

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économique

ONG : Organisation non gouvernementale

PAM : Programme mondiale pour l'alimentation

PDI : Protéine digestible dans l'intestin

pH : Potentiel hydrogène

PIB : Produit intérieur brut

PROCORDEL : Programme Concerté pour le Développement de l'Élevage en Afrique de l'Ouest

RGPH : Recensement général de la population et de l'habitat

SPA : Sous-produit agricole

SPAI : sous-produit agro-industriel

TAA : Trypanosomose animale africaine

UBT : Unité bétail tropical

UDEK : Union des éleveurs de Koumbia

UFL : Unité fourragère lait

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales races bovines utilisées dans la production de lait en Afrique de l'Ouest (Kassa et al., 2016).....	11
Tableau 2 : Age au premier vêlage et intervalle entre vêlage des bovins en Afrique de l'Ouest	14
Tableau 3: Valeurs indicatives de la production de lait par mois d'une vache Bunaji et d'une vache zébu malgache pendant une lactation	17
Tableau 4 : Typologies des producteurs de lait de l'Ouest du Burkina Faso.....	47
Tableau 5 : Evaluation économique des exploitations de producteurs de lait dans l'Ouest du Burkina Faso	57
Tableau 6 : Caractéristiques des sols des parcelles d'implantation des banques fourragères arbustives (BFA) dans les localités de Sagassiamasso, Koumbia et Nasso à l'ouest du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest	70
Tableau 7 : Itinéraire technique et suivi des performances des banques fourragères arbustives	75
Tableau 8 : Valeurs nutritives du <i>Leucaena leucocephala</i> et du <i>Morus alba</i> en novembre et en décembre 2017 sur les banques fourragères arbustives (BFA2 et BFA3) dans les localités de Koumbia et Nasso à l'Ouest du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest	82
Tableau 9 : Coût (FCFA) d'installation d'une BFA dans les conditions de l'étude (mise en place de la BFA chez un producteur)	83
Tableau 10 : Données d'entrées des deux scénarios pour les deux producteurs.....	103

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Variation du disponible et des besoins alimentaires des bovins tropicaux au cours de l'année	27
Figure 2: Zone d'étude dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso)	30
Figure 3 : Schéma de la démarche générale de conception des systèmes fourragers innovants (adaptée de Vall et al., 2016).....	34
Figure 4 : Localisation des exploitations enquêtées dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso)	43
Figure 5 : Typologies des exploitations productrices de lait dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso).	46
Figure 6 : Modes de conduite de vaches selon les saisons en fonction du type d'exploitation dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso). MAD : matières azotées digestibles ; UF : unité fourragère ; UBT : Unité de bovin tropical = 250 kg de poids vif.....	53
Figure 7 : Localisation des six banques fourragères arbustives expérimentées chez les producteurs.	67
Figure 8 : Schéma d'implantation d'une banque fourragère arbustive illustrant la distribution des deux blocs équivalents en surface (un bloc/espèce fourragère, <i>Morus alba</i> et <i>Leucaena leucocephala</i>) et l'implantation d'une haie-vive multi-spécifique en combinaison avec la clôture métallique Ursus.....	69
Figure 9 : Evolution de la hauteur des plants de <i>Morus alba</i> et de <i>Leucaena leucocephala</i> sur les banques fourragères arbustives de juillet 2016 à juin 2017	77
Figure 10 : Evolution de la mortalité mensuelle cumulée des plants, causée par les attaques des termites sur les trois banques fourragères arbustives de juillet 2016 à mai 2017	79
Figure 11 : Taux de régénération cumulé des plants après le passage du feu en février 2017 sur la banque fourragère arbustive 1	80
Figure 12 : Evolution théorique du poids vif et de la production de lait d'une vache dans un élevage allaitant dans les conditions du Burkina Faso, montrant un déficit de poids vif à 90 jours et à 365 jours après la mise-bas (Sib et al., 2018).....	92
Figure 13 : Schématisation des sorties de Prodlait chez le producteur T3.....	105
Figure 14 : Schématisation des sorties de Prodlait chez le producteur T4.....	106
Figure 15 : Radar des perceptions des producteurs sur l'évaluation ex-ante	107
Figure 16 : Radar des perceptions des producteurs sur l'intérêt de la banque fourragère arbustive	108

LISTES DES PHOTOS

Photo 1 : Ateliers participatifs.....	66
Photo 2 : Production des plants en pépinière	71
Photo 3 : Repousse des BFA après les trois coupes (jp+13 mois, jp+15 mois et jp+18 mois) ; jp=jour de plantation	73

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire du diagnostic des systèmes d'élevage en voie d'intensification..	xvii
Annexe 2 : Fiche de suivi des exploitations	xxvii
Annexe 3 : Fiche de pesée du veau.....	xxxiv
Annexe 4 : Fiche de mesure des plantes	xxxv

RÉSUMÉ

Pour faire face à l'augmentation de la demande en produits laitiers en Afrique de l'Ouest, les producteurs de lait demandent des innovations pour produire à coût limité, des fourrages de qualité principalement pour alimenter les vaches durant la saison sèche. L'objectif de cette étude était de concevoir en partenariat avec les producteurs, un système fourrager innovant qui n'a jamais été testé en milieu réel dans ce contexte, intégrant des banques fourragères arbustives (BFA) à haute densité, d'évaluer leur potentialité fourragère et leur faisabilité, et leur effet sur les performances des vaches laitières. Cette étude a été réalisée à l'Ouest du Burkina Faso en adoptant la méthode de conception "pas à pas" visant à faire évoluer le système fourrager actuel. D'abord un diagnostic a été réalisé sur un échantillon limité de 18 producteurs de lait répartis dans trois sites contrastés afin de caractériser finement leurs pratiques de production; puis une expérimentation de BFA (à 20 000 plants/ha) composées de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* chez six producteurs volontaires et enfin une évaluation ex-ante de l'effet des BFA chez deux producteurs. Pour les 3 premières BFA installées en 2016, à 13 mois après la plantation (jp), *Leucaena leucocephala* mesurait $183,4 \pm 20,4$ cm de hauteur alors que *Morus alba* mesurait $153 \pm 5,3$ cm. Ces performances ont été d'ailleurs affectées entre jp+7 et jp+10 par la qualité du sol, les attaques de termites, la sécheresse et les pratiques agronomiques. La biomasse cumulée sur les trois coupes d'exploitation (à jp+13, jp+15 et jp+18 mois) était plus élevée avec *Leucaena leucocephala* ($8,2 \pm 2,6$ t MS/ha) comparativement à *Morus alba* ($1,8 \pm 2,3$ t MS/ha). Le coût de production de fourrage de BFA sur un hectare, estimé à 167 FCFA/kg pourrait être plus bas si elle est installée par le producteur avec ses propres ressources locales (56 FCFA/kg). Les valeurs nutritives des fourrages en font des fourrages potentiellement intéressants pour booster les performances des vaches. L'évaluation ex-ante a montré la potentialité des BFA à améliorer le bilan fourrager et alimentaire des exploitations laitières et à améliorer l'état corporel des vaches tout en favorisant une introspection des producteurs face à leurs pratiques actuelles. Ces premiers résultats ont montré que les BFA présentent un potentiel de production intéressant et se sont avérées techniquement faisables, et résistantes aux principales agressions possibles (feux, termites). Mais ce potentiel mériterait d'être confirmé en prolongeant le suivi des BFA. De plus une adaptation du dispositif doit être recherchée, pour alléger le coût d'installation et le rendre à la portée des producteurs et créer un environnement adapté pour soutenir le développement de cette innovation auprès des acteurs.

Mots clés: Systèmes fourragers, Arbres fourragers, Technologie fourragère, Alimentation des ruminants, Production laitière, Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)

ABSTRACT

To meet the increasing demand for dairy products in West Africa, milk producers expect innovations to produce good quality feeds and fodders at low cost, to feed cows all year around but especially during the dry season. The objective of this study was to design, in partnership with producers, an innovative forage system that has never been tested in a real environment in this context, integrating high-density Woody fodder banks (WFB), to evaluate their forage potential and feasibility, and their effect on dairy cow performance. This study was carried out in western Burkina Faso using the "step-by-step" design method to develop the current forage system. First, a diagnosis was carried out on a limited sample of 18 milk producers in three contrasting sites in order to finely characterize their dairy production practices; then an experiment of WFB (at 20,000 plants/ha) composed of *Morus alba* and *Leucaena leucocephala* was carried out with six volunteer producers, and finally an ex-ante evaluation of the effect of WFB with two producers. For the first 3 WFB installed in 2016, 13 months after planting date (PD), *Leucaena leucocephala* measured 183.4 ± 20.4 cm in height while *Morus alba* measured 153 ± 5.3 cm. These performances were affected between jp+7 and jp+10 by soil quality, termite attacks, drought and agronomic practices. The cumulative biomass over the three cuts (at jp+13, jp+15, jp+18) was higher with *Leucaena leucocephala* (8.2 ± 2.6 t DM/ha) compared to *Morus alba* (1.8 ± 2.3 t DM/ha). The cost of producing WFB fodder on one hectare, estimated at 167 FCFA/kg, could be lower if it was self-made by the producer with local resources (56 FCFA/kg). The nutritional values of forages make them potentially interesting forages to boost cow performance. The ex-ante evaluation showed the potential of WFB to improve the forage and food balance of dairy farms and to improve the body condition of cows while encouraging producers to look inward at their current practices. These initial results showed that WFB have an interesting production potential and have proven to be technically feasible and resistant to the main possible stresses (fires, termites). However, this potential should be confirmed by extending the monitoring of WFB. In addition, an adaptation of the WFB system must be sought, to reduce the cost of installation, make it accessible to producers, and create an appropriate environment to support the development of this innovation among stakeholders.

Keywords: Forage systems, Forage trees, Forage technology, Ruminant feeding, Dairy production, Burkina Faso (West Africa)

LISTE DES TRAVAUX TIRES DE LA THESE : ARTICLES ET COMMUNICATIONS

Articles :

Sib O., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., González-García E., Vall E., 2017. Production laitière à l'Ouest du Burkina Faso dans un contexte d'émergence de laiteries : diversité des pratiques d'élevage et propositions d'amélioration. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **70** (3) :81-91, doi: 10.19182/remvt.31521.

Sib O., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., González-García E., Vall E., 2018. Prodlait : un outil permettant d'ajuster l'alimentation des vaches pour atteindre un objectif de production fixé par l'éleveur. *Agronomie Africaine* **30** (2) : 157 – 168.

Sib O., Vall E., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., Navarro M. and González-García E., 2018. Establishing for the first time, high-density protein banks for livestock feeding in Burkina Faso (West Africa): overall agronomic performance under contrasting edaphoclimatic conditions. **Soumis** à *Agroforestry systems*.

Sib O., González-García E., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., Vall E., 2018. Co-conception, installation, et premiers résultats d'exploitation de banques fourragères arbustives, composées de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* plantées à haute densité, dans des élevages bovins laitiers de l'ouest du Burkina Faso. **Soumis** à la *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*.

Communications orales :

Sib O., Vall E., González-García E., Blanchard M., Bougouma-Yaméogo V.M.C., 2016. Impact des systèmes sylvo-fourragers sur l'efficacité des systèmes d'élevage. Congrès international de l'association internationale des sciences agronomiques (AISA). Agriculture durable et sécurité alimentaire en Afrique : valorisation des connaissances, 16-20 février 2016, Fondation Félix Houphouët Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

Sib O., Vall E., González-García E., Blanchard M., Bougouma-Yaméogo V.M.C., 2016. Co-conception d'élevages laitiers familiaux plus productifs et plus durables par introduction, évaluation et adaptation d'innovations dans le système fourrager et dans les rythmes de reproduction. Journées scientifiques de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso 2^{ème} édition, Développement du partenariat secteurs public - privé pour la promotion de la recherche, 26-28 mai 2016, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

Sib O., Vall E., González-García E., Blanchard M., Bougouma-Yaméogo V.M.C., 2016. Establishing high-density protein banks in the West Africa context: an innovative contribution to the sustainable intensification of family dairy farming systems. World Congress, Silvo-Pastoral System 2016, 27-30th September Evora, Portugal.

Sib O., González-García E., Blanchard M., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Vall E., 2017. Place et rôle des banques fourragères dans les systèmes de polyculture-élevage laitier en Afrique de l'ouest. Conférence Intensification Durable 2017, Biodiversité et ingénierie écologique pour une intensification durable de l'agriculture, 24-26 avril 2017, Dakar, Sénégal.

INTRODUCTION GENERALE

L'Afrique subsaharienne (ASS) compte plus de 950 millions d'habitants, soit environ 13 % de la population mondiale (OCDE/FAO, 2016). Dans cette région, la sous-alimentation est un problème de longue date et, bien que le pourcentage de personnes sous-alimentées ait diminué, passant de 33 % en 1990-92 à 23 % en 2014-16, il reste le plus élevé du monde en développement (FAO, FIDA et PAM, 2015). Cette situation est imputable à la forte croissance démographique (2,7% par an) et à la faible productivité agricole (OCDE/FAO, 2016).

Dans de nombreux pays, les programmes de développement accordent une place prioritaire au secteur agricole pour assurer la sécurité alimentaire et lutter contre le chômage. Le secteur agricole emploie plus de la moitié de la population active totale (Alliance for a Green Revolution in Africa, 2014) en Afrique Subsaharienne et reste dominé par les petites exploitations (environ 80 %). En Afrique de l'Ouest, les petites exploitations familiales sont généralement basées sur un système de polyculture-élevage intégré (Vall *et al.*, 2014). Les producteurs combinent toujours cultures et élevage, mais dans des proportions différentes. L'élevage occupe une place importante en fournissant de l'énergie pour l'agriculture, des produits animaux (lait, viande, fumure organique etc.), et une source d'épargne.

Avec l'émergence de la classe moyenne, la demande en produits animaux et notamment laitiers s'accroît et incite les producteurs à produire davantage (Delgado *et al.*, 2001 ; FAO, 2014 ; OCDE/FAO, 2016). Cependant, la productivité de l'élevage continue d'être bien inférieure à la demande des populations et du marché local.

Au Burkina Faso, pays à vocation agricole, l'élevage contribue pour 18% au produit intérieur brut et il est pratiqué par plus de 80 % de la population agricole ; il représente l'une des principales activités de diversification et de sécurisation des revenus des exploitations agricoles familiales (Hamadou *et al.*, 2008 ; MRA, 2012). Cependant, plusieurs contraintes sont à la base de la faible productivité des élevages. Il s'agit des contraintes alimentaires, génétiques et sanitaires.

Sur le plan sanitaire, la trypanosomose animale africaine (TAA) reste la maladie la plus importante (Courtin *et al.*, 2010). A côté de la TAA, les maladies transmises par les tiques, la fièvre aphteuse, les mammites, causent d'énormes pertes à l'élevage et contribuent à la diminution des performances zootechniques des animaux (Pradere, 2014).

Sur le plan de la génétique l'élevage bovin est dominé par les zébus, les taurins et les métis zébus-taurins dont les performances laitières sont faibles. Les vaches ont des intervalles entre vêlage autour de deux ans en moyenne (Ouédraogo, 1995 ; Tellah *et al.*, 2015), la monte et le sevrage se font de façon naturelle, les mises-bas sont fortement saisonnées, ce qui entretiennent une faible production de lait. Ces performances sont d'ailleurs à l'image de celles des vaches

en l'Afrique de l'ouest : âge à la première mise-bas de l'ordre de 4 ans (Bengaly *et al.*, 1993 ; Bosma *et al.*, 1992) et un taux de mise-bas de 54 % (Ba *et al.*, 2011, Coulibaly, 2008 ; Bengaly *et al.*, 1993 ; Bayala, 2006). Avec un âge moyen à la réforme de 10 ans, une vache fait au mieux 3 à 4 mises-bas durant sa carrière. En considérant un sex-ratio de 50 % et en prenant en compte les mortalités des veaux (12 %) et des génisses (4 %), d'après Ba *et al.* (2011) une vache produit entre 1,2 et 1,6 génisses durant sa carrière.

Parmi les contraintes au développement du secteur de l'élevage en Afrique de l'Ouest, l'alimentation demeure un facteur permanent qui contribue aux faibles performances du cheptel, cela particulièrement dans les zones agro-écologiques arides et semi-arides qui regorgent cependant des effectifs les plus importants et où l'élevage occupe une place importante dans l'économie des pays (FAO, 2014). L'alimentation des ruminants domestiques est essentiellement basée sur le pâturage naturel dont l'accès est de plus en plus contraint, avec un intérêt de plus en plus marqué pour l'utilisation des résidus de culture et un début d'intérêt pour les cultures fourragères herbacées. Mais cela ne permet pas d'assurer une bonne alimentation des animaux car les résidus de cultures généralement stockés dans de mauvaises conditions, ne sont pas assez riches en éléments nutritifs (Savadozo *et al.*, 1999) et les fourrages cultivés (légumineuses annuelles et graminées) sont insuffisants. A côté de l'insuffisance des ressources alimentaires et nutritionnelles, se pose un problème de gestion de l'alimentation des animaux par les éleveurs (Delma *et al.*, 2016a), faute de maîtrise de l'ajustement des ressources disponibles aux besoins des animaux.

Dans les systèmes de polycultures élevage des savanes subhumide de l'Afrique subsaharienne, le rôle de l'arbre dans l'alimentation des animaux est bien documenté (Jones et Jones, 1984 ; Davidson, 1987 ; Klein *et al.*, 2014 ; Bayala *et al.*, 2014 ; Franzel *et al.*, 2014) mais l'arbre est rarement cultivé à cette fin. En revanche dans certaines régions tropicales telles qu'en Amérique Latine, dans les Caraïbes et dans le sud de l'Asie, l'arbre est cultivé dans des systèmes agrosylvopastoraux par des techniques d'agroforesteries sous forme par exemple de banques fourragères arbustives (BFA) pour nourrir les animaux (Pentón *et al.*, 2007 ; Murguetio *et al.*, 2015 ; González-García et Martín-Martín, 2016). Par ailleurs, dans les savanes soudano-sahéliennes, seuls les arbres ont la capacité de garder leur feuillage vert pendant la saison sèche, ce qui en fait une ressource intéressante pour compléter les déficits nutritionnels habituels en saison sèche. Le fourrage des arbres ou arbustes, a l'avantage d'être en général très riche en azote, et est très fréquemment comparable en teneur en énergie, minéraux et vitamines à des aliments concentrés plus connus et conventionnels (Ivory, 1989). Il peut donc fournir une source valable de protéines supplémentaires dans le régime alimentaire des animaux et peut

également permettre d'améliorer la digestibilité des aliments de mauvaise qualité (Ivory, 1989) et améliorer ainsi la performance des animaux. Néanmoins, le fourrage des arbres et arbustes, notamment celui des espèces légumineuses, est riche en facteurs antinutritionnels (ex. tanins, saponines, composants cyangéniques, etc.). Cette caractéristique oblige à utiliser avec précaution cette ressource fourragère dans la ration des ruminants et notamment des herbivores c'est-à-dire en fonction du type d'animal, catégorie, finalité productive, ingrédients accompagnants etc. Chez les espèces ligneuses non-légumineuses telle que le mûrier blanc (*Morus alba*) il n'existe pas cette contrainte.

Pour améliorer durablement la productivité des élevages et augmenter la production de lait et des produits animaux en général, les éleveurs formulent des demandes d'innovations pour des ressources fourragères de qualité, plus économiques, plus productives et plus durables. Pour y arriver, les acteurs de l'élevage (éleveurs, chercheurs, décideurs) doivent réfléchir sur des solutions innovantes durables qui engageront le moindre coût en intrants, en capital et en travail et qui valoriseront au mieux les ressources déjà disponibles sur l'exploitation.

Dans le contexte actuel de déficit de pâturages naturels et de variabilité climatique sous-jacente, comment améliorer durablement et de manière efficiente la productivité des élevages laitiers ? quelles ressources et quelles pratiques d'affouragement des vaches pour des exploitations autonomes et efficaces ? Avec une démarche de recherche participative notre étude se propose de réfléchir et d'évaluer avec les producteurs et les acteurs locaux (techniques, politiques et coutumières) la potentialité et la faisabilité de l'installation de banques fourragères arbustives (BFA) dans les élevages laitiers de l'Ouest du Burkina Faso en travaillant sur la co-conception d'un système fourrager innovant incluant la banque fourragère arbustive dans une perspective (objectif ultime) d'autonomie fourragère et alimentaire de l'exploitation.

Hypothèses

En rapport avec nos questions de recherches, nous formulons les hypothèses suivantes :

H1 : les BFA sont une solution possible pour compléter les ressources actuellement disponibles dans les élevages, et contribuer ainsi à l'autonomie fourragère des exploitations ;

H2 : les BFA constituent une ressource fourragère réalisable dans les conditions pédoclimatiques du Burkina Faso avec un potentiel de production intéressant ;

H3 : la productivité laitière des vaches peut être améliorée par l'utilisation des BFA.

Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de concevoir en partenariat avec les producteurs, un système fourrager innovant intégrant des BFA à haute densité et d'évaluer leur potentiel fourrager et leur faisabilité d'installation pour enfin simuler leur effet sur les performances de production des vaches laitières.

Pour atteindre cet objectif, le premier objectif spécifique est de comprendre et référencer les logiques de conduite d'élevage des éleveurs laitiers.

Le deuxième objectif spécifique est d'expérimenter en milieu paysan, des banques fourragères arbustives à haute densité.

Le troisième objectif spécifique est de concevoir un outil de pilotage de la production de lait accessible et efficace pour les prises de décision.

Enfin le quatrième objectif spécifique est de d'évaluer *ex-ante* l'effet de l'introduction des banques fourragères arbustives sur la production de lait à la ferme.

Le travail de thèse présenté dans ce manuscrit est structuré en 6 chapitres :

Le chapitre 1 fait un état de l'art sur les caractéristiques des systèmes de production de lait et les paramètres de production des vaches.

Le chapitre 2 présente la zone d'étude et la démarche générale.

Le chapitre 3 présente les résultats du diagnostic des systèmes de production laitiers à l'Ouest du Burkina Faso qui a mis en évidence une diversité des pratiques de conduites des producteurs dans un contexte d'émergence des laiteries.

Le chapitre 4 présente les résultats des expérimentations des banques fourragères arbustives chez les producteurs de lait. Il présente le processus de co-conception, d'installation et d'exploitation des banques fourragères arbustives (BFA).

Le chapitre 5 présente les résultats de l'évaluation de l'effet de l'introduction des banques fourragères arbustives sur la production de lait à la ferme à l'aide du simulateur Prodlait.

Le chapitre 6 présente la discussion générale. Il aborde de façon critique et compare les résultats de ce travail aux résultats disponibles sur le sujet, Il souligne l'originalité de ce travail, revient sur les points forts et les limites de ce travail.

La conclusion générale revient sur les résultats saillants de ce travail et ouvre des perspectives de recherche.

CHAPITRE I REVUE DE LA LITTÉRATURE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DES
SYSTEMES DE PRODUCTION DE LAIT ET LES PARAMÈTRES DE
PRODUCTION DES VACHES

I.1 Principes et définitions des concepts utilisés

I.1.1 Système de production

Le système de production peut se définir comme un ensemble d'objectifs, de moyens disponibles et de la mise en œuvre de ces moyens (Milleville *et al.*, 1982). Le système de production agricole englobe l'ensemble des systèmes techniques (système de culture, système d'élevage et système fourrager etc.), en interaction dynamique au sein d'une exploitation en prenant en compte l'environnement physique et socio-économique (Landais, 1992).

I.1.2 Système fourrager

Le terme "système fourrager" a commencé à être fréquemment employé à partir des années 1970 (Duru *et al.*, 1988). Depuis, plusieurs définitions sont proposées. Parmi elles, nous avons retenus quelques définitions qui nous paraissent plus adaptées à notre étude : selon Attonatty (1980), il peut être défini comme « l'ensemble des moyens de production, des techniques et des processus qui, sur un territoire, ont pour fonction d'assurer la correspondance entre le ou les systèmes de culture et le ou les systèmes d'élevage ». De même, Lemaitre (1970), Touze *et al.*, (1979), définissent le système fourrager comme une combinaison de techniques allant du fourrage jusqu'aux performances animales et plus précisément en vue "d'une production animale correcte" voire "maximum".

Les ruminants sont par définition des animaux qui couvrent leurs besoins alimentaires par la consommation d'herbe et/ou de fourrages ou autres sources complémentaires. Le système fourrager comprend des pâturages (naturel ou artificiel/amélioré), des cultures annuelles ou pérennes de légumineuses ou de graminées. Les pâturages et les fourrages peuvent être exploités sur pied (le plus économique), en vert (*cut and carry*) ou en sec après stockage (foins, paille) et/ou après des processus de conservation plus complexe (ensilage). Selon le ruminant en présence, les objectifs de production de l'éleveur et les contraintes du milieu, les choix d'affouragement seront différents. Ces combinaisons de choix et de pratiques constituent le système fourrager (Agricultures et territoires, 2012).

I.2 Diversité et caractéristiques des systèmes de production de lait en Afrique de l'ouest

Selon l'OCDE/FAO (2016), la production laitière va croître dans toute l'Afrique. D'ici 2025, la consommation de produits laitiers frais par habitant va enregistrer une progression annuelle

de 1,7 % dans les pays en développement et les volumes de produits laitiers importés resteront élevés en Afrique.

En Afrique de l'Ouest, les filières laitières sont marquées par l'utilisation massive de la poudre de lait importée (Duteurtre, 2007). Les nombreuses tentatives de développement de la production locale à partir des années 1990 se sont soldées par des échecs comme dans la plupart des filières laitières en Afrique (Sraïri *et al.*, 2013 ; Thorpe *et al.*, 2000). Le modèle de production calqué sur le modèle des pays producteurs Européens n'a pas prospéré. La production de lait local est aujourd'hui assurée en grande partie par des petits producteurs en zone périurbaines et rurales à l'image des petits producteurs de laits en Afrique de l'Est qui portent le secteur laitier (Thorpe *et al.*, 2000). Mais la production est saisonnière et difficile à collecter. La transformation est assurée par des mini laiteries de capacités faibles, qui sont saturées en saison des pluies et sous approvisionnées en saison sèche. Les politiques laitières se mobilisent pour augmenter la collecte du lait en mettant en place des centres de collectes plus proches des sites de productions et, en soutenant le développement des programmes d'améliorations génétiques. L'enjeu aujourd'hui est la sécurisation de l'approvisionnement des laiteries en lait local et le maintien d'un élevage rémunérateur pour les milliers d'exploitations qui pratiquent cette spéculation. La production laitière représente un potentiel important pour le développement économique et la sécurité alimentaire des zones rurales (OCDE/FAO, 2016). Les systèmes d'élevages en Afrique sont divers en fonction des ressources du milieu et des objectifs poursuivis par les producteurs. En Afrique de l'Ouest on trouve principalement : les systèmes pastoraux, les systèmes agropastoraux et les systèmes spécialisés à visée commerciale (Diop, 2015 ; Hamadou *et al.*, 2003). Chaque système est constitué de sous-systèmes qui se distinguent en fonction des pratiques et des caractéristiques du milieu où il se met en place.

I.2.1 Les systèmes pastoraux

Dans ce système la mobilité est la forme de conduite utilisée par excellence pour exploiter les pâturages naturels. La mobilité des troupeaux est régie par les connaissances empiriques des zones de pâturages (Vall et Diallo, 2009), par le régime des pluies et par les conditions sanitaires (Metzger *et al.*, 1995). L'alimentation du bétail provient essentiellement du pâturage naturel. Ce système utilise de très faibles intrants qui sont généralement limités aux produits vétérinaires (Hamadou *et al.*, 2003). Dans la région Ouest Africaine, l'élevage pastoral est aux mains des pasteurs nomades et transhumants. En fonction des régions agroécologiques on peut distinguer : le système d'élevage purement pastoral pratiqué par les Touareg et les Maures dans les zones

arides et semi-arides, le système d'élevage pastoral associé aux cultures pluviales ou de décrues pratiqué par les Maures et les Peuls (Coulibaly, 2008). Dans les zones subhumides, la migration des pasteurs (Pradère, 2007), provoquée par les années de sécheresse dans les zones sahéliennes a engendré des relations d'association et de compétition entre les communautés pastorales et les agriculteurs pour l'accès aux ressources (Awa *et al.*, 2004 ; Dugué *et al.*, 2004 ; Dongmo *et al.*, 2012). Dans ces systèmes, le bétail, constitue un moyen d'épargne pour faire face aux dépenses courantes de l'exploitation et à l'insécurité alimentaire (Faye, 2001) et la production laitière y occupe une place importante (Ancey, 1998 ; Meyer et Denis, 1999 ; Coulibaly, 2008). Les produits issus de ces systèmes et qui sont sources de revenus, sont principalement le lait et la vente sur pied des animaux.

I.2.2 Les systèmes mixtes de polyculture-élevage

Les systèmes de production agricoles en Afrique de l'Ouest sont dominés par les systèmes polycultures-élevage ou systèmes mixtes. Ils concentrent environ 60% du cheptel bovin contre 34% pour les systèmes pastoraux (Robinson, 2011). Dans les systèmes agropastoraux, l'élevage joue un rôle important dans la sécurité alimentaire en tant que source de protéine (viande, lait), d'énergie agricole (Lhoste *et al.*, 2010), de fertilisation des parcelles (Bouwman *et al.*, 1997; Blanchard *et al.*, 2013) et constitue la principale forme d'épargne des ménages ruraux qui ont peu accès au système bancaire (Alary *et al.*, 2011).

Les systèmes de polyculture-élevage utilisent une combinaison de sources d'aliments : pâturage sur des terres non cultivées, cultures fourragères, sous-produits agricoles et agroindustriels et aliments achetés (Mulumba *et al.*, 2008). La combinaison entre agriculture et élevage conduit à un recyclage des nutriments et augmente ainsi la durabilité et la préservation de l'environnement des systèmes de productions (Mulumba *et al.*, 2008 ; Vall *et al.*, 2014).

La production de lait est supportée par une faible complémentation constituée de sons de céréales, les graines de coton et les quantités distribuées dépassent rarement 1 kg par vache en saison sèche (Coulibaly *et al.*, 2007) ; les résidus de cultures sont constitués par les pailles de céréales moins riches en éléments nutritifs (Hamadou et Sanon, 2005). Mais ces systèmes constituent un levier important à l'approvisionnement des villes en produits laitiers en raison de leur importance numérique (Herrero *et al.*, 2010 ; Vall *et al.*, 2014).

I.2.3 Les systèmes intensifs et spécialisés à visée commerciale

L'élevage intensif se définit communément comme un mode d'élevage dont on obtient de hauts rendements zootechniques. Il est caractérisé par un niveau d'investissement en infrastructures d'élevage, une utilisation d'intrants alimentaires et vétérinaires relativement importants. Les animaux sont maintenus en stabulation avec parfois un accès limité au pâturage naturel. L'élevage est conduit comme une véritable entreprise orientée vers un objectif de production bien défini. En Afrique de l'Ouest les systèmes intensifs sont décrits essentiellement comme des étables péri-urbaines ou des fermes à vocation laitière (Corniaux et Duteurtre, 2014), ou encore des ateliers spécialisés d'embouche bovine (Sanon *et al.*, 2014). Ces élevages se sont développés sur le modèle occidental avec l'importation de races à lait ou à viande plus productifs puis des croisements avec les races locales (zébus, taurins), ou par des inséminations artificielles à partir de la semence importée. Les races généralement utilisées au Burkina Faso sont : la Tarentaise, la Brune des Alpes, la Montbéliarde, le Gir, le Girolando, la Jersiaise, la Holstein et la Limousine. La dynamique de création des ceintures laitières en milieu urbains et périurbains dans la plupart des pays pour exploiter les possibilités de produire et de vendre du lait aux consommateurs des villes fut soutenue par des programmes de développement (Metzger *et al.*, 1995 ; Alary *et al.*, 2007) ou par des fermes d'états (Duteurtre, 1998). Cependant ces modèles de références ont donné des résultats mitigés et leur nombre est insuffisant pour satisfaire la demande de plus en plus croissante.

I.3 Paramètres zootechniques des vaches utilisées dans la production de lait en Afrique de l'Ouest

I.3.1 Les races bovines utilisées dans la production de lait

Selon Kassa *et al.* (2016), on dénombre au total vingt et une (21) races bovines en Afrique de l'Ouest qui se répartissent comme suit : 5 races taurines, 6 races zébus, 9 races métissées, et la Girolando (race exotique d'origine Brésilienne) (Tableau I). Originellement, les taurins, trypanotolérants, provenaient des zones côtières généralement infestés de glossines et de tiques tandis que les zébus étaient issus des zones sahéliennes. Selon Kassa *et al.* (2016) la production journalière des taurins est plus faible et varie de 0,4 litre à 5,3 litres tandis que les zébus produisent entre 1,5 litres et 6,7 litres par jour.

Tableau I : Principales races bovines utilisées dans la production de lait en Afrique de l’Ouest (Adapté de Kassa *et al.*, 2016)

Races bovines	Origine	Aire de distribution	Production moyenne de lait (litre/jour)	Sources
Taurin N’dama	Guinée: Fouta Djallon	Guinée, Mali, Côte d’Ivoire, Sénégal, Bénin, Burkina Faso	0,54 à 0,75 litre en élevage extensif 1,3 litre en élevage semi-intensif	Cissé (2000); FAO (2003); Bouyer (2006) Gbodjo et al. (2014); Gbangboché et Alkoiret (2011)
Taurin Kouri	Tchad: île et littoral du lac	Niger, Nigéria, Tchad	5,33 litres en élevage extensif	Zeuh et al. (2014)
Taurin Lagunaire	Bénin: Sud	Côte d’Ivoire, Ghana Bénin, Guinée, Côte	0,36 litre en élevage semi-intensif	Belemsaga (2000)
Taurin Somba	Bénin: Atacora	Bénin, Togo	0,48 litre en élevage extensif	Adanléhoussi et al. (2003); Kassa et Moutouama (2009)
Bovin Borgou	Bénin: département du Borgou	Faso, Nigéria, Bénin, Togo, Burkina Faso	0,8 à 1,30 litre en élevage extensif 0,8 à 1,77 litre en élevage semi intensif	Domingo (1976); Dehoux et Hounsou-vê (1993); Gbodjo <i>et al.</i> (2014) Senou <i>et al.</i> (2008); Gbangboché et Alkoiret (2011); Youssao (2015)
Zébu M’Bororo	Niger	Niger, Soudan, Nigéria, Mali, BurkinaFaso, Bénin,	1,75 litre en élevage extensif	Youssao (2015)
Zébu Azawak	Niger: vallée de l’Azawak	Niger, Mali, Burkina Faso; Bénin, Côte d’Ivoire	4,5 litres en élevage extensif • 6,74 litres en élevage semi-intensif	Cissé (2000) Ouédraogo (2013)
Zébu White Fulani	Niger, Nigéria	Niger, Nigéria, Mali (Macina), Bénin, Burkina Faso, Côte d’Ivoire	1,52 litre en élevage extensif 65 litres en élevage semi-intensif 3,14 litres en élevage intensif	Ouédraogo (2013) Marichatou et al. (2005); Meyer (2014)
Zébu Goudali	Nigéria	Nigéria, Niger, Bénin, Burkina Faso, Côte d’Ivoire	3,7 kilogrammes en élevage extensif sédentaire 4,7 kilogrammes en élevage extensif transhumant	Assani et al. (2015)
Zébu Gobra	Sénégal	Sénégal, Mali	1,75 litre en élevage extensif	Bouyer (2006); N’diaye (2006)
Zébu Maure	Mauritanie	Mauritanie, Sénégal, Niger, Mali, Burkina Faso	4,55 litres en élevage extensif	Cissé (2000); N’diaye (2006)

Métisse Azawak x Lagunaire	Bénin: Samiondji	Bénin	0,75 litre en élevage semi-intensif	Youssao (2015)
Bovin Girolando	Brésil	Brésil, Sénégal, Bénin	6,33 litres en élevage semi-intensif 6,85 kilogrammes en élevage semi intensif 12 litres en élevage intensif	Alkoiret et al. (2011) Byishimo (2012) Doko et al. (2012)
Girolando x Borgou	Bénin	Bénin	5,5 litres en élevage semi-intensif	PDE (2008)
Gir x Borgou	Bénin	Bénin	10 litres en élevage semi-intensif	Youssao (2015)
Holstein x Borgou	Bénin	Bénin	3 litres en élevage semi-intensif	Youssao (2015)
White Fulani x N'Dama	Côte d'Ivoire	Côte d'Ivoire	0,97 kilogramme en élevage extensif	Gbodjo et al. (2014)
White Fulani x Méré	Côte d'Ivoire	Côte d'Ivoire	0,97 kilogramme en élevage extensif	Gbodjo et al. (2014)
Holstein x zébu Gobra	Sénégal	Sénégal	7,3 litres en élevage semi-intensif	Kéita (2005)
Montbéliarde x zébu Gobra	Sénégal	Sénégal	5,7 litres en élevage semi-intensif	Kéita (2005)
Montbéliarde x N'Dama	Côte d'Ivoire	Côte d'Ivoire	4,05 litres en élevage semi-intensif	Yapi-Gnaoré et al. (2009)

Légende : SE : système d'élevage extensif ; SSI : système d'élevage semi-extensif ; SI : système d'élevage intensif ; SES : système d'élevage sédentaire ; SET : système d'élevage extensif transhumant

I.3.2 Performance de reproduction des vaches

Une génisse ne devient productive et rentable qu'après une période de croissance et de gestation. Pour assurer de bonnes performances en première lactation, un développement corporel suffisant doit être atteint lors du premier vêlage. Le poids vif au premier vêlage est un des paramètres essentiels d'évaluation du développement des génisses et un indicateur des performances laitières des primipares (Reiche *et al.*, 2015). Aussi pour optimiser la production en élevage, la minimisation de la période de vie non productive des vaches (âge au premier vêlage, intervalle de vêlage, etc.) est un critère essentiel à prendre en compte (Bourzebda *et al.*, 2006). En milieu tropical et en Afrique de l'ouest en particulier, les performances de reproduction des vaches sont médiocres. Avec un âge moyen à la réforme de 10 ans, une vache fait au mieux 3 à 4 vêlages durant sa carrière. En considérant un sex-ratio de 50 % et en prenant en compte les mortalités des veaux (12 %) et des génisses (4 %), d'après Ba *et al.* (2011), une vache produit 1,2 à 1,6 génisses, ce qui induit un faible taux de renouvellement des vaches.

I.3.2.1 Age au premier vêlage et intervalle entre deux vêlages

L'âge au premier vêlage des vaches conditionne la durée de leur vie productive. Plus elles vêlent tard, plus leur vie productive sera courte et moins elles produiront de veau et de lait pendant leur carrière. Les bovins tropicaux sont en général tardifs (Tellah *et al.*, 2015). L'âge au premier vêlage en zone tropicale africaine est influencé par les conditions d'élevage en général et la variation interannuelle de la disponibilité fourragère influence l'âge au premier vêlage. Il varie aussi en fonction de la race et du système d'élevage (Tellah *et al.*, 2015 ; Amadou N'diaye *et al.*, 2003). Par ailleurs l'âge au premier vêlage a une influence sur la durée de l'intervalle entre vêlage des vaches selon Amadou-N'diaye *et al.* (2002).

L'intervalle entre vêlage des vaches en Afrique tropicale est supérieur à 12 mois (Tableau II), qui est l'objectif recherché en élevage laitier entre deux vêlages. L'intervalle entre vêlage est affecté par l'année de vêlage, la saison de vêlage, et le rang de lactation Alkoiret et Gbangboche (2005). Au Burkina Faso, CIPEA (1992) et Ouédraogo (1995) ont rapporté 32 mois et 53-54 mois comme âge au premier vêlage respectivement dans des élevages améliorés utilisant des laitières importées (Montbéliarde, Brunes des Alpes, Tarentaise et Jersiaise) et dans des élevages traditionnels utilisant les zébus Peulhs Soudaniens. Les intervalles entre les vêlages étaient respectivement 14 mois et 17-24 mois dans les élevages améliorés et dans les élevages traditionnels, ce qui paraît long pour les élevages traditionnels.

Tableau II : Age au premier vêlage et intervalle entre vêlage des bovins en Afrique de l'Ouest

Références	Race	Age au premier vêlage	Intervalle de vêlage
Moussa Garba (2016)	Zébus Africains	30-60 mois	14-16 mois
Sokouri <i>et al.</i> (2014)	Montbéliarde x N'Dama	45 et 60 mois	16 mois
Adamou-N'diaye <i>et al.</i> (2002)	Bourgou	37 mois	15 mois
Denis et Thiongane (1973)	Zébus Gobra	45 mois	16 mois
Achard et Chanono (2006).	Azawak	36,5 mois	14 mois
CIPEA (1992)	Baoulé	56 mois	17 mois
Tellah <i>et al.</i> (2015)	Zébus Arabe	44 mois	18 mois
	Zébus Bororo	55 mois	
	Taurin Kouri	42 mois	
Alkoiret et Gbangboche (2005)	Lagune	48 mois	14 mois
Ouédraogo (1995)	Zébus Soudanien	53-54 mois	19-24 mois
	Azawak x	32 mois	
	Montbéliarde/Brunes des Alpes/Tarentaise/Jersiaise		

I.3.2.2 Fertilité et fécondité des vaches

Pour atteindre l'objectif de dix mois de lactation et un veau par vache et par an, Charron (1986), propose un diagnostic des critères objectifs d'évaluation des performances de la reproduction du cheptel afin de lever les obstacles qui affectent négativement la reproduction des vaches. Parmi ces critères, la fertilité et la fécondité jouent un rôle important pour situer, prévoir et organiser les actions d'amélioration des performances de reproduction des vaches.

Badinand (1983), définit la fertilité par rapport au nombre de gestations par unité de temps. La fertilité est un paramètre physiologique qui représente l'aptitude d'une femelle à être fécondée au moment où elle est mise à la reproduction. Dans un troupeau, le taux de fertilité vrai se définit comme le nombre de femelles ayant mis bas par rapport au nombre de femelles pleines tandis que le taux de fertilité apparent est le nombre de femelles gestantes sur le nombre de femelles mises à la reproduction.

Selon Thibault et Levasseur (2001), la fécondité est l'aptitude d'un individu à produire un ou plusieurs gamètes capables de féconder ou d'être fécondés. Le taux de fécondité est déterminé par le rapport entre le nombre de jeunes nés et le nombre de femelles mises à la reproduction. Pour Soltner (2001), deux des objectifs de fécondité et de fertilité les plus pertinents se résument à l'intervalle entre vêlage égal à un an et à l'intervalle vêlage premières chaleurs qui doit être inférieur à 70 jours pour pratiquement 100% des vaches (le pourcentage des vaches en anœstrus entre 70 et 90 jours ne doit pas dépasser 2% de l'effectif). Au Burkina Faso, dans les élevages

traditionnels, le taux de fertilité des vaches se situe entre 76 et 82 % et le taux de fécondité entre 67 et 78%.

I.3.3 Production et qualité du lait

Légalement le lait est défini comme le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (Meyer, 2018). Théoriquement la production de lait débute au vêlage, augmente pendant les premières semaines après le vêlage pour atteindre un pic et diminue progressivement jusqu'au tarissement. En général, la production de lait varie en fonction des facteurs génétiques et des conditions d'élevage (conduite des vêlages, alimentation, santé, abreuvement, etc.) (Coulon *et al.*, 1990). Pour les vaches allaitantes (zébus et taurins) africains, conduites de façon extensive, la production de lait connaît des variations interannuelles et intra-annuelles du fait que leur alimentation est basée presque exclusivement sur les ressources naturelles (Diop *et al.*, 2009). Plusieurs paramètres permettent de caractériser la production et la qualité du lait des vaches.

I.3.3.1 Durée de lactation

La durée de lactation correspond au nombre de jours qui s'écoule entre le début de lactation et le début du tarissement. Chez la plupart des vaches en Afrique de l'ouest, la lactation ne dépasse pas 9 mois, elle varie de 293 jours (Vaitchafa, 1996) à 305 jours (Soulard, 1994 ; Toe, 2001) chez la vache Azawak. Chez la vache zébu Goudali, la lactation dure 230 jours (Gagara, 2005). La durée de lactation varie entre 170 et 240 jours de lactation pour les zébus peulhs, taurins Ndama et zébu Gobra (Mémento, 2002). En général la durée de lactation des vaches en Afrique de l'Ouest est inférieure à celles des vaches Européennes qui se situe au minimum à environ 305 jours (Vaitchafa, 1996). La durée de lactation est fortement influencée par le milieu et la conduite de l'élevage (Meyer et Denis 1999) et il n'est pas rare d'observer dans les systèmes pastoraux ou agropastoraux une pratique de prolongation de la durée de lactation.

I.3.3.2 Durée de tarissement

La période de tarissement s'étend de la fin de lactation jusqu'au vêlage suivant. C'est la période pendant laquelle la traite est interrompue par l'éleveur pour permettre à la vache de reconstituer ses réserves. Idéalement la durée de tarissement des vaches laitières européennes se situe entre 45 et 65 jours (Pupin *et al.*, 2011 ; Annen *et al.*, 2004; Remond et Bonnefoy, 1997). Chez les

vaches tropicales la durée de tarissement est plus longue, entre 90 et 120 jours chez la Ndama (Sokouri *et al.*, 2014). Vaitchafa, (1996) a rapporté une durée de 283 jours chez le zébu peulh. En général dans les élevages extensifs le tarissement se fait sans intervention du producteur ; la période de tarissement commence au sevrage quand le veau arrête de téter. La gestion du tarissement a un rôle important et sa durée influence la production de lait des vaches à la fois sur la lactation passée et sur la lactation à venir (Sérieys, 1997). Une attention particulière doit être observée sur l'alimentation de la vache en cette période, afin qu'elle ne soit ni trop maigre ni trop grasse avant le vêlage.

I.3.3.3 Courbe de lactation

La courbe de lactation est caractérisée par plusieurs paramètres (Masselin *et al.*, 1987) dont :

- La durée de lactation ;
- La production totale obtenue pendant la durée de lactation ;
- La production initiale estimée par la moyenne des productions des 4^e, 5^e et 6^e jours de lactation ;
- La production journalière maximum à la date du pic de lactation ;
- Le rythme de croissance de la production de lait en phase ascendante ;
- La persistance de la production de lait en phase décroissante ;
- La forme de la courbe.

On évalue l'aptitude laitière des vaches par rapport à la production totale obtenue pendant toute la durée de lactation. Cette méthode ne traduit cependant pas l'évolution des productions journalières, qui présente un réel intérêt zootechnique. Il est commode, dans la pratique, de figurer cette évolution sous la forme d'une courbe de lactation, construite à partir des productions journalières, effectivement observées. La production totale des vaches se résume souvent au lait trait sans tenir compte la part prélevée par le veau. En Afrique, très peu de d'études existent sur la caractérisation des courbes de lactation des vaches (Tableau III). La courbe de lactation des vaches demi-sang Frissonne-zébu malgache, rapportée par Ramaheriajoana (1987) à Madagascar, indique un pic de lactation à 50 jours après la mise-bas, et une durée de lactation de 330 jours. Chez les zébus Boran élevés en Ethiopie et au Kenya (CIPEA, 1984), la courbe de lactation présente une allure bimodale pour des vaches qui mettent bas en début de saison des pluies ; par contre pour des vaches qui mettent bas en saison sèche et qui ne sont pas complémentées, le pic de lactation est différé en saison des pluies quand les conditions d'alimentation deviennent favorables.

Tableau III: Valeurs indicatives de la production de lait par mois d'une vache Bunaji et d'une vache zébu malgache pendant une lactation

Mois	Mattheewman, 1991 (Vache Bunaji) kg/j	Ramaheriajaona, 1987 (zébu malgache) kg/j
0	3	7
1	5	11,5
2	5	12
3	5	10,5
4	4	10
5	4	8,5
6	3	8
7	2	7
8	2	6
9	1	5
10	1	4

I.3.3.4 Composition et qualité du lait de vache

La composition et la qualité nutritionnelle du lait varie d'une espèce à une autre. La densité du lait de vache Djakoré, zébus Godra, N'Dama et des métis est en moyenne de 1,029, que ce soit pour le lait de mélange et le lait individuel des vaches (Kalandi *et al.*, 2015). Ces auteurs ont trouvé des valeurs moyennes de 44,97 g/l de matière grasse; 134,28 g/l de matière sèche; 35,09 g/l en matière protéique et 45,69 g/l en lactose. Courtet Leymarios (2009) a obtenu des moyennes suivantes des races françaises : densité de 1,033 à 20°C ; pH entre 6,50 et 6,65 ; taux butyreux de 30 à 60 ‰ (3,9 % en moyenne). Il y a aussi environ 90 % d'eau, 4,7 à 5,2 % de lactose (glucide), 3,5 % de protéines dont 2,7 à 3 % de caséine et 0,9 % de minéraux. En revanche il est en très pauvre en vitamine D. La composition du lait de la vache et sa qualité sont dépendantes de plusieurs facteurs : la race, la santé, l'alimentation, l'hygiène de la traite, le stade physiologique, la saison etc. (Coulomb *et al.*, 1991 ; Agabriel *et al.*, 1997). Le lait est un produit périssable qui peut présenter un risque important de contamination par des pathogènes. Sa qualité biologique dépend fortement des opérations menées aux différents stades de la chaîne de production. De plus, l'utilisation des soins vétérinaires non conventionnels dans des élevages a un impact sur la qualité biologique du lait trait. Des études ont montré la présence d'antibiotiques dans les produits laitiers au Burkina Faso (Bagré *et al.*, 2015) et au Mali (Bonfo *et al.*, 2003).

I.4 Alimentation et nutrition des vaches traites

L'alimentation a pour objectif de fournir les éléments nutritifs permettant de satisfaire l'ensemble des besoins. Pour une vache laitière, ces besoins sont représentés par les besoins d'entretien, de production, de gestation et le cas échéant de croissance s'il s'agit d'une primipare. La couverture de ces besoins permet d'obtenir une production optimale si elle est réalisée en respectant la physiologie générale de la vache en lactation.

Les systèmes d'unités d'alimentation permettent de calculer les régimes alimentaires adaptés aux besoins des animaux. L'ancien système d'unité d'alimentation des ruminants utilisant les unités fourragères (UF) pour l'énergie et les matières azotées digestibles (MAD) pour les protéines, développés par Leroy en 1926 a évolué dans les années 1978. Il a fait place à un système plus dynamique utilisant les unités fourragères lait (UFL) et viande (UFV) pour l'énergie, les protéines digestibles dans l'intestin (PDI) pour les protéines, et l'unité d'encombrement (UE) pour l'ingestion. Ces systèmes sont en constante évolution avec des mises à jour périodiques en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques et des nouveaux enjeux des filières animales (Sauvant et Nozière, 2013). Ces mises à jour concernent également les valeurs des fourrages et des concentrés pour l'ensemble des espèces animales.

Ces dernières années, l'optimisation de l'efficacité d'utilisation des protéines dans la nutrition des ruminants est de plus en plus envisagée afin d'améliorer la prévision des besoins et des réponses des ruminants aux apports protéiques. De nouvelles lois sont en cours d'introduction dans la révision des systèmes d'alimentation pour les ruminants proposés par l'INRA (Sauvant *et al.*, 2016). Le nouveau dispositif prendra en compte des paramètres tels que : les interactions digestives, la balance protéique du rumen, le transit et la dégradation des protéines et de l'amidon, les matières organiques fermentées dans le rumen, la prédiction des acides gras volatiles dans le rumen, la digestion intestinale etc., qui limitent le système UF-PDI actuel.

Dans le contexte des régions tropicales telles que celle de l'Afrique de l'Ouest, où l'on dispose de très peu ou pas d'informations sur les valeurs des fourrages et concentrés compatibles avec le système UF-PDI, le système ancien (UF-MAD) continue d'être le seul à même de fournir des données sur l'alimentation et la nutrition dans les élevages. Pour les besoins de cette thèse, ce système UF-MAD sera utilisé pour accompagner les producteurs laitiers dans la gestion de l'alimentation et l'ajustement des rations des vaches laitières.

I.4.1 Capacité d'ingestion et utilisation des aliments par les vaches

Les besoins des vaches sont influencés par plusieurs facteurs : le poids, la production laitière, l'état corporel, la période de lactation, la période de gestation et l'âge de la vache (Cuvelier et Dufrasne 2015). Les animaux se caractérisent par cinq catégories de besoins différents, qui doivent être couverts par l'alimentation : l'énergie, les matières azotées, les minéraux, les vitamines et l'eau (Cuvelier et al., 2015). La capacité d'ingestion d'une vache correspond à la quantité d'aliments distribués à volonté qu'elle ingère volontairement. Les quantités ingérées dépendent de la capacité d'ingestion de l'animal mais également de la stratégie de distribution de la ration. Selon Faverdin *et al.* (2007) l'augmentation des quantités ingérées est souvent le premier moyen d'accroître l'apport d'énergie considéré comme le principal facteur alimentaire limitant la production laitière chez les vaches laitières. Les dépenses énergétiques des animaux sont de trois types : la dépense d'entretien pour le maintien du métabolisme basal et le maintien du poids, la dépense de production (croissance, gestation, lactation) et la dépense liée à l'utilisation des aliments (ingestion, digestion, absorption des nutriments). Selon la digestibilité de la ration apportée, une fraction plus ou moins importante de l'énergie brute se retrouve dans les matières fécales. Une fraction de l'énergie digestible résultante est ensuite perdue via les urines et les gaz. L'énergie métabolisable obtenue est en partie dissipée au niveau cellulaire pour qu'en définitive il reste l'énergie nette disponible pour les besoins d'entretien et/ou de production. Selon Brisson *et al.* (2003), l'énergie joue des rôles multiples dans la production d'hormones de la reproduction (LH, progestérone), l'activité ovarienne, le développement des ovocytes.

I.4.2 Besoins et apports en énergie des vaches

L'énergie représente un facteur fréquent de situation de carence ou d'excès et représente l'élément nutritif le plus coûteux des rations (Sauvant *et al.*, 2004). La prévision des besoins énergétiques des animaux sépare le besoin d'entretien proportionnel au poids vif (PV) et exprimé par rapport au poids métabolique ($PV^{0,75}$) pour toutes les espèces, du besoin de production proportionnel à la quantité d'énergie fixée dans le produit élaboré selon la qualité (Sauvant *et al.*, 2004). Chez la vache allaitante en France par exemple, le besoin énergétique pour l'entretien correspond à près de 70% des besoins totaux annuels contre 40 à 50% chez la vache laitière (De la Torre et Agabriel, 2017). Selon cet auteur, la production de lait des vaches allaitantes est très peu affectée par le niveau de d'énergie disponible car en plus des apports dont la vache tamponne les variations, elle mobilise ses réserves corporelles et alloue suffisamment de nutriments pour la production de lait ce qui est différent chez la vache laitière

ou la production de lait potentielle s'accroît avec l'augmentation de la capacité d'ingestion (Faverdin *et al.*, 2007). Par exemple pour produire de lait, il faut ajouter aux besoins d'entretien et de croissance 0,44 UFL par kilogramme de lait à 4% de matière grasse (Agabriel, 2010). Il importe d'améliorer la consommation de la matière sèche en début de lactation (choix des aliments, ajustement des quantités, etc.), pour agir positivement sur la reproduction des vaches et d'avoir des stratégies alimentaires permettant de minimiser les pertes de poids vif en fin de gestation et en début de lactation (Meryer, 2009).

I.4.3 Besoins et apports en matières azotées des vaches

Les protéines digérées sous-forme d'acide aminé par la vache proviennent des portions des protéines brutes ingérées non dégradées dans le rumen et à plus de 50% des protéines fabriquées par les microorganismes du rumen (Sauvant *et al.*, 2015 ; Delteil *et al.*, 2015 ; Lapierre *et al.*, 2014). Dans ces conditions les apports réels doivent être planifié pour correspondre aux besoins nécessaires pour supporter les fonctions métaboliques de l'animal afin d'optimiser l'utilisation des matières azotées. Les protéines arrivant à l'entrée de l'intestin pour être digérées sont complètement différentes, en quantité et en composition, des protéines ingérées par la ration. Cette différence entre matière azotée total (MAT) ingérées (g/kg MS) et MAT au duodénum (g/kg MS) en excluant la fraction ammoniac perdu dans les urines, représente le bilan digestif azoté apparent du rumen, appelé balance protéique du rumen (Sauvant *et al.*, 2015 ; Sauvant et Nozière, 2013). Ce bilan protéique du rumen permet de prévoir les excès d'azote par rapport aux besoins et ainsi d'équilibrer les rations. Par ailleurs selon Meyer (2009), la vache laitière en condition de production intensive a rarement une carence en matières azotées contrairement à l'énergie.

I.4.4 Besoins et apports en minéraux et en vitamines des vaches

Les éléments minéraux jouent un rôle double dans le rumen en agissant sur certaines propriétés physico-chimiques de l'environnement et en intervenant dans le métabolisme propre des microorganismes. La majorité des aliments ont des coefficients d'absorption réelle en minéraux supérieur à 60% en dehors du calcium dont le niveau est plus bas (20 à 50%) (Brunschwig, 2013). Les apports de minéraux doivent tenir compte de ces teneurs dans les calculs d'apports nécessaires. Les vitamines et les oligo-éléments participent au bon fonctionnement de l'organisme, mais doivent être apporté à très petites quantités (Brunschwig, 2013). Chez les

ruminants, les synthèses microbiennes du rumen et du caecum rendent les risques de carence de certaines vitamines (la vitamine B par exemple) très peu probables (Delteil *et al.*, 2015).

I.4.5 Besoins et apports en eau

En règle générale les vaches laitières sont abreuvées à volonté. Les besoins en eau des vaches en lactation sont étroitement liés à leur production de lait. La consommation d'eau est de l'ordre de 3 litres d'eau/litre de lait collecté selon Cuvelier et Dufrasne (2015). Dubreuil (2003) parle d'environ 4 litres d'eau par litre de lait produit. Ces quantités peuvent cependant varier grandement, en fonction du type d'alimentation, et plus précisément, du contenu en eau des aliments ingérés par l'animal ; de la température extérieure ; du gabarit de l'animal et de son statut physiologique (génisse, vache en lactation, vache tarie gestante) (Delteil *et al.*, 2015). Vaitchafa (1996) préconise 4 à 5 litres d'eau par kg MS ingéré. Au Sahel, pendant la saison pluvieuse les besoins en eau sont quasiment nuls (l'eau de constitution des fourrages couvre la plupart des besoins des animaux), ils sont par contre très élevés en saison sèche chaude (Lhoste *et al.*, 1993).

I.4.6 Rationnement des vaches laitières

L'aptitude laitière des vaches est le reflet de leur faible potentiel génétique mais est également le résultat d'une alimentation déficiente, en énergie, en matière azotées et en minéraux indispensables (Agabriel, 2010). Le calcul d'une ration commence par l'identification et la vérification de l'équilibre de la ration de base. Pour déterminer les quantités de fourrages et d'aliments concentrés à apporter, Il est indispensable de connaître leurs valeurs d'encombrement et énergétique. Il faut ensuite définir un concentré d'équilibre au cas où les besoins ne sont pas couverts, pour apporter la différence de besoins en énergie et en protéine pour équilibrer la ration (Croisier et Croisier, 2014). Les rations de bases des vaches en milieu tropical étant essentiellement basées sur le pâturage naturel, les apports en compléments sont nécessaires pour couvrir les besoins et équilibrer les rations. Selon Rivière (1991), il est possible avec une légère amélioration de la ration de l'ordre de 1 UF/jour, distribué en saison sèche, d'obtenir une augmentation de plus de 50 % de la production. Un déficit d'aliment de bonne qualité peut entraîner la chute de la production quotidienne des bonnes laitières et raccourcir la durée de lactation.

Le rationnement des vaches laitières dépend de nombreux facteurs, dont plusieurs varient au cours de la lactation : l'âge, le poids vif de l'animal, le numéro de lactation, l'appétit,

l'importance de la production, le stade de lactation, les besoins d'une éventuelle gestation, les variations individuelles. La variation du poids vif et de l'état corporel des vaches au cours de la lactation, provoquées par la sous-nutrition, perturbent aussi bien la reproduction que la production de lait (Friggens *et al.*, 2010).

I.5 Santé des animaux

Selon Pradere (2014), le contrôle des maladies animales est un préalable indispensable à l'amélioration de la productivité. Dans les zones infestées de glossines (Pagabeleguem *et al.*, 2012), la trypanosomose animale africaine (TAA) reste la plus importante maladie du bétail (Courtin *et al.*, 2010). A côté de la TAA, les maladies causées par les tiques (Adakal *et al.*, 2013), la fièvre aphteuse (Roger *et al.*, 2004), provoquent une diminution des performances zootechniques des animaux. Les pathologies majeures liées à la production de lait des vaches sont : la tuberculose bovine, la brucellose bovine qui sont des zoonoses et les mammites (Traoré *et al.*, 2004). La cherté des produits vétérinaires et les coûts de prestation des agents vétérinaires conduisent à la pratique de l'automédication par les éleveurs (Koutou *et al.*, 2017), ce qui entraîne des mortalités et des cas d'antibiorésistance (Samandoulougou, 2016). Ces maladies et les pratiques sanitaires qui leurs sont appliquées affectent les performances des animaux et ont des répercussions économiques et hygiéniques considérables. Des programmes prophylactiques efficaces devraient permettre de diminuer la prévalence de ces maladies.

I.6 Les ressources alimentaires dans les exploitations productrices de lait au Burkina Faso

I.6.1 Le pâturage naturel

Le pâturage naturel constitue la base de l'alimentation des animaux. En fonction des saisons de l'année, les éleveurs usent des stratégies et de leurs connaissances du terroir pour conduire leurs animaux à la recherche des ressources naturelles pour satisfaire les besoins vitaux et de production (Vall et Diallo, 2009). Les animaux sont orientés vers les bas-fonds et les pâturages éphémères sur les zones de cuirasses en début de la saison des pluies pour exploiter les premières repousses. En pleine saison des pluies, les champs cultivés sont évités et une importance est accordée aux jachères et les zones de collines. Au début des récoltes, correspondant à la fin des pluies, la valeur alimentaire des jachères décline et les animaux sont redirigés vers les bas-fonds ou cantonnés sur les collines à l'écart des champs cultivés. En saison sèche froide, après les récoltes, les animaux pâturent les résidus de cultures aux champs. Enfin

en saison sèche chaude, les animaux parcourent l'ensemble des unités de pâturage du territoire tout en privilégiant les zones inondables à la recherche de l'eau. C'est durant cette dernière période que l'émondage des ligneux fourragers est pratiqué sur les unités de pâturage de collines par les éleveurs (Vall et Diallo, 2009).

Selon une étude de IEPC (2001), le bilan fourrager national au Burkina Faso, serait déficitaire en saison sèche de (-) 40% pour les matières azotées digestibles et de (-) 31% pour la matière sèche et les unités fourragères. De plus César *et al.* (2004) indiquent que la valeur azotée des graminées spontanées ou cultivées décline rapidement avec l'âge de la repousse. Pourtant, ce sont bien les herbacées surtout les graminées qui fournissent l'essentiel de l'alimentation des ruminants domestiques à l'Ouest du Burkina Faso (Botoni/Liehoun, *et al.*, 2006).

Dans le contexte actuel d'augmentation de la pression foncière, les zones autrefois propices au pâturage des animaux et qualifiées de zone clefs par Hatfield et Davies (2006) (zones de bas-fonds, les plaines inondables ou marécageuses et les réserves sylvopastorales), sont menacées de disparition ou rendues inaccessibles pour les animaux dans de nombreuses situations occasionnant des motifs de départ en transhumance à certaines périodes de l'année (Toutain *et al.*, 2001 ; Kagoné, 2004).

I.6.2 Les résidus de cultures et les sous-produits agro-industriels

Les résidus de cultures ou résidus de récoltes ou encore résidus agricoles désignent les parties fibreuses des céréales, de la canne à sucre, des racines et tubercules, des fruits secs (FAO, 2014). Au Burkina Faso les résidus de cultures sont principalement constitués de pailles (de maïs, de sorgho et de mil, de riz), de fanes (d'arachides, de niébé, de voandzou), de coques (de coton), de rafles (de maïs), de balles (maïs et de riz). L'utilisation des résidus de cultures varie en fonction de la structure de l'exploitation. L'utilisation des résidus de cultures dans l'alimentation des animaux est connue de même que leur faible valeur alimentaire (FAO, 2014 ; Sawadogo *et al.*, 1999).

Parmi les animaux domestiques, seuls les ruminants sont capables de valoriser les résidus de cultures et les fourrages pauvres grâce à leur tube digestif de polygastrique pour produire de la viande, du lait, de la fumure organique et du travail. La nature des résidus de cultures disponibles varie selon les zones agro-écologiques, et les types de cultures qui y sont pratiquées. Mais au Burkina Faso, les résidus de cultures sont constitués à 90-98% de résidus de céréales (maïs, mil et sorgho) et le reste de résidus de légumineuses (fanés de niébé, d'arachide et de Voandzou) (Sawadogo *et al.*, 1999). En terme de qualité, les résidus de céréales présentent de

faibles taux de protéines brutes (en moyenne 4,7% MS) et une faible digestibilité de la matière organique (49,2% MS) par rapport aux résidus de légumineuses qui sont de meilleure qualité (12,6 - 15,6% MS) et une digestibilité de la matière organique entre 57- 61% de MS (Sawadogo *et al.*, 1999).

Dans les élevages périurbains et urbains à visée commerciale la demande est plus orientée vers les sous-produits agro-industriels et de plus en plus de l'ensilage de sorgho et de maïs pour la production de lait et l'embouche bovine. En ce qui concerne les sous-produits de l'industrie agricole, il faut distinguer ceux issus de la transformation industrielle (tourteau de coton, tourteau d'arachide, tourteau de soja etc.) de ceux issus de la transformation artisanale constitués des principales céréales locales (son de riz, son de maïs, etc.).

Ces sous-produits se distinguent par leur valeur alimentaire et nutritionnelle mais également par leur coût d'achat sur le marché et par la technicité utilisée pour la production (cas de l'ensilage) (FAO, 2014).

En termes de commercialisation, si les résidus de cultures sont surtout commercialisés localement, les sous-produits de l'industrie agricole moderne font eux l'objet de commercialisation nationale, intrarégionale et extrarégionale. Mais la non maîtrise des techniques de valorisation, les difficultés de transfert des techniques existantes, la non maîtrise des disponibilités en ce qui concerne les résidus de cultures et les difficultés d'accès aux disponibilités réelles, et du circuit de commercialisation, l'absence de législation quant à leur commercialisation et à leur utilisation et la forte variabilité des disponibilités sont les principales contraintes quant à la généralisation de ces ressources alimentaires des animaux.

I.6.3 Les fourrages ligneux et les banques fourragères

Selon Shelton (2000), l'utilisation des arbres fourragers pour répondre aux besoins alimentaires du bétail peut améliorer la productivité des systèmes d'exploitation. En zone soudano-sahélienne, les ligneux représentent une véritable source de fourrages riches pendant la saison sèche quand le fourrage herbacé des savanes et des steppes perd sa valeur azotée et sont exploités parfois intensément (Le Houerou, 1980). Les ligneux des savanes et des steppes ont toujours fait l'objet de cueillettes pour compléter l'alimentation du bétail en saison sèche (César *et al.*, 2004). Plusieurs espèces d'arbres fourragers font l'objet d'émondage pour alimenter le bétail mais certaines parmi elles à savoir : *Kaya senegalensis*, *Azelia africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Ferdherbia albida*, *Acacia nilotica*, *Acacia tortilis*, *Daniella oliveri* etc., présentent

un intérêt fourrager beaucoup plus marqué (César *et al.*, 2004). D'après ces auteurs, la culture des arbustes fourragers locaux ou introduit est en mesure de compléter ces ressources.

En Afrique, le concept de "banque fourragère", est une méthode mise au point à la fin des années 1970 à Kaduna au nord du Nigéria par le CIPEA (Centre international pour l'élevage en Afrique) devenu ILRI (*International Livestock Research Institute*). La banque fourragère est une parcelle fourragère protégée, cultivée de plantes fourragères riches en éléments nutritifs (en général les légumineuses) destinées à assurer une alimentation stratégique pendant la période de soudure (Klein et Grimaud, 1998). Les banques fourragères ont débuté avec *Stylosanthes guianensis* qui fut abandonné au profit de *Stylosanthes hamata* du fait de sa vulnérabilité à l'anthracnose et au feu. Les banques fourragères se sont ensuite muées en soles fourragères au Mali et au Burkina Faso avec en plus des espèces telles que *Vigna unguiculata*, *Dolichos purpureus*. D'autres espèces telles que le *Mucuna Pruriens* et *Mucuna deeringiana* ont également été testés sous diverses formes.

En revanche les banques fourragères utilisant les ligneux fourragers ont été très peu rapportées dans la littérature. Les chercheurs du Centre international de recherche en Agroforesterie (ICRAF) se sont tournés dans les années 1990, vers des arbustes et arbres qui étaient déjà exploités par les éleveurs pour voir s'il était possible de les domestiquer. Divers projets de recherche ont été mis à l'essais sur des arbustes indigènes et exotiques dans des expériences conçues et gérées par les chercheurs mais qui n'ont pas connu de succès à part quelques essais réalisés à Ségou au Mali avec *Pterocarpus erinaceus* et *Gliricidia sepium* à densités de plantation faibles (Bayala *et al.*, 2014).

En Afrique de l'est les ligneux fourragers ont connus plus de succès (Franzel *et al.*, 2014) chez les producteurs principalement parmi les producteurs laitiers (Wambugu *et al.*, 2011). Les espèces exotiques telles que *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena diversifolia*, *Leucaena trichandra*, *Chamecystis palmensis* et *Sesbania sesban* y sont les plus plantées. Mais tout comme en Afrique de l'Ouest, les plantations sont généralement réalisées à faible densité dans des haies vives, dans les contours des champs et dans des espaces impropres aux cultures avec des rendements variables entre 0,5 et 6 tonnes de matières sèche par hectare par an en fonction des espèces (Franzel *et al.* (2014).

Au Burkina Faso des expérimentations avec plusieurs espèces (y compris *Leucaena leucocephala*) ont été rapportées par Bayala *et al.* (2009) en station au département de productions forestières de l'Institut de l'environnement et de recherches agricoles (INERA). Cette expérimentation visait à produire des références pour prédire les productions de fourrage et de bois sur le terrain. L'utilisation d'arbres a également été rapportée dans l'agriculture de

conservation (Bayala *et al.*, 2011). Au Burkina Faso, des arbres fourragers sont le plus souvent retrouvés dans des dispositifs de haies vives, les cultures en couloir, dans les dispositifs antiérosifs, pour la fertilisation des sols etc. En revanche une étude réalisée dans la zone périurbaine de Ouagadougou en 1994 a rapporté des essais de cultures de ligneux fourragers à base de *Cajanus cajan*, de *Sesbania sesban* et de *Leucaena leucocephala* dans des élevages améliorés à Bingo dans le département de Kokologo (Ouédraogo, 1995). Ces initiatives ont été promues par des programmes étatiques mais n'ont pas prospéré car elles ne prenaient pas suffisamment en compte les contraintes des producteurs. A notre connaissance il n'existe pas à ce jour de cultures intensives d'arbres fourragers exclusivement destinées à l'alimentation des animaux au Burkina Faso.

Dans d'autres régions tropicales comme en Amérique latine, dans les Caraïbes et en Asie du Sud, les banques fourragères arbustives sont installées à des densités de plantations allant jusqu'à plus de 80 000 arbres/arbustes par hectare (Datta, 2000 ; Saddul *et al.*, 2004 ; Noda et Martin, 2008 ; González-García et Martín-Martín, 2016) avec des rendements variant entre 10 et 15 tonnes de matière sèche à l'hectare.

L'utilisation des fourrages ligneux dans l'alimentation du bétail a un impact positif sur les performances de production. Selon Paterson *et al.* (1982), en introduisant 30% de *Leucaena leucocephala* dans un pâturage de graminée vivace, on multiplie par trois les GMQ des bouvillons en saison sèche. Cependant *Leucaena leucocephala* comporte des facteurs antinutritionnels tels que les tanins et la mimosine, ce qui constitue un frein à son utilisation (Soltan *et al.*, 2013). Sa consommation doit être donc limitée entre 30 et 40% de la ration journalière. Les fourrages de *Leucaena leucocephala* pourraient ainsi être utilisés en complément ou en substitution partielle aux ressources disponibles dans la ferme. De plus son caractère envahissant qui est souvent évoqué (Grubben, 2004) pourrait être maîtrisé par la gestion des BFA (coupes à 60, 90 et 120 jours d'intervalles), qui va empêcher les fruits d'atteindre la maturité et se disséminer.

Franzel *et al.* (2014) notent une augmentation de la production de lait de 0,6 à 0,8 litres par kilogramme de matière sèche de *Calliandra calothyrsus* ingéré mais également une augmentation des moyens de subsistances chez les producteurs qui utilisent les fourrages ligneux. En outre, les ligneux fourragers cultivés jouent un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols, de la santé des animaux, dans la protection contre l'érosion, dans l'amélioration de la qualité du lait, etc. (Murgueitio *et al.*, 2015 ; Franzel *et al.*, 2014).

I.7 Conclusion partielle

L'analyse des paramètres zootechniques des vaches utilisées en Afrique de l'Ouest pour la production du lait a permis de mettre en lumière des races à faibles potentiels génétiques et à faibles performances de reproduction. Ces faibles performances sont liées à une couverture insuffisante des besoins des vaches dues à la faible disponibilité des ressources fourragères et des apports complémentaires insuffisants en quantité et en qualité. Cette situation impacte négativement la production et la qualité du lait. Pourtant des technologies existent permettant une production de fourrage en quantité et en qualité pour compléter les vaches en période de soudure. Parmi ces technologies les banques fourragères arbustives semblent particulièrement intéressantes pour produire du fourrage utilisable en vert ou en sec pendant les périodes de forts besoins (Figure 1).

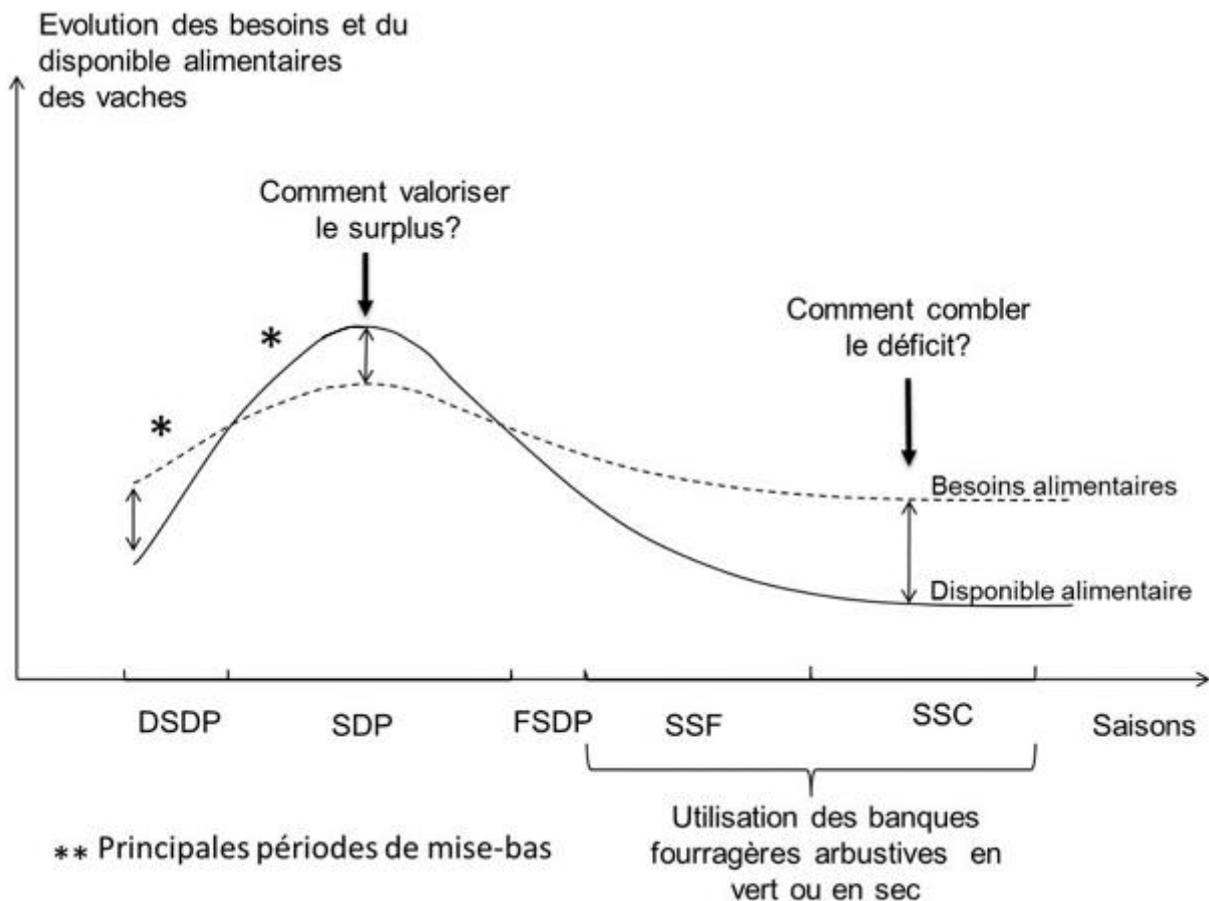


Figure 1 : Variation du disponible et des besoins alimentaires des bovins tropicaux au cours de l'année

DSDP : début de la saison des pluies, SDP : saison des pluies, FSDP : fin de la saison des pluies, SSF : saison sèche froide, SSC : saison sèche chaude

CHAPITRE II CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE ET DEMARCHE DE
CO-CONCEPTION D'UN SYSTEME FOURRAGER INNOVANT
DANS LES ELEVAGES PRODUCTEURS DE LAIT A L'OUEST DU
BURKINA FASO

II.1 Caractéristiques de la zone d'étude

II.1.1 Situation géographique et justification de la zone d'étude

Cette étude a été menée dans la zone cotonnière du Burkina Faso et a concerné deux des trois provinces que compte la région des Hauts-Bassins : la province du Houet et la province du Tuy. Les provinces du Houet et du Tuy sont situées entre les latitudes 11 et 12 degrés Nord et les longitudes 3 et 4 degrés Ouest. Elles sont limitées au Nord par les provinces des Banwa et du Mouhoun, à l'Ouest par la province du Kéné Dougou, au Sud par les provinces de la Comoé, de la Bougouriba et du Ioba et enfin à l'Est par la province des Balés. Trois sites d'expérimentation ont été sélectionnés : à Koumbia (67 km de Bobo-Dioulasso) sur la route nationale 1 (Bobo-Dioulasso - Ouagadougou), au camp peul de Nasso à environ 20 km sur l'axe Bobo-Dioulasso-Samorogouan, à la lisière de la forêt classée de Dinderesso et à Sagassiamasso, à 10 km de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Dioulasso-Bama et Kimidougou, à 20 km sur l'axe Bobo-Dioulasso-Dédougou (Figure 2).

L'Ouest du Burkina Faso particulièrement la région des Hauts-Bassins est une région intéressante pour mener une étude sur l'amélioration des systèmes de production de lait et des produits animaux en général, car au Burkina Faso c'est la deuxième région d'élevage de bovins après la région du Sahel (MRA, 2008). Avec la pression foncière et/ou animale, la valeur pastorale de la végétation a connu une dégradation (Botoni/Liehou, 2006) en de nombreux endroits comme Koumbia, périphérie de Bobo-Dioulasso (Kimidougou, Camp peul de Nasso, etc.). Le pâturage naturel ne suffit plus pour alimenter les troupeaux bovins en effectifs de plus en plus importants. En effet les zones Ouest, Sud et Est sont devenues les destinations des éleveurs des zones traditionnelles d'élevage qui sont le Nord et le Sahel. La demande croissante en terres de culture et en pâturages est par ailleurs à l'origine de nombreux conflits fonciers (Ndiaye et Sanwidi, 2011). La région est caractérisée par une population en constante augmentation, de 491600 habitants entre 2006 et 2015 (INSD, 2016), dont 15% a une activité principalement orientée vers l'élevage des bovins (Vall *et al.*, 2006). La région des Hauts-Bassins est en outre la deuxième région d'élevage bovin en termes d'effectif (1539682 têtes en 2015 ; INSD, 2016). Elle est également caractérisée par le développement de l'activité laitière (Hamadou *et al.*, 2003² ; Hamadou *et al.*, 2008 ; Delma *et al.*, 2016a) avec plusieurs mini-laiteries à Bobo-Dioulasso, une mini-laiterie fonctionnelle à Koumbia et le rapprochement des centres de collecte de lait des localités de Kimidougou et de Nasso. La présence des laiteries

influence des producteurs dont certains sont formellement connectés, d'autres par contre livrent occasionnellement à ces laiteries.

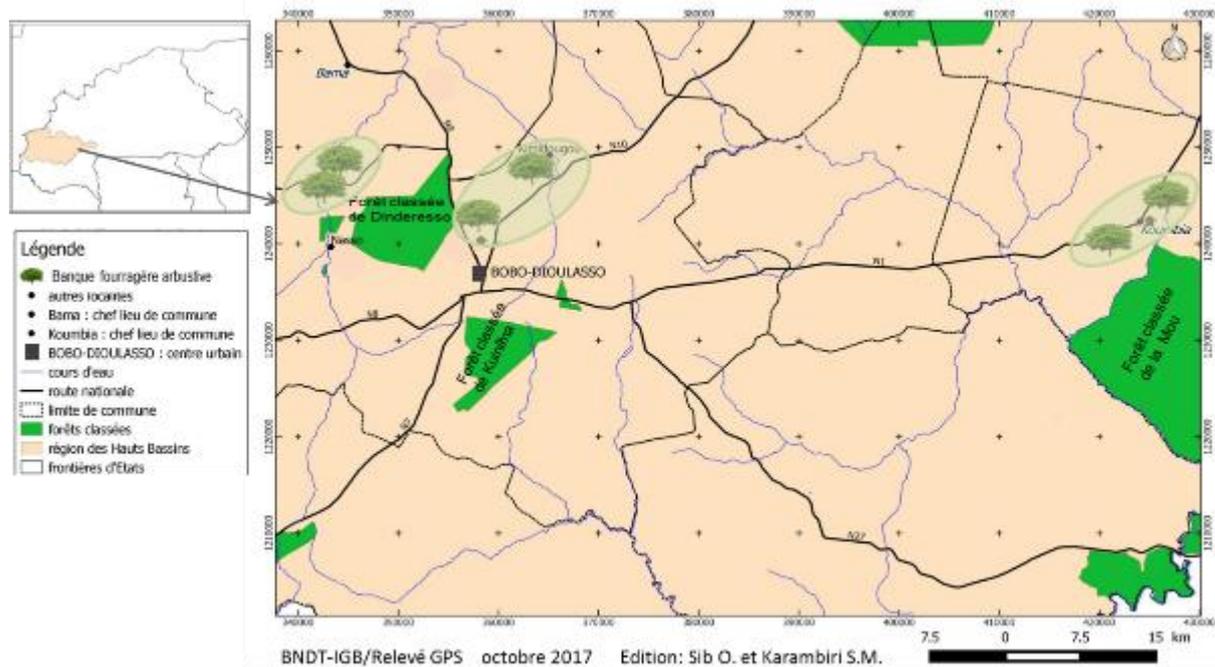


Figure 2: Zone d'étude dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso)

II.1.2 Caractéristiques pédoclimatiques

Le relief de la région se caractérise par des plateaux (450 m d'altitude) et des plaines (320 m d'altitude) auxquels s'ajoutent quelques buttes, collines et vallées (colline de Kari et de Houndé dans le Tuy).

La région des Hauts-Bassins est dominée par les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés ou lessivés à dominance sableuse ou sablo-argileuse et des sols hydromorphes selon Badolo (2009). Ce sont des sols à faibles fertilités chimiques qui nécessitent l'usage des engrais chimiques ou organique pour obtenir des bons rendements agricoles. Ces sols se retrouvent sur l'ensembles de nos sites d'études dans la province du Tuy (Koumbia) et dans la province du Houet (Kimidougou, Nasso, sagassiamasso). A Koumbia ce sont particulièrement les Lixisols, Gleysols, Plinthosols qui dominent (Diarisso *et al.*, 2015).

La zone d'étude est caractérisée par un climat tropical de type nord-soudanien et sud soudanien (Fontès et Guinko, 1995). Le climat est marqué par deux grandes saisons : une saison humide qui dure cinq mois (juin à octobre) et une saison sèche qui s'étend sur sept mois (novembre à mai). La pluviométrie relativement abondante est comprise entre 800 et 1000 millimètres.

D'importants fleuves du pays y prennent leur source. Ce sont notamment le Mouhoun, le Banifing, le Tuy (Grand Balé), la Comoé et la Léraba qui prennent leur source dans la région.

Certains affluents de ces fleuves tels que le mou et le Naimo desservent la commune de Koumbia alors que les localités de Nasso, Kimidougou et Sagassiamasso sont desservies par le Kou et le Houet.

La végétation naturelle est composée essentiellement de savane comportant toutes les strates de la savane boisée à la savane herbeuse. Elle compte seize (16) forêts classées avec une biodiversité assez riche comparativement au reste du pays. Les espèces d'arbres rencontrés sont : *Parkia Biglobosa*, *Pleleopsis suberosa*, *Butyrospermum parkii*, *Terminalia avicinioides*, *Afzelia africana*, *Daniela oliveri*, *Chlorofolia exelsa*, *Kaya Senegalensis*, *Accacia seyal*. La strate herbacée est dominée par les graminées telles qu'*Andropogon gayanus*, *Andropogon Shirensis*, *Pseudipicus pedicellatum*, etc.

La faune sauvage est assez variée et constituée d'éléphants, de kobas, d'hippopotames, de singes, d'oiseaux, de poissons, etc., mais confrontée à une forte exploitation par la chasse, la pêche, etc.

Cet environnement agro-écologique est un potentiel favorable au développement des activités du secteur primaire et la situation géographique de cette région est aussi un atout pour les activités commerciales. Cependant, cet environnement subit de multiples contraintes, qui sont entre autres, la pression démographique, les pratiques culturelles inappropriées, les feux de brousse, la surexploitation des terres agricoles et des pâturages.

II.1.3 Milieu humain

Au recensement général de la population (RGPH) de 1996, la population des Hauts-Bassins représentait 10% de la population nationale avec 1 031 377 habitants. Au RGPH 2006, l'effectif régional est passé à 1 469 604 habitants, soit 10,5% de la population nationale. Elle est estimée, avec un taux de croissance de 3,6% à 1 660 910 habitants en 2010 et à 1 961 204 habitants en 2015 (INSD, 2016). Le Kéné Dougou présente un taux de croissance annuelle de 3,71% tandis que le Tuy et le Houet présentent chacun 3,58%. La densité de la population dans la région des Hauts-Bassins varie de 20-40 habitants/km² dans le Kéné Dougou, de 40-60 habitants/km² dans le Tuy et est supérieure à 80 habitants/km² dans le Houet. L'emprise agricole est située entre 10 et 20% dans le Houet et le Kéné Dougou tandis qu'elle est de plus de 40% dans la province du Tuy (Vall, 2006). La population de la région est caractérisée par son extrême jeunesse : 56,1% de cette population a moins de 20 ans. Le développement des activités d'élevage, notamment la production et/ou la collecte de lait pour les laiteries etc., pourrait constituer une source d'emploi pour résorber le taux de chômage grandissant au sein de cette jeunesse.

II.1.4 Production agropastorale

Dans la zone ouest du Burkina Faso, le coton représente 51% de la surface totale moyenne des unités de production agricole alors que le maïs représente 28%. Ensuite viennent l'arachide (8%), le sorgho blanc (4%), niébé (3%), et les autres cultures (6%) (Guenot et Huchet-Bourdon, 2014).

Les principales espèces animales élevées dans la région sont : les bovins, les ovins, les caprins, les porcins et les volailles. Pour les ruminants, l'élevage des bovins reste de loin le plus important (Vall, 2009). La densité du bétail dans la région varie selon les provinces. Selon les données de l'INSD (2016), la densité des bovins, calculée par province se situe à 77 UBT/km² dans le Houet, 52 UBT/km² dans le Kéné Dougou et 48 UBT/km² dans le Tuy. Le pâturage naturel fournit l'essentiel des ressources alimentaires des animaux. Les complémentations avec les sous-produits agricoles (SPA) et agroindustriels (SPAI) sont saisonnières dans les élevages extensifs et continues dans les élevages laitiers.

II.1.5 Autres activités socio-économiques

L'économie de la région des Hauts-Bassins est dominée par les activités agrosylvopastorales, le commerce et l'industrie. Bobo-Dioulasso, chef-lieu de la région des Haut-Bassins abrite des unités industrielles assez diversifiées et couvre les domaines de l'agroalimentaire de l'industrie textile, de la mécanique et de la métallurgie, de la chimie et ses dérivés et de l'industrie du papier et de l'emballage. Des unités industrielles sont localisées à Houndé dans le Tuy (une unité d'égrenage de coton et une huilerie), à Ndorola (une unité d'égrainage du coton) et Orodara (une unité de fabrication de jus de fruit Dafani) dans le Kéné Dougou.

La région ne dispose pas de grands sites de gisements miniers exploités. Néanmoins elle regorge des sites d'or, de manganèse, de zinc, de bauxite, de calcaire et de dolomie, de sable siliceux, de kaolin et d'argile réfractaires. Ces sites sont surtout localisés dans la partie centrale (Houet) et dans la partie Est (Tuy).

II.1.6 Economie basée sur les laiteries et la commercialisation du lait à l'Ouest du Burkina Faso

Le lait local emprunte plusieurs voies de commercialisation pour atteindre le consommateur. Le circuit direct dans lequel le producteur de lait propose directement son produit aux consommateurs sans intermédiaire, le circuit traditionnel des collecteurs à moyens de transport et matériels de collectes limités. Il est pratiqué par les membres d'une même communauté ou

pas des voisins, destinés aux transformateurs artisanaux, aux mini-laiteries/laiteries ou à la vente directe. Et enfin le circuit moderne qui utilise des moyens de transport plus rapides et du matériel de collecte plus sécurisé. Il est en général lié à une unité de transformation industrielle. Ce système peut être direct, du producteur à l'usine ou indirect, le producteur livrant son lait à un centre de collecte équipé d'une unité de refroidissement (Hamadou et Sanon., 2005). Le lait est transformé sous plusieurs formes. Au niveau de la transformation, on distingue également trois catégories de transformateurs selon Hamadou et Sanon (2005) : les minilaiteries (200 à 300 litres de lait par jour) aux procédés standards (laiterie Kaoral Beldan de Koumbia) les transformateurs artisanaux qui traitent 10 à 40 litres de lait par jour et les producteurs transformateurs comme la laiterie Bonnet Vert de Bobo-Dioulasso qui intègrent les activités de production et de transformation. Dans cette dernière catégorie on classe également les femmes qui transforment le lait à la ferme en lait caillé en fromage traditionnel, ou en savon.

Selon une étude récente menée à l'ouest du Burkina Faso, les minilaiteries emploient en moyenne 8,7 personnes dont 40% à temps partiel et dont 40% du personnel sont des femmes (Orasmaa, 2017). Cette étude a dénombré au total 50 minilaiteries dans la ville de Bobo-Dioulasso dont 28% ont recours au lait local et 72% qui utilisent exclusivement le lait en poudre. La laiterie de Koumbia a recours au lait local. L'étude montre en outre que les laiteries qui collectent du lait local créent deux fois plus d'emplois que les laiteries où l'on utilise uniquement du lait en poudre. Le développement des minilaiteries est donc une opportunité de création d'emplois pour la jeunesse de cette région notamment pour la production, la collecte, la transformation et la distribution du lait. Tous ces maillons de la filière lait local méritent d'être accompagnés.

II.2 Démarche de co-conception d'un système fourrager innovant : introduction pour la première fois de banques fourragères arbustives dans les élevages laitiers en Afrique de l'ouest

Cette thèse vise avant tout la conception d'innovation dans les systèmes d'élevage. L'innovation est le plus souvent un processus collectif et interactif et non linéaire, où se succèdent des étapes de recherche, de conception, de développement, de production, et de diffusion (Meynard et Dourmad, 2014). Dans un contexte où les producteurs expriment une demande d'innovation pour produire à coût limité, des fourrages en plus grande quantité, et de bonnes qualités alimentaires, pour alimenter les vaches durant la saison sèche, la démarche de conception "pas à pas" nous a semblé la mieux indiquée. Cette démarche vise à faire évoluer le

système fourrager actuel basé principalement sur le pâturage naturel. Dans cette étude la démarche "pas à pas" a permis d'impliquer les producteurs et les acteurs de la filière lait pour co-concevoir en partenariat un système fourrager innovant (Vall *et al.*, 2016) en complément du système existant. C'est une approche itérative, composée de 3 phases principales : l'exploration (diagnostic, problématisation, formalisation des solutions et contractualisation des engagements), conception des solutions en partenariat avec les producteurs et les acteurs du territoire (mise en place des BFA), et l'évaluation ex-ante à l'aide d'outil de simulation (Figure 3). Nous nous sommes limité à l'évaluation *ex-ante* à cause du rythme de développement des BFA qui ne nous a pas permis de disposer de données suffisantes pour réaliser une évaluation en grandeur réelle. Les détails de chaque section de cette démarche générale sont donnés dans la partie matériels et méthodes des différents chapitres du présent manuscrit. Quatre outils méthodologiques ont été utilisés pour réaliser les différentes activités de cette étude.

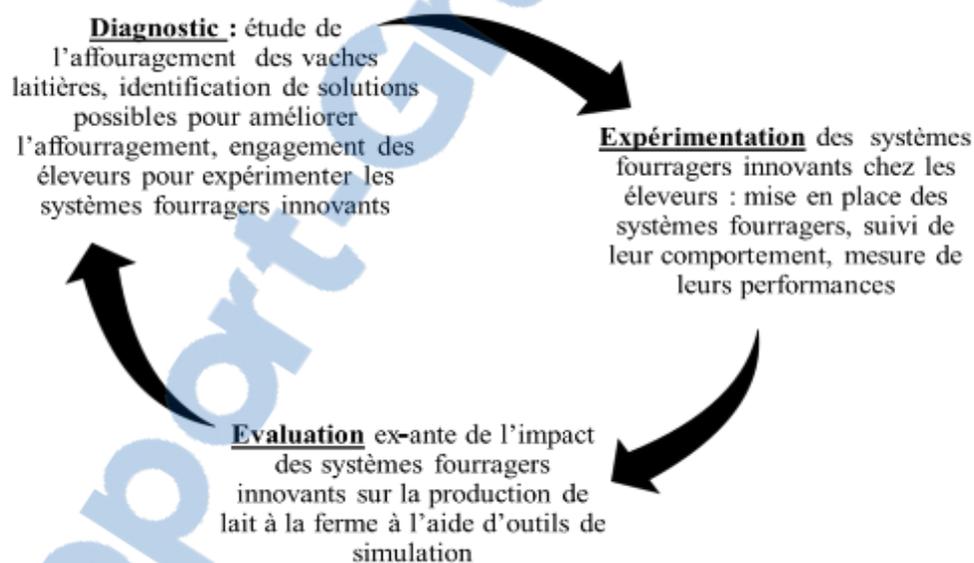


Figure 3 : Schéma de la démarche générale de conception des systèmes fourragers innovants (adaptée de Vall *et al.*, 2016)

II.2.1 Diagnostic des systèmes de production à l'échelle de l'exploitation

Le diagnostic était orienté en priorité sur les élevages ayant un noyau de vaches laitières ou allaitantes ; nous nous sommes appuyés sur les groupements des éleveurs de chaque site afin d'identifier des producteurs de lait motivés pour expérimenter le système fourrager innovant. A Koumbia (à 67 km de Bobo-Dioulasso, dans la province du Tuy), nous nous sommes appuyés

sur l'Union des éleveurs de Koumbia (UDEK), à Bobo-Dioulasso sur la laiterie Bonnet Vert et les éleveurs des localités environnantes qui y sont connectés, et enfin au campement peulh de Nasso (à 20 km de Bobo-Dioulasso) sur le groupement d'éleveurs Kawran Naweli. Le diagnostic a été fait au moyen d'enquêtes portant sur les principaux aspects de l'exploitation familiale (caractéristiques générales de l'exploitation, caractéristiques du système d'élevage, caractéristiques du système de culture, caractéristiques du noyau laitier) et complété lors des restitutions en ateliers participatifs. Le diagnostic avait pour but de mettre en évidence les pratiques d'affouragement des vaches et de comprendre les logiques qui sous-tendent ces pratiques, afin de rechercher des solutions d'amélioration possibles. Le diagnostic a été réalisé de juillet à octobre 2015, sur un échantillon d'éleveurs relativement limité afin d'analyser finement les modes de conduites, les performances techniques et économiques des exploitations au fil des saisons sur une année complète de production.

Le détail de la méthodologie sera présenté dans la première partie des résultats (chapitre 3), publiés dans la Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux sous la référence : **Sib O.**, Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., González-García E., Vall E., 2017. Production laitière à l'ouest du Burkina Faso dans un contexte d'émergence de laiteries : diversité des pratiques d'élevage et propositions d'amélioration. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 70 (3):81-91, doi: 10.19182/remvt.31521. Le chapitre 3 est une reprise de cet article avec des modifications mineures.

II.2.2 Expérimentation des banques fourragères arbustives chez les producteurs laitiers étudiés

L'expérimentation en milieu paysan vise à concevoir et adapter des innovations en situation d'incertitude (Coulibaly, 2012). L'expérimentation des BFA chez des producteurs volontaires s'est appuyée sur des ateliers participatifs mis en place dans chaque site et comprenant les producteurs volontaires et leurs voisins, les services techniques de l'élevage, de l'agriculture et de l'environnement, les chefs coutumiers, les élus locaux et la recherche. Des rencontres annuelles en 2016, en 2017 et en 2018 avec ces différents acteurs a permis de discuter des modalités de conception, d'installation et d'exploitation des BFA et d'ajuster les modes de conduites des vaches.

Grâce à une revue de la littérature, et les recommandations de certaines ONG et institutions travaillant dans l'agroforesterie, deux espèces fourragères à croissance rapide, à forte productivité et reconnues mondialement pour leur qualité fourragère et leur résilience aux

conditions pédoclimatiques tropicales ont été choisis pour constituer les BFA : une légumineuse, *Leucaena leucocephala* et une non légumineuse, *Morus alba*. Un dispositif en deux blocs a été adopté pour suivre séparément les deux espèces. Des parcelles unitaires de 625 m² ont été mises à disposition par des éleveurs volontaires et protégées par du grillage URSUS renforcé d'une haie-vive plurispécifique constituée par *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbbeck*, *Samanea saman* et *Acacia nilotica* dont le but est de pérenniser la clôture des BFA.

L'installation et le suivi des BFA a tenu compte de l'itinéraire technique du modèle des BFA à haute densité de plantation (20 000 plants/ha) développé en Amérique centrale, dans les Caraïbes et en Inde (Datta, 2000 ; Pentón *et al.*, 2007, Martín *et al.*, 2014 ; González-García et Martín-Martín, 2016). L'installation a été faite en deux étapes : i) la production des plants en pépinières, ii) l'implantation et le suivi des BFA chez les producteurs volontaires en conditions réelles. Les pépinières ont été confiées à un pépiniériste professionnel à Bobo-Dioulasso. L'implantation des BFA a été faite en juin et début juillet 2016 pour les trois premières, et en juillet 2017 pour les trois suivantes. Après l'implantation un suivi des BFA (croissance et développement des plants, pratiques agronomiques, attaques des ravageurs et autres événements imprévus) a été conduit pendant 12 mois avant la phase d'exploitation.

La première coupe d'exploitation programmée à la fin de la phase d'installation a été une coupe d'uniformisation à 120 cm de hauteur puis la deuxième (première coupe d'exploitation) a été effectuée à 50 cm de hauteur, deux mois plus tard. Ensuite, des récoltes quotidiennes pour distribution aux vaches à la traite ont été programmées en fonction de la taille des repousses (supérieures ou égales à 50 cm).

Le détail de la méthode utilisée sera présenté dans la deuxième partie des résultats (chapitre 4). Les résultats de l'expérimentation des BFA ont fait l'objet de deux projets de publication soumis à des revues scientifiques sous les références suivantes :

- i) **Sib O.**, Vall E., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., Navarro M. and González-García E., 2018. Establishing for the first time, high-density protein banks for livestock feeding in Burkina Faso (West Africa): overall agronomic performance under contrasting edaphoclimatic conditions. Soumis à *Agroforestry systems* (en révision);
- ii) **Sib O.**, González-García E., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., Vall E., 2018. Co-conception, installation, et premiers résultats d'exploitation de banques fourragères arbustives, composées de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* plantées à haute densité, dans des élevages bovins laitiers de l'ouest du Burkina

Faso. Soumis à la Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux (en révision). Le chapitre 4 est une reprise totale de ce projet de publication.

II.2.3 Evaluation *ex-ante* de l'effet de l'introduction des banques fourragères arbustives chez les producteurs laitiers étudiés

II.2.3.1 Le modèle de simulation de l'effet de l'introduction des banques fourragères arbustives dans les exploitations laitières de l'Ouest du Burkina Faso

Dans les conditions de l'étude, les BFA n'étaient pas exploitables avant 18 mois après plantation à cause du rythme de développement des plants. L'évaluation en grandeur réelle n'a donc pas été possible au terme de cette étude car nous ne disposions pas encore suffisamment de données sur l'utilisation des BFA. Pour anticiper cette contrainte et pour accompagner les producteurs dans un processus d'apprentissage et d'adoption de cette technologie, nous avons couplé la démarche d'expérimentation à celle de la modélisation (Semporé *et al.*, 2011), l'objectif étant de conduire une évaluation *ex-ante* à l'échelle de la vache en lactation, de l'effet de l'installation des BFA au sein des exploitations sur la performance animale traduite par des paramètres zootechniques des vaches traites. Les perceptions des producteurs ont été également recueillies.

Pour l'évaluation *ex-ante*, nous avons conçu un simulateur (Prodlait) adapté aux conditions de notre étude, car les modèles existants ne prennent pas en compte certains paramètres comme l'évolution du poids vif (Altrop ; Delma *et al.*, 2016b), ou sont trop complexe (Clifs ; Le Gal *et al.*, 2013, Livsim ; Ruffino *et al.*, 2009). Le simulateur Prodlait est conçu sur le tableur Excel et permet d'ajuster l'alimentation des vaches pour atteindre un objectif de production fixé par le producteur. A partir d'un objectif de production défini par le producteur, Prodlait permet de suivre le poids vif des vaches en lactation sur une année afin de détecter les périodes de déficit qui impactent la production de lait et la reproduction des vaches. Il utilise le système d'unités d'alimentation ancien (UF-MAD) car les valeurs alimentaires disponibles pour les fourrages et aliments utilisés dans les élevages sont généralement exprimés en UF-MAD.

Le simulateur Prodlait utilise le système zootechnique de calcul des besoins vaches de Rivière (1991) complété par des équations théoriques de courbes de production de lait des vaches élevées dans la zone d'étude.

II.2.3.2 Suivi mensuel des vaches traites

Pour calibrer le simulateur Prodlait, afin de l'adapter aux exploitations étudiées, des informations manquantes sur une année complète de production laitière des vaches ont été collectées à partir d'un suivi mensuel. Les informations collectées étaient : le poids vif des vaches (mesure du périmètre thoracique) et la note d'état corporel (Vall *et al.*, 2002), la date des mises-bas, la production de lait par jour, la quantité de lait autoconsommée par la famille, la part de lait vendue, la part de lait transformée, le prix du litre de lait, le nombre de vaches traites par jour, les quantités de fourrages (grossier, fanes) et aliments stockés, les ingérés et les refus de fourrages et d'aliments par vache par jour, la durée de pâturage, la pratique de la transhumance. La collecte des informations a concerné 120 vaches en lactation réparties dans 12 élevages à raison de 10 vaches par élevage suivi. Elle a été conduite sur 22 mois d'octobre 2015 à juillet 2017. La méthode de collecte des données a pris en compte des enquêtes systémiques informelles et formelles plus ou moins rapides, plus ou moins participatives (Lhoste, 2001) permettant de caractériser la diversité des situations et des productions dans chaque exploitation. Les suivis d'élevage ont été fondés sur une identification et l'observation individuelle des animaux, prenant en compte le temps grâce à des passages réguliers (étude diachronique) qui permettent de positionner clairement les événements de diverses natures (alimentation, reproduction, santé, ventes, mortalités...). Ils ont permis de mettre en évidence les effets saisonniers et interannuels (Lhoste, 2001).

Le détail de la méthode d'évaluation *ex ante* sera présenté dans la troisième partie des résultats (chapitre 5). Le fonctionnement du modèle de simulation Prodlait utilisé dans cette évaluation *ex ante* a été publié dans la revue Agronomie Africaine sous la référence : **Sib O.**, Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., González-García E., Vall E., 2018. Prodlait : un outil permettant d'ajuster l'alimentation des vaches pour atteindre un objectif de production fixé par l'éleveur. Agronomie Africaine 30 (2) : 157 – 168.

CHAPITRE III DIAGNOSTIC DES PRATIQUES D'ELEVAGE DES VACHES
TRAITES, IDENTIFICATION DE SOLUTIONS D'AMELIORATION
POSSIBLES

III.1 Introduction

En Afrique de l'Ouest, la demande en produits laitiers s'accroît significativement en raison de la croissance démographique soutenue et de l'émergence d'une classe moyenne (Nallet, 2015). Pour répondre à cette demande, de nombreux opérateurs mettent en place des laiteries de tailles variables (Corniaux *et al.*, 2014). Mais ils se heurtent toutefois à un problème d'approvisionnement en lait local parce que la production est dispersée sur le territoire et que la productivité des vaches est très basse.

Cette faible productivité des vaches a plusieurs causes. Premièrement, les races locales ont un potentiel génétique laitier faible car il s'agit d'animaux rustiques adaptés aux conditions locales de pâturage et élevés avant tout pour la production de viande (Nianogo *et al.*, 1996). Ensuite, leur alimentation pose problème en raison de la réduction des pâturages disponibles dans les zones de savanes cultivées (Botoni/Liehoun *et al.*, 2006) et de l'augmentation du prix des aliments bétail (Fao, 2014). Les cultures fourragères restent encore aujourd'hui très peu adoptées par la majorité des producteurs de lait, même dans les zones les plus favorables (César *et al.*, 2004). Les vaches présentent aussi de longs intervalles entre deux mises-bas, allant jusqu'à deux années, ce qui réduit la production des troupeaux (Zongo *et al.*, 2012 ; Hanzen *et al.*, 2013).

La production de lait local étant faible, saisonnée, atomisée et coûteuse à collecter (Corniaux *et al.*, 2007 ; Duteurtre et Corniaux, 2013), les laiteries ont massivement recours à la poudre de lait importée (Corniaux *et al.*, 2012). La poudre de lait présente des avantages pour les laiteries locales car elle est souvent meilleur marché, accessible toute l'année et moins périssable (Corniaux *et al.*, 2007). Les nombreuses initiatives des laiteries ayant fait le pari de la collecte locale sont ainsi fragilisées si cette collecte n'est pas sécurisée sur le plan quantitatif et qualitatif.

L'Ouest du Burkina Faso est une région intéressante pour étudier cette problématique, car depuis une vingtaine d'années elle est le théâtre d'une dynamique laitière qui touche un nombre croissant de producteurs. En se basant sur un échantillon de 334 exploitations productrices de lait installées sur un rayon de 50 km à la périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso, une enquête menée en 2003 avait identifié deux grands groupes de producteurs (Hamadou *et al.*, 2008). Le premier groupe, largement majoritaire (98,5 % des cas), était constitué de producteurs de lait à bas niveaux d'intrants, à faible niveau de production et commercialisant peu leur lait, au sein duquel on distinguait : a) les transhumants qui n'engageaient aucune dépense pour l'alimentation du bétail et b) les sédentaires, plus enclins à servir une complémentation

alimentaire à leur bétail. Le second groupe, minoritaire (1,5 % des cas), était constitué d'élevages laitiers en voie de spécialisation et à visée commerciale. Chez les producteurs à visée commerciale la production de lait était un objectif plus affirmé justifiant des efforts d'acquisitions foncières pour assurer la durabilité de la production et la mise en œuvre de pratiques plus intensives (cultures fourragères, races améliorées, insémination artificielle), alors que chez les producteurs traditionnels à bas niveaux d'intrants l'objectif principal était la production de viande selon un mode plutôt extensif.

Les conditions semblent être en train de changer non seulement au Burkina Faso, mais aussi dans les autres pays de la sous-région (Corniaux *et al.*, 2014). Dans le contexte actuel d'émergence des laiteries et d'augmentation de la demande en lait, quelle est la diversité des systèmes de production ? Quelles pratiques les producteurs mettent-ils en œuvre pour répondre à cette demande ? Quels sont leurs résultats économiques ? Enfin, quelles pourraient être les propositions d'amélioration des pratiques d'élevage pour lever ces freins à la production ?

Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, cet article propose dans un premier temps d'analyser la diversité des modes d'organisation de la production laitière dans les exploitations, puis dans un second temps d'analyser plus finement les pratiques d'élevage des vaches au fil des saisons afin d'identifier précisément les problèmes et leurs causes. Des propositions de solutions sont ensuite discutées pour agir à l'échelle des pratiques d'élevage.

III.2 Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée à l'Ouest du Burkina Faso dans la région des Hauts-Bassins caractérisée par un climat sud-soudanien avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1000 mm qui s'étend de juin à octobre. Dans cette région, la grande majorité des producteurs sont en réalité des polyculteurs-éleveur et l'élevage bovin occupe une place souvent limitée à la traction animale (Vall *et al.*, 2006). Cependant, dans cette population une proportion non négligeable de producteurs, a une activité orientée principalement sur l'élevage bovin (autour de 15 % ; Vall *et al.*, 2006), et certains développent une activité laitière organisée autour d'un noyau de vaches exploitées pour leur lait (Hamadou *et al.*, 2008 ; Delma *et al.*, 2016a). C'est auprès de représentants de cette population de producteurs de lait que l'étude a été conduite en distinguant deux cas de figure : a) des producteurs de lait formellement connectés au marché d'une laiterie, et b) des producteurs de lait écoulant occasionnellement leur lait à une laiterie et n'ayant pas les mêmes contraintes au pâturage.

L'étude a été réalisée auprès de trois groupes de producteurs de lait (Figure 4) ayant des contraintes différentes en termes d'accès aux ressources naturelles et d'accès au marché des mini-laiteries. Le premier groupe correspond à la communauté de Koumbia, petite ville rurale située à 67 km à l'Est de Bobo-Dioulasso, où l'accès au pâturage naturel est un problème en raison de l'importance des surfaces mises en cultures (Vall, 2004 ; Koutou *et al.*, 2016). Les producteurs de lait enquêtés sont des migrants venus du nord du pays qui se sont installés dans cette zone à partir des années 1975, formant ainsi des petits campements autour de Koumbia dont certains ont été absorbés aujourd'hui par l'extension de la ville. L'accès au foncier de ces communautés est problématique. On note à Koumbia la présence d'une mini-laiterie qui traite environ 200 litres de lait par jour.

Le deuxième groupe correspond au campement peuhl à Nasso, constitué d'une quinzaine de familles, et situé à environ 20 km à l'Ouest de Bobo-Dioulasso à la lisière de la forêt classée de Dinderesso (8500 ha). L'accès au pâturage de la forêt classée est autorisé pendant la saison des pluies. Cette communauté peuhle s'est sédentarisée sur le site actuel du campement de Nasso depuis 1922. Tous les producteurs de lait enquêtés y sont natifs. Ils sont propriétaires des terres qu'ils cultivent autour de leur campement mais dépendent de la circonscription administrative du village de Nasso. Ils ne livrent à aucune laiterie, mais pratiquent un peu de vente directe de lait à Bobo-Dioulasso.

Enfin, le troisième groupe correspond à des producteurs de lait de la périphérie de Bobo-Dioulasso livrant à la laiterie Bonnet Vert, qui traite environ 250 litres de lait par jour. Ils ont été choisis au hasard parmi les apporteurs de la mini-laiterie, dans le quart Nord-ouest des environs de Bobo-Dioulasso, de Nasso à Kimidougou. Il s'agit pour une part de producteurs de installés en milieu urbain, utilisant des animaux de races améliorées, et orientés résolument vers la production de lait pour la vente, et, pour une autre part, de producteurs peuhls installés dans les villages environnants dont la distance varie d'une quinzaine à une trentaine de kilomètres de la ville de Bobo-Dioulasso (Figure 4).

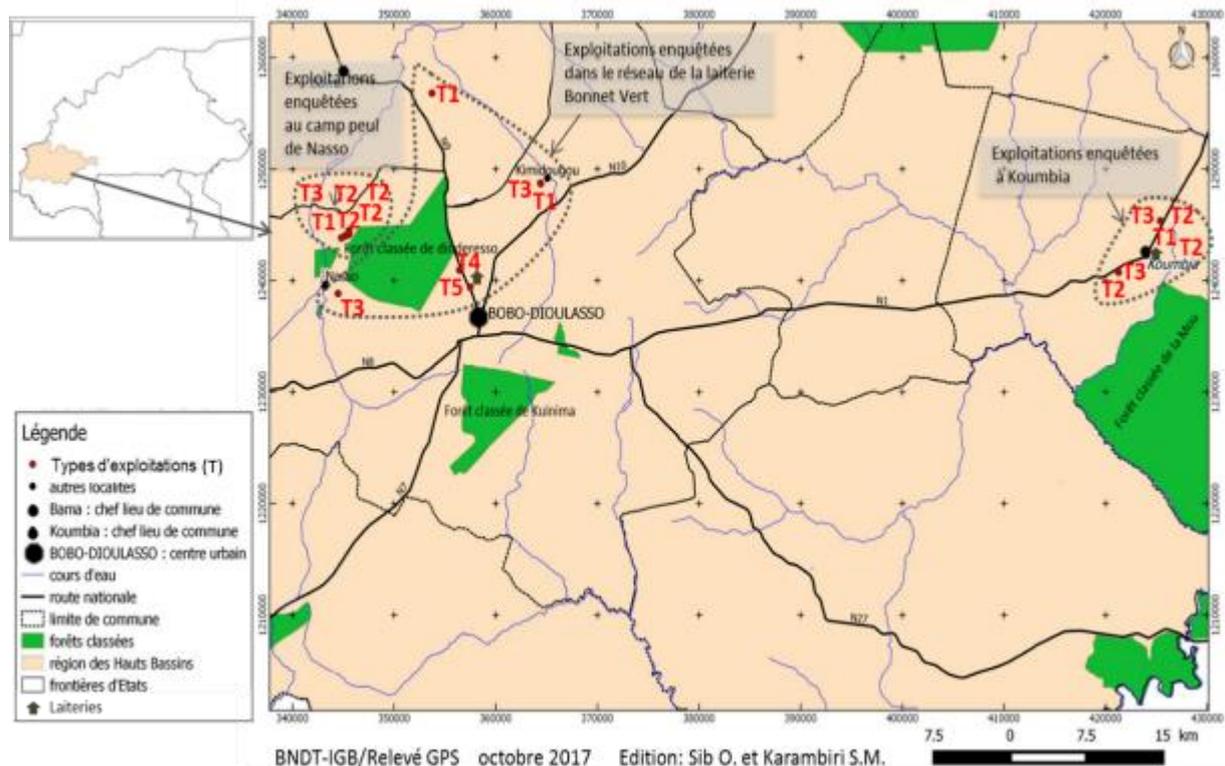


Figure 4 : Localisation des exploitations enquêtées dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso)

Le travail s'est focalisé sur un échantillon relativement limité de producteurs afin de caractériser finement le système de production, les pratiques d'alimentation, la conduite de la reproduction et les performances techniques et économiques en matière de production de lait. L'enquête a été réalisée auprès de 18 producteurs de lait désireux d'augmenter leur production de lait pour la commercialisation : six à Koumbia, six à Nasso et six qui approvisionnaient la laiterie Bonnet Vert. Les enquêtes ont été conduites de juillet à octobre 2015. Les données ont été collectées par enquête rétrospective sur une année allant de mai 2014 à mai 2015. L'enquête s'est déroulée sur place dans les exploitations en deux passages : un premier passage a consisté à soumettre un questionnaire au chef d'exploitation ; le second a permis de compléter les réponses sur des points particuliers. Ce deuxième passage n'a pas été nécessaire pour toutes les exploitations enquêtées. Ces passages en exploitation ont aussi permis de réaliser des observations directes sur les animaux composant le noyau de vaches traites.

Dans cette enquête, nous avons privilégié l'échelle de l'exploitation pour analyser la diversité des systèmes de production, puis nous nous sommes focalisés sur le noyau laitier (ensemble des vaches traites chez les producteurs allaitants et les vaches laitières chez les producteurs laitiers à visée commerciale) pour analyser les modes de conduite des vaches. Pour analyser la diversité des systèmes de production et pour déterminer des classes de pratiques homogènes,

une analyse en composante principale (ACP) a été appliquée sur quatorze variables, suivie d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) à l'aide du logiciel XLSTAT (<https://www.xlstat.com/fr/> ; Addinsoft–Paris, France). Les quatorze variables collectées ont recouvert trois domaines :

- la structure de l'exploitation (surface cultivée, cheptel bovin total, actifs par hectare, valeur des équipements par hectare, pourcentage des vaches reproductrices dans le cheptel) ;
- les pratiques d'élevage des vaches (stocks de fourrages par unité de bétail tropical (1 UBT = 1 bovin de 250 kg de poids vif), les stocks d'aliments bétail par UBT (nous utilisons le terme d'« aliment » ou d'« aliment bétail » pour désigner les aliments concentrés disponibles localement comme les tourteaux de coton, la farine basse de riz, les sons et autres concentrés commerciaux), le pourcentage de mise bas en saison des pluies, l'intervalle entre deux mise bas ;
- les performances (production de lait par vache traite par jour en saison des pluies et en saison sèche, nombre de veaux nés pendant l'année par vache reproductrice, part de lait autoconsommée).

Pour analyser les modes de conduites des vaches et cerner l'évolution des pratiques au fil du temps, nous nous sommes basés sur neuf variables, qui ont été renseignées pour chacune des cinq saisons du calendrier des éleveurs de la région (Vall et Diallo, 2009) : début de saison des pluies (mai-juin); pleine saison des pluies (juillet à septembre) ; fin de saison des pluies (octobre) ; saison sèche froide (novembre à janvier) ; saison sèche chaude (février à avril). Les neuf variables collectées ont été les suivantes : le prix de vente du litre de lait ; la quantité de lait traité par vache et par jour ; les mises-bas pendant la saison rapportées au total des mises bas annuelles ; la quantité d'aliments distribués par vache et par jour ; la quantité de fourrages de qualité (légumineuses) distribués par vache et par jour ; la quantité de fourrages grossiers en matière brute (pailles, balles, rafles, coques) distribués par vache et par jour ; l'estimation de la matière sèche volontairement ingérée au pâturage (MSVI) par vache et par jour (en kg MS/j/vache) ; la couverture des besoins alimentaires en unité fourragère (UF) par vache et par jour ; la couverture des besoins en matière azotée digestible (MAD) par vache et par jour. Le système UF-MAD est utilisé dans cette étude car les valeurs alimentaires des fourrages et aliments disponibles localement sont plus adaptés à ce système, qu'au système moderne UFL-PDI.

Ces variables ont été évaluées dans le cadre des enquêtes présentées ci-dessus, c'est-à-dire en se basant sur les déclarations des producteurs. A partir de ces valeurs déclaratives, la MSVI au

pâturage, la MSVI des fourrages et aliments distribués et la couverture des besoins en UF et MAD ont été estimées avec le logiciel Altrop mis au point par Delma *et al.* (2016b). Pour le calcul de la MSVI au pâturage par bovin et par jour (MSVI pâturage), les auteurs de Altrop ont émis deux hypothèses à savoir qu'une journée complète de pâture dure au maximum 9 h (Vall et Diallo, 2009) et que la MSVI au pâturage est proportionnelle à la durée de la journée de pâturage dans une limite de 9 h. Partant de là, connaissant le poids vif de l'animal (en kg), et le taux de MSVI/100 kg PV pour chaque saison (estimée à partir de la littérature), la quantité de matière sèche volontairement ingérée par jour et par animal au pâturage (MSVI pâturage) a été calculée ainsi : $MSVI \text{ pâturage (kg MS/tête)} = [durée \text{ pâturage (en h)} / 9] \times [MSVI/100kgPV_{saison_i} \times PV / 100]$.

Pour présenter les modes de conduites des vaches dans chaque type d'exploitation, nous sommes appuyés sur des moyennes des variables par type d'exploitation afin de dégager les grandes tendances. En raison de la petite taille de l'échantillon, nous n'avons pas cherché à renseigner la validité statistique des différences de moyennes observées entre les 5 types d'exploitations.

Pour montrer les résultats économiques qui découlent de ces pratiques, nous avons réalisé une analyse économique pour chaque mode de conduite. Les variables suivantes ont été calculées à partir des données collectées : le prix moyen de vente du litre de lait en saison des pluies et en saison sèche ; le prix du kilogramme d'aliment distribué ; le prix du kilogramme de fourrage ; le coût annuel de l'alimentation (aliment + fourrage) par UBT (nous avons considéré l'accès aux pâturages comme gratuit, ce qui est une approximation) ; le coût de production annuel hors main d'œuvre familiale (santé + alimentation + fonctionnement) par UBT ; le coût de production d'un litre de lait hors main d'œuvre familiale ; et le revenu annuel du lait par vache avant rémunération de la main d'œuvre familiale.

III.3 Résultats

III.3.1 Typologies des exploitations de producteurs de lait : structures, pratiques et performances laitières

L'ACP a permis de préciser les groupes de variables discriminantes en s'appuyant sur l'interprétation du plan factoriel constitué de deux principaux axes. Le premier axe (42,06 % de la variabilité) correspondait à un axe d'intensification de la production principalement corrélé aux cinq variables suivantes : le stock de fourrage par UBT ($r = 0,9$), le stock d'aliments ($r = 1$), la production de lait par vache traite par jour pendant la saison sèche ($r = 0,9$), la

production de lait par vache traite par jour pendant la saison des pluies ($r = 0,9$), et la part autoconsommée en fonction de la production dans l'année ($r = - 0,8$). L'axe 2 (15,06 % de la variabilité) était corrélé à trois variables de reproduction : le pourcentage des reproductrices dans le troupeau ($r = 0,8$), le pourcentage des mises-bas en saison des pluies ($r = 0,7$), le nombre de veaux par vache ($r = - 0,7$).

La CAH a permis de regrouper les exploitations en cinq types (Figures 5 et 6) que l'on a réparti dans trois grands groupes de producteurs de lait (Tableau IV) :

- « allaitants » à faible niveau d'intrants et orientation pastorale (T1 et T2) ;
- allaitants à orientation agropastorale (T3) ;
- laitiers à visée commerciale (T4 et T5).

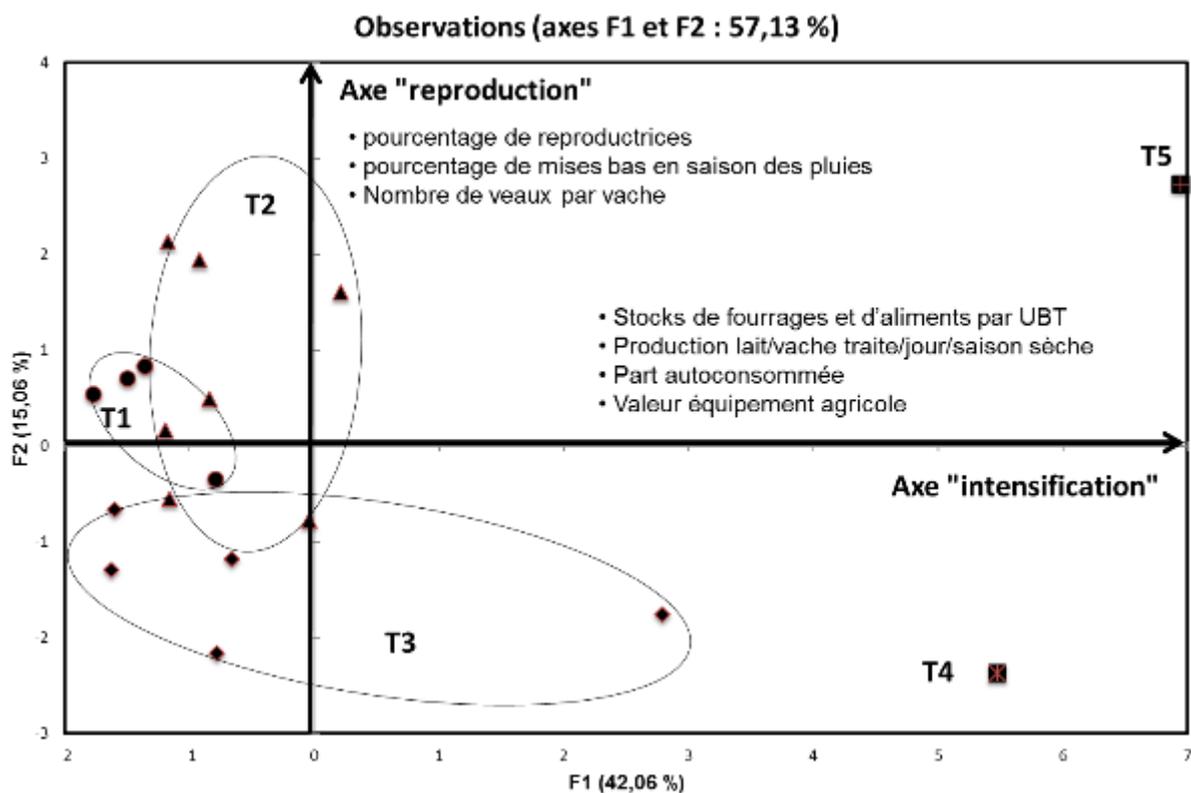


Figure 5 : Typologies des exploitations productrices de lait dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso).

III.3.1.1 Producteurs allaitants à faible niveau d'intrants et à orientation pastorale

Ces producteurs (T1 et T2) se caractérisent principalement par un mode d'élevage extensif, un cheptel important de bovins de races locales, une forte mobilité, un faible recours aux intrants et un faible niveau de production de lait.

Au niveau de la structure du troupeau, les T1 sont constitués d'élevages à grands effectifs et les T2 d'élevages à effectifs moyens. Ces deux types se caractérisent par la présence d'une agriculture vivrière conduite sur de petites surfaces (2,1 à 4,6 ha) et consacrée principalement au maïs et au sorgho, et par une faible valeur des équipements agricoles. Dans ces deux types, le pourcentage des vaches reproductrices (64 et 60% respectivement chez les T1 et T2) est plus élevé que dans les T3 et T4 qui ont tendance à garder les jeunes mâles soit pour le renouvellement des bœufs de trait soit pour l'embouche. Mais la part des vaches reproductrices dans ces deux premiers types d'exploitations reste inférieure à celle de T5 (72%) constitué d'une exploitation laitière spécialisée (Tableau IV).

Tableau IV : Typologies des producteurs de lait de l'Ouest du Burkina Faso

Types de producteurs	Allaitants à faible niveau d'intrants et orientation pastorale		Allaitants à orientation agropastorale	Laitiers spécialisés et à visée commerciale	
	A grand effectif (T1)	A effectif moyen (T2)	Recours modéré aux fourrages et aliments (T3)	Recours important aux aliments (T4)	Forte utilisation de fourrages verts (T5)
Nb. d'exploitations par type	4	7	5	1	1
Nb. moyen de vaches traites (noyau laitier)	8	8	6	7	9
Cheptel bovin : noyau laitier + autres bovins (UBT)	122	49	33	26	25
Reproductrices (%)	64 %	60 %	45 %	50 %	72 %
Race	Locale (100 %)	Locale (100 %)	Locale (90 %)	Améliorée (90 %)	Améliorée (100 %)
Stabilité du noyau laitier (Nb. de mois/an au village)	3	3	12	12	12
Stock annuel de fourrage/UBT (UF)	25	91	284	846	2 102
Stock annuel d'aliment/UBT (UF)	7	3	200	1 538	1 458
Mises bas saison des pluies (%)	0,7	0,8	0,7	0,6	1
Intervalle mise-bas (an)	1,9	1,8	1,6	1,2	1,2
Nb. de veaux/vache reproductrice/an	0,5	0,5	0,9	1	0,7
Production de lait/vache traite/jour en saison des pluies (L)	1,2	1,3	1,6	6	11,6
Production de lait/vache traite/jour en saison sèche (L)	0,6	0,8	1,7	5	13,3
Part autoconsommée en fonction de la production/an (%)	32%	42%	42%	0%	0%
Production totale de lait/vache/an (L)	329,4	384,0	602,1	1 604,2	4 541,7
Production totale lait/exploitation/an (t)	3,3	3,8	4,8	14,4	36,3
Montant total vente lait/exploitation/an (t)	2,24	2,24	2,8	14,4	36,3

Surface (ha)	4,6	2,1	4,9	1	1
Actif par hectare	2	2,4	1,4	5	3
Valeur équipement/ha (FCFA)	175 507	303 015	342 339	4 000 000	940 000

UBT (unité de bovin tropical) = 1 bovin de 250 kg, UF (unité fourragère), 1 € = 655,957 FCFA

Au niveau des pratiques, les mises-bas chez les T1 et T2 sont fortement regroupées en fin de saison sèche et en début de saison des pluies : environ 20% des mises-bas ont lieu en saison sèche chaude et environ 50 % en début de saison des pluies. Les intervalles entre mises bas sont longs comparés aux autres types. Les stocks des fourrages et d'aliments sont très faibles. La transhumance est plus fréquente dans les T1 que dans les autres types.

Au niveau des performances, la production de lait par vache était légèrement plus faible chez les T1 que chez les T2 : en saison des pluies, les productions par vache sont respectivement de 1,2 et 1,3 L/vache/jour ; et en saison sèche, elles sont de 0,6 et 0,8 L/vache/jour. Le niveau de consommation du lait produit par la famille est plus élevé chez les T2 car les animaux sont plus proches de la famille que chez les T1 où les animaux sont souvent éloignés du territoire. Ces exploitations commercialisent le lait de manière occasionnelle, ce qui représente chaque année en moyenne 2,24 tonnes de lait. Mais une bonne partie du lait produit sur l'exploitation est néanmoins autoconsommée (en moyenne 32% chez les T1 et 42% chez les T2).

III.3.1.2 Producteurs allaitants à orientation agropastorale

Ces producteurs (T3) sont en voie d'intensification. Par rapport aux T1 et T2, ils se caractérisent principalement par une plus grande place accordée à l'agriculture et à son association avec les activités d'élevage. L'intensification de la production laitière est aussi plus prononcée dans ces exploitations, c'est-à-dire qu'elles ont recours de manière plus marquée à l'achat d'intrants et à l'amélioration génétique.

Au niveau de la structure, chez les T3, la surface cultivée est plus importante (4,9 ha). Le troupeau est plus réduit que chez les T1 et T2, ce qui facilite le contrôle de son déplacement au pâturage, limitant ainsi les risques de dégâts sur les champs des voisins et donc les risques de conflits avec eux. Par ailleurs, la petite taille du troupeau facilite aussi l'intensification de la production à partir des résidus fourragers, car pour une même quantité de résidus stockée, les portions disponibles par animal sont plus élevées. La place de l'agriculture étant plus importante dans ce type que chez les T1 et T2, la valeur des équipements agricoles est aussi plus importante. Ce meilleur niveau d'équipement leur permet de pallier le faible nombre d'actifs par hectare. Le pourcentage des reproductrices est aussi plus faible chez les T3 que chez les T1 et T2, une

indication sur les autres fonctions possibles dans un élevage, comme la production laitière, la traction animale, l'embouche, l'épargne sur pieds. Les vaches sont en majorité de races locales (zébus Peuhls, mérés et produits de croisements). Le métissage a commencé dans certaines exploitations sur des initiatives personnelles ou en lien avec les actions publiques et des organisations non gouvernementales avec l'introduction des taureaux Azawak ou Goudali, et par voie d'insémination artificielle avec des semences notamment de Holstein, de Brunnes des Alpes, de Montbéliarde pour l'amélioration des vaches locales.

Au niveau des pratiques, les T3 disposent d'une sole fourragère et ils stockent davantage de fourrages (trois fois plus que les T2 et 10 fois plus que les T1). Les T3 ont davantage recours aux aliments concentrés. L'écart entre deux mises-bas est plus faible dans les T3 que dans les T1 et T2. Les animaux sont conduits la plupart du temps au pâturage sur le territoire avec des parcs installés sur les parcelles du producteur en rotation. Toutefois durant la saison sèche, une partie des vaches en lactation sont isolées du troupeau et ne partent plus aux pâturages quotidiens. La reproduction des vaches est caractérisée par un pic principal de mise bas en début de saison des pluies (51 %) amorcée dans la saison sèche chaude (~20 %). Pour les autres saisons, le taux de mise bas varie entre 9 et 12 %.

Au niveau des performances, la production de lait en saison des pluies des T3 (1,6 L/vache/j) est supérieure à celles des T1 et T2, et l'écart est encore plus élevé en saison sèche (1,7 L/vache/j chez les T3, soit environ le double des T1 et T2). Le nombre de veaux par vache reproductrice est pratiquement le double de celui des T1 et T2, alors que le taux de consommation de lait par la famille est le même que celui des T2. Ces performances soulignent que chez les T3, les femelles reproductrices sont valorisées à la fois pour la production de lait et de veaux. Certaines exploitations commercialisent une partie de leur lait par des ventes directes de manière ponctuelle, ce qui représente 2,8 tonnes par an. Mais une bonne partie du lait produit sur l'exploitation (42%) est autoconsommée.

III.3.1.3 Producteurs laitiers à visée commerciale

Situés en milieu urbain ou périurbain caractérisé par la présence d'un débouché en laiterie, ces producteurs (T4 et T5) se distinguent nettement des autres types par une volonté d'orienter franchement la production bovine vers la vente du lait pour la laiterie. Cette orientation productive et commerciale se traduit par un niveau de production de lait beaucoup plus élevé que dans les trois autres types. Ce niveau peut s'expliquer par le choix de races à potentiel laitier plus prononcé, par une alimentation des animaux plus suivie et par un équipement de meilleure

qualité. Chacun de ces deux types est représenté par une seule exploitation. Dans l'exploitation T4, l'activité d'élevage laitier est une activité secondaire pour la famille (qui gère la minilaiterie Bonnet Vert). Elle est mise en œuvre grâce à des salariés au nombre de deux. Dans l'exploitation T5, au contraire, l'orientation laitière est directement mise en œuvre par la famille : il s'agit d'un ancien commerçant qui a fermé boutique et qui s'est lancé dans les années 1998-2000 dans l'élevage en optant pour les races à orientation laitière dans le but de vendre du lait. Le travail est assuré par le père et le fils, aidés par un berger.

Au niveau de la structure, les T4 et T5 sont caractérisés par une surface cultivée très limitée (consacrée à la production de maïs), un troupeau réduit, mais constitué principalement de vaches de races améliorées (F1 ou F2 ; Holstein, Brune des Alpes, Montbéliarde et Goudali), par un équipement plus important (étables, magasins, fenils en dur, eau courante, mangeoires, abreuvoirs, matériels roulants, entres autres). Toutes les vaches chez T5 sont des métis issus de croisements avec des races laitières alors que le troupeau de T4 comporte deux vaches de race locale (zébus Peuhl). Ces vaches locales sont d'ailleurs inséminées avec des semences de race laitière importée.

Au niveau des pratiques, les T4 et T5 se distinguent par des stocks de fourrages et d'aliments beaucoup plus importants que dans les autres types. T5 privilégie en particulier le fourrage constitué de résidus de maraichage (feuilles de chou) et de fourrages verts fauchés dans les bas-fonds et livrés par des commerçants. En revanche T4, favorise l'usage d'aliments concentrés associés à des fourrages grossiers (coques de coton et pailles de céréales). Les intervalles entre mises bas sont plus courts que dans les autres types. Dans T5, les mises-bas sont toutes regroupées en saison des pluies (54 % ont lieu en début de la saison des pluies, 31% en saison des pluies et 15 % en fin de saison des pluies). Aucune mise-bas n'a été enregistrée en saison sèche. Elles sont plus étalées dans T4 (84% ont lieu de la fin de la saison sèche à la fin de la saison des pluies).

Au niveau des performances, ces producteurs présentent des niveaux de production de lait beaucoup plus élevés en toute saison. La production de lait chez les T5 varie entre 10 et 13 litres par vache par jour selon les saisons. Ceci s'explique par une alimentation très riche en fourrages de qualité (notamment les feuilles de choux et les fanes) et par le recours à des races à meilleur potentiel laitier. Cependant, on observe une baisse relative de la production en saison des pluies lorsque la majorité des vaches sont en début de lactation, ce qui est assez paradoxal. Ceci pourrait s'expliquer par les conditions de logement des vaches beaucoup plus mauvaises que chez T4 à cette période de l'année (parc confiné et boueux). Dans T4, la production de lait varie entre 5 et 6 litres par vache par jour, soit pratiquement trois fois plus que chez les T3, et avec

un pic de production en saison des pluies. Là aussi, une alimentation renforcée et des races spécialisées ont permis ces performances laitières élevées. Le nombre de veaux nés dans l'année par vache est plus élevé que dans T1 et T2, mais il est comparable à celui des T3. Tout le lait produit est destiné à la laiterie, et il n'y a donc pas d'autoconsommation. Les quantités annuelles commercialisées par exploitation sont de 14,4 tonnes pour T4 et de 36,4 tonnes pour T5.

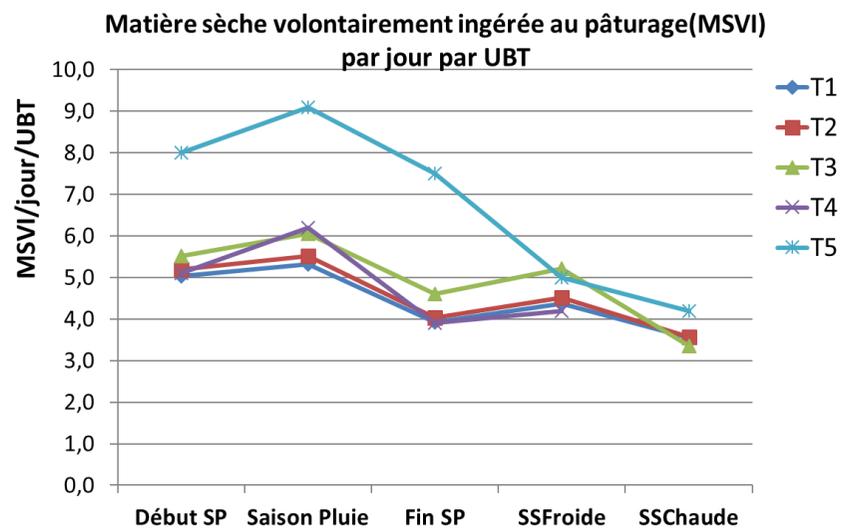
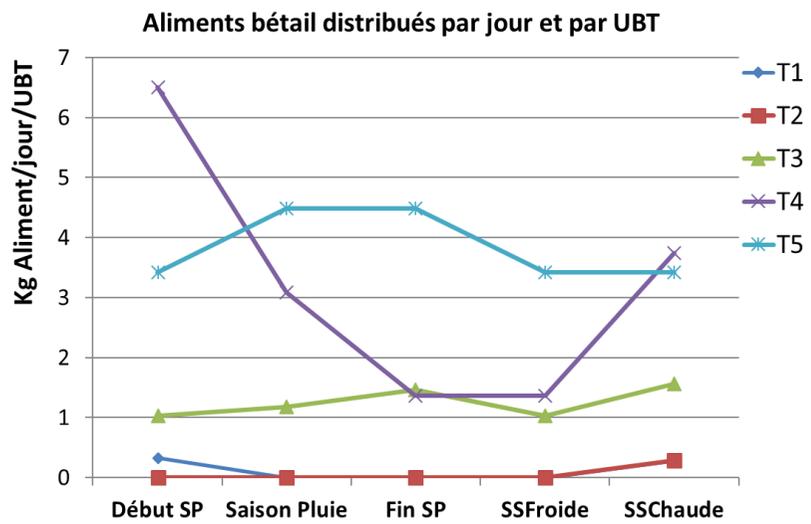
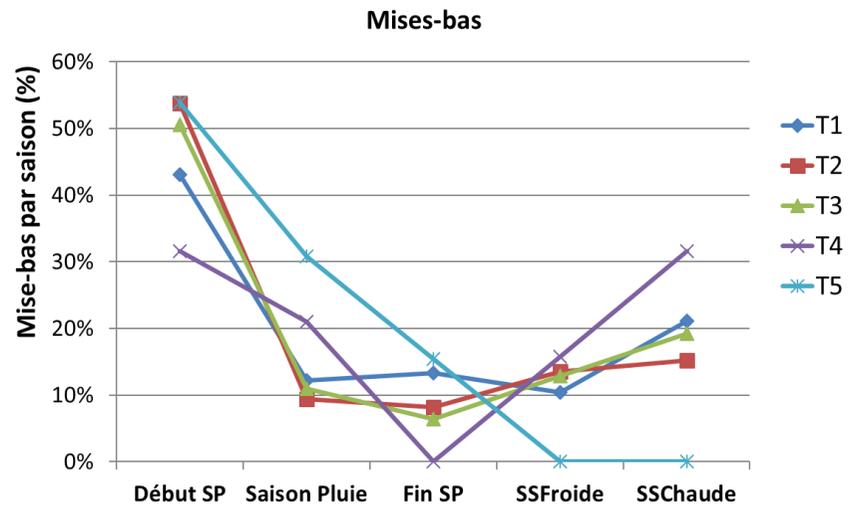
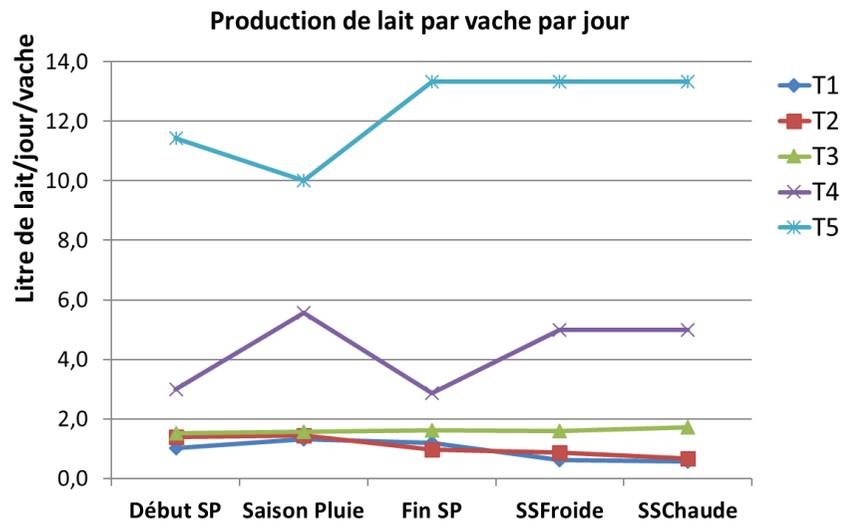
III.3.2 Bilan alimentaire par type d'exploitation

Afin de porter un diagnostic plus précis sur ces élevages, nous présentons une analyse détaillée des bilans alimentaires pour chaque type. Ces bilans sont en effet essentiels pour porter un diagnostic sur les performances de ces différents types d'exploitations de polyculture-élevage. Ils se basent sur les données brutes collectées auprès des exploitants (Figure 6).

III.3.2.1 Producteurs allaitants à faible niveau d'intrants et à orientation pastorale T1 et T2)

Dans les T1 et T2 l'alimentation des vaches est principalement basée sur le pâturage naturel. La matière sèche volontairement ingérée au pâturage (MSVI) est plus élevée en saison des pluies : autour de 5 kg MS/UBT/j) contre 4 kg MS/UBT/j en saison sèche froide, voir 3,6 kg MS/UBT/j en saison sèche chaude quand l'herbe devient rare. La distribution d'aliments bétail est très faible et limitée au début de la saison des pluies (300 g de matière brute [MB]/UBT/j). La distribution de fourrages de qualité (fanés de légumineuses chez T1, fanés de niébé chez T2) est également très faible et limitée à la saison sèche chaude (environ 100 g MB/UBT/j). Les fourrages grossiers (pailles de maïs, coques de coton, pailles de riz, etc.) sont distribués en faibles quantités en début de saison de pluies (300 g MB/UBT/j) et en plus grandes quantités en saison sèche chaude (11,2 kg MB/UBT/j chez T1 et 7,7 kg MB/UBT/j chez T2).

Dans ces élevages, la couverture des besoins alimentaires des animaux n'est pas bien assurée. La couverture totale des besoins en énergie (UF) n'est réalisée (>100 %) qu'en saison sèche chaude quand les animaux sont complétés. Le reste de l'année, elle est inférieure à 100 %. La couverture des besoins en matières azotées digestibles (MAD) augmente régulièrement du début des pluies à la saison sèche froide, mais elle ne passe la barre des 100 % que durant la saison sèche chaude lorsque les animaux reçoivent des aliments et des fourrages en compléments. La limitation des espaces pâturables en saison des pluies par l'extension des champs, obligeant les animaux à pâturer dans des espaces pauvres en fourrages pourrait expliquer la faible couverture des besoins des vaches en production en saison des pluies.



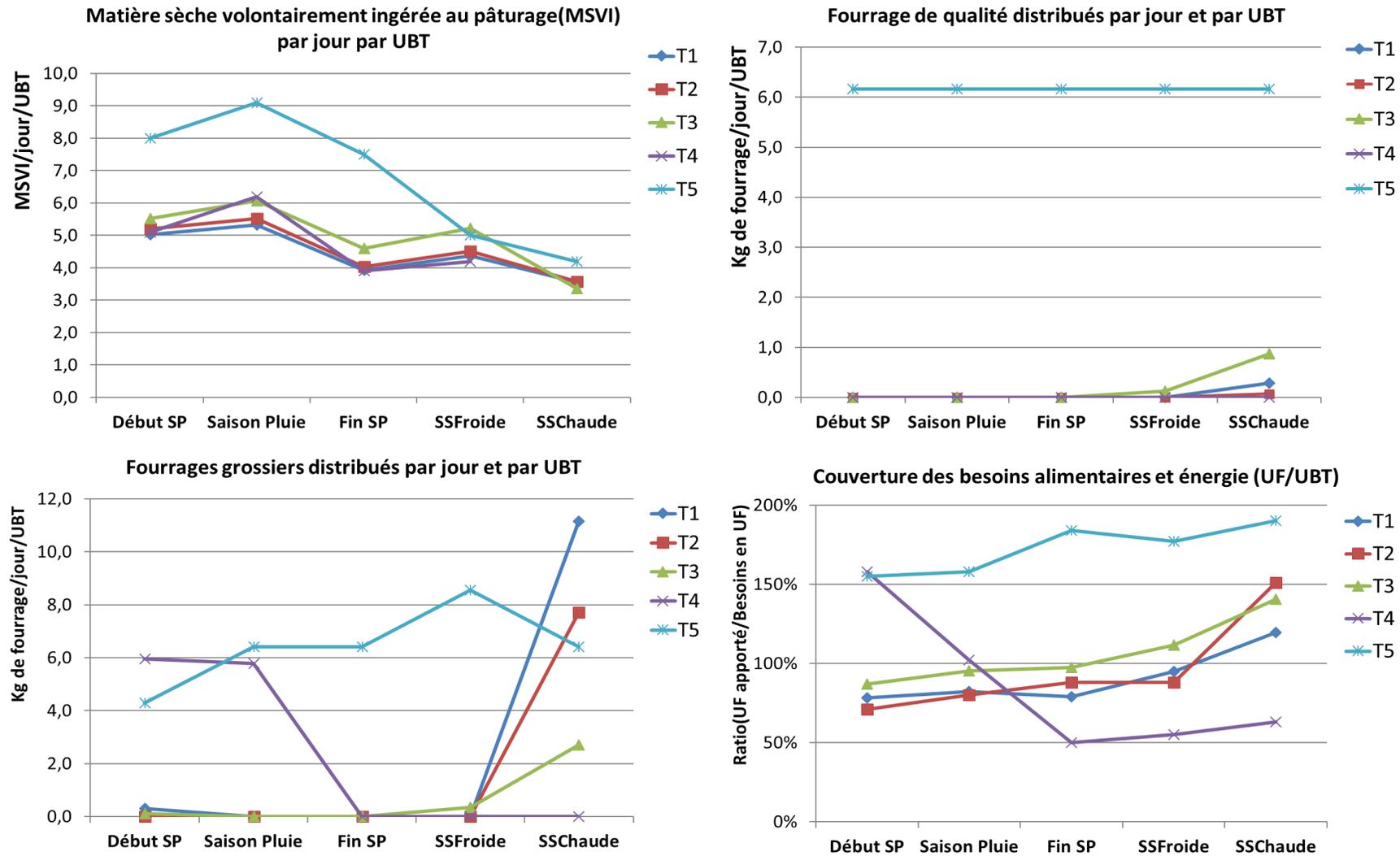


Figure 6 : Modes de conduite de vaches selon les saisons en fonction du type d'exploitation dans la région des Hauts-Bassins (Ouest du Burkina Faso). MAD : matières azotées digestibles ; UF : unité fourragère ; UBT : Unité de bovin tropical = 250 kg de poids vif.

III.3.2.2 Producteurs allaitants à orientation agropastorale (T3)

Dans les T3, le pâturage reste la base de l'alimentation, mais les apports d'aliments et de fourrages sont plus élevés et plus continus que dans les T1 et T2. La MSVI au pâturage est légèrement plus élevée que dans les T1 et T2, sauf en saison sèche chaude (1,6 kg MS/UBT/j), diminution compensée par la distribution de fourrages et d'aliments. La distribution d'aliments est effectuée toute l'année avec des quantités minimales trois fois supérieures aux apports des types T1 et T2. La distribution de fourrages de qualité (fanés de niébé, fanés de mucuna, fanés d'arachide) est supérieure à celle pratiquée dans les T1 et T2. Elle débute en saison sèche froide avec environ 100g MB/UBT/j et augmente jusqu'à 900g MB/UBT/j en fin de saison sèche chaude. La distribution de fourrages grossiers est faible par rapport aux autres types de producteurs (environ 100g MB/UBT/j en début de saison des pluies, 400g MB/UBT/j en saison sèche froide et 2,7 kg MB/UBT/j en saison sèche chaude).

La couverture des besoins alimentaires est meilleure que chez les T1 et T2. Les besoins en énergie (UF) sont couverts pour toutes les saisons (>100 %), à l'exception du début de la saison des pluies. Concernant les besoins en matières azotées (MAD), ils sont couverts de la fin de la saison des pluies à la fin de la saison sèche chaude.

III.3.2.3 Producteurs laitiers à visée commerciale (T4)

Dans T4, la contribution des pâturages est en baisse dans l'alimentation. Du début de la saison des pluies à la fin de la saison sèche froide les animaux sortent au pâturage, mais avec des heures de pâturage restreintes (≈ 3 h/j contre ≈ 11 h/j dans les T1, T2 et T3). En saison sèche chaude, les animaux sont gardés et nourris exclusivement à l'étable. Le régime alimentaire est basé sur une distribution d'aliments (tourteaux de coton, son de maïs ou de riz, farine basse de riz entre autres) mais avec des quantités très variables d'une saison à l'autre. Les deux pics d'apport se situent au début de la saison des pluies (6,5 kg MB/UBT/j) et pendant la saison sèche chaude (3,7 kg MB/UBT/j). Les fourrages de qualité ne rentrent pas dans la ration alimentaire des animaux. En revanche, les fourrages grossiers sont apportés en plus grande quantité, mais uniquement en début et en pleine saison des pluies (≈ 6 Kg MB/UBT/j).

La couverture des besoins alimentaires des vaches n'est pas assurée à toutes les saisons. Au cours de la saison des pluies, les besoins en énergie sont largement couverts, mais ce n'est pas le cas en saison sèche parce que les distributions d'aliments et de fourrages ne sont pas suffisantes pour compenser l'absence de pâturage. Pour les besoins en matières azotées (MAD),

les besoins sont couverts toute l'année, sauf en fin de saison des pluies et durant la saison sèche froide.

III.3.2.4 Producteurs laitiers à visée commerciale (T5)

Dans T5, les animaux ont un poids vif nettement supérieur à celui des autres types (≈ 480 kg, contre ≈ 470 kg dans T4 et ≈ 280 kg dans les T1, T2 et T3), ce qui explique la MSVI au pâturage significativement plus élevée. La MSVI au pâturage est maximale durant la saison des pluies (7-9 kg MS/UBT/j), puis elle diminue en saison sèche (5-6 kg MS/UBT/j). T5 se caractérise par un apport constant d'aliments toute l'année (3,5-4,5 kg MB/UBT/j), avec des quantités plus élevées en saison des pluies. Les fourrages verts de qualité (feuilles de chou, graminées fraîches, légumineuses) sont aussi distribués en abondance toute l'année (≈ 6 kg MB/UBT/j). Le régime alimentaire est également constitué d'un apport régulier en fourrage grossier (coques de coton) toute l'année dont les quantités varient de 4,3 kg MB/UBT/j au début de la saison des pluies à 6,4 kg MB/UBT/j en saison sèche chaude en passant par un pic de 8,6 kg MB/UBT/j en saison sèche froide.

Dans ce type, les besoins alimentaires des vaches sont couverts en toute saison. La couverture des besoins en énergie est très excédentaire toute l'année. A plus de 150 % au début de la saison des pluies, le taux de couverture atteint 190 % en saison sèche chaude. La couverture des besoins en MAD est aussi largement atteinte à plus de 150 % toute l'année avec des pics de couverture en fin des pluies (plus de 250 %) et en saison sèche chaude (240 %).

III.3.3 Résultats économiques

III.3.3.1 Producteurs allaitants à faible niveau d'intrants et à orientation pastorale (T1 et T2)

Chez les T1 et T2 le prix du kilogramme d'aliment (mélange du tourteau de coton et son de maïs) revient à 96 FCFA (1 € = 655,957 FCFA). Pour les résidus de récoltes (généralement constitués de fanes d'arachides) acquis hors exploitation, le prix moyen du kilogramme est de 37 FCFA. Les T2 dépensent approximativement deux fois plus que les T1 pour produire un litre de lait en raison des charges plus élevées pour le stockage des fourrages et aliments, et pour les soins de santé (25 FCFA chez les T2 contre 13 FCFA chez les T1).

Le prix de vente du lait chez les T1 est le plus élevé de tous les types (plus de 350 FCFA/L toute l'année), car le lait est généralement vendu au détail mais avec deux phases : du début à la fin de la saison des pluies avec un prix stable et légèrement au-dessus de 350 FCFA/L, et en

saison sèche froide et chaude à un prix moyen stable de 375 FCFA/l (Figure 6). Ces prix élevés s'expliquent par le fait que ces producteurs vendent en faisant du porte-à-porte et sur les marchés urbains. Chez les T2, les ventes ont généralement lieu sur place (à la ferme) à des collecteurs ou à des personnes familières dans leur environnement immédiat. Le prix du litre de lait passe de 250 FCFA en saison des pluies à 300 FCFA en fin de la saison des pluies, et il atteint son niveau maximum en saison sèche (\approx 350 FCFA).

Les revenus laitiers sont relativement modérés chez ces 2 types, ce qui s'explique par l'objectif de production plutôt orienté vers l'épargne sur pieds, et par la part importante des activités agricoles dans le revenu du ménage. Le revenu laitier brut (c'est-à-dire avant rémunération de la main d'œuvre) est moins élevé chez les T2 (67 580 FCFA/vache/an soit 540 640 FCFA/exploitation/an) que chez les T1 (82 195 FCFA/vache/an soit 657 560 FCFA/exploitation/an) (Tableau V).

III.3.3.2 Producteurs allaitants à orientation agropastorale (T3)

Dans les T3, le coût du kilogramme d'aliment est le même que chez les T1 et T2 avec un coût de production du litre de lait plus élevé (62 FCFA/L) environ 2,5 fois celui des T2 en raison de la plus grande quantité d'aliments et de fourrages achetés. Les T3 vendent la grande partie de leur production soit à des laiteries à un prix négocié, soit à des particuliers à un prix qui varie de 300 FCFA au début de la saison des pluies à 350 FCFA en saison sèche froide et chaude. Le revenu généré par la vente de lait par vache par an est plus élevé que chez les T1 et T2 (112 416 FCFA/vache/an, soit 674 496 FCFA/exploitation/an) (Tableau V).

III.3.3.3 Producteurs laitiers à visée commerciale (T4 et T5)

Dans les T4 et T5 le prix moyen du kilogramme d'aliment et de fourrage est le même, et il est plus élevé que celui des T1, T2 et T3 à cause principalement du coût élevé du son de maïs à Bobo-Dioulasso qui est le double du coût pratiqué dans les villages. T4 présente un coût de production de lait plus élevé (134 FCFA/L) à cause de dépenses très élevées pour l'achat des aliments (tourteaux de coton, son de maïs et de riz, concentrés Vitalac, farine basse de riz, farine de néré, sésame, ou coque de coton) alors que la production de lait n'est pas très importante. En revanche, T5 qui est le système le plus productif en termes de production laitière, a un coût de production relativement faible (71 FCFA/L), comparable à celui de T3 (62 FCFA/L) grâce à l'utilisation d'importantes quantités de fourrage vert de qualité et bon marché (feuilles de chou, herbes fraîches).

Les T4 et T5 livrent le lait à la laiterie au prix de 350 FCFA/L. Le revenu généré par la vente du lait est plus élevé que dans les autres types. Il est deux fois plus élevé dans T5 (1 589 595 FCFA/vache/an, soit 14,3 millions de FCFA/exploitation/an) que chez T4 (703 150 FCFA/vache/an soit environ 5 millions de FCFA/exploitation/an), ce qui souligne là aussi les bonnes performances de l'élevage T5 (Tableau V).

Tableau V : Evaluation économique des exploitations de producteurs de lait dans l'Ouest du Burkina Faso

Types de producteurs	Allaitants à faible niveau d'intrants et orientation pastorale		Allaitants à orientation agropastorale	Laitiers spécialisés à visée commerciale	
	A grand effectif (T1)	A effectif moyen (T2)	Recours modéré aux fourrages et aliments (T3)	Recours important aux aliments (T4)	Forte utilisation de fourrages verts (T5)
Prix moyen de vente du lait en saison des pluies (FCFA/L)	363	271	303	350	350
Prix moyen de vente du lait en saison sèche (FCFA/L)	375	357	340	350	350
Prix de l'aliment bétail (FCFA/kg MB)	96	96	96	125	125
Prix moyen du fourrage grossier (pailles) ou de qualité (fanés) acquis hors exploitation (FCFA/kg MB)	37	37	37	50	50
Coût annuel alimentation (aliment + fourrage) par UBT (FCFA)	1 597	3 655	29 708	234 550	287 350
Coût annuel total (santé + alimentation + fonctionnement) par UBT (FCFA)	4 132	9 733	37 406	269 550	324 550
Coût de production d'un litre de lait (FCFA)	13	25	62	134	71
Revenu annuel du lait/vache avant rémunération de la main d'œuvre (FCFA)	82 195	67 580	112 416	703 150	1 589 595
Revenu annuel du lait /exploitation avant rémunération de la main d'œuvre (FCFA)	657 560	540 640	674 496	4 922 050	14 306 355

UBT : unité de bovin tropical = 1 bovin de 250 kg ; MB : matière brute ; 1 € = 655,957 FCFA

III.4 Discussion

III.4.1 Diversité des systèmes de production et pratiques de production du lait dans un contexte d'émergence des laiteries

Les résultats de la typologie ont permis de distinguer en fonction des variables de structure, de fonctionnement et de performance, cinq types d'exploitations productrices de lait. Hamadou *et al.* (2003) avaient mis en évidence quatre types d'exploitations dans les élevages laitiers de la périphérie de Bobo-Dioulasso (Ouest du Burkina Faso) à l'aide de la méthode des nuées dynamiques de K-means et l'analyse discriminante. La confrontation des typologies d'Hamadou *et al.* (2003) et de celles présentées dans cette étude, met en évidence un type d'élevage non décrit en 2003 : les « Allaitants à orientation agropastorale (T3) ».

Ce type T3 est sans doute issu d'une évolution des producteurs à faibles niveaux d'intrants de type sédentaire décrit par Hamadou *et al.* (2008) désireux de développer la production de lait en suivant une modalité d'intensification de la production à bas coût financier. Pour ces producteurs T3, une stratégie d'intégration de l'agriculture et de l'élevage se dessine pour accroître la production. Le stockage des résidus de cultures à destination fourragère est plus important que chez les T1 et T2, et une place plus importante est accordée à la production de fourrage de qualité (fanés de niébé fourrager, fanés de mucuna). L'alimentation des vaches est renforcée par des apports réguliers d'aliments concentrés dans le régime alimentaire des animaux durant toute l'année. Nous avons également observé un début de pratique du métissage des vaches avec des races laitières importées. Ces pratiques ne sont pas rapportées dans les études de Hamadou *et al.* (2003) et Hamadou *et al.* (2008) et l'on peut ainsi parler de nouveauté. Sur le plan de la mise en marché, ces élevages semblent être influencés par l'augmentation de la demande de lait en provenance des laiteries (Duteurtre, 2007) au-delà du périmètre périurbain de Bobo-Dioulasso et certains livrent à de petites laiteries qui s'installent en zone rurale. Cette dynamique pourrait s'amplifier avec la construction de plusieurs centres de collecte en milieu rural par des initiatives publiques.

Concernant les autres types de producteurs (T1, T2, T4 et T5), on retrouve globalement les mêmes caractéristiques que celles décrites par Hamadou *et al.* (2003 et 2008) avec parfois des adoptions de nouvelles stratégies d'alimentation (T5). Tout comme dans cette étude antérieure, notre travail a montré que dans les élevages extensifs à faible niveau d'intrants et à orientation pastorale (T1, T2) la vente de lait n'était pas au centre de l'objectif de production. Le maintien de la mobilité des troupeaux, les effectifs élevés, la faible propension à investir dans les

équipements agricoles et d'élevage et à effectuer des dépenses élevées dans l'alimentation et dans la santé des animaux montrent que ces élevages sont restés principalement dans une logique d'élevage allaitant ou la production de bétail sur pieds reste l'objectif économique principal (Hamadou *et al.*, 2008 ; Alary *et al.*, 2011). Cependant, la proportion du lait autoconsommée est inférieure à 50 % et relativement faible comparée à celle des éleveurs de la même catégorie rapportée par Hiernaux *et al.* (2016) en zone semi-aride du Niger (78 à 84%). Enfin, lorsque le cheptel est important, comme c'est le cas pour les T1, les éleveurs qui dépendent fortement des pâturages naturels rencontrent de réelles difficultés pour satisfaire les besoins de leurs animaux au pâturage dans des territoires fortement occupés par l'agriculture (réduction des zones de pâtures), dans un paysage fragmenté (difficulté de circulation) (Botoni/Liehoun *et al.*, 2006), et soumis à des règles d'accès au foncier défavorables aux éleveurs (Mathieu *et al.*, 2003).

Chez les producteurs à visée commerciale (T4 et T5), notre étude a montré que la connexion à une laiterie était forte et que cette dernière captait pratiquement tout le lait produit dans ces élevages. Dans ces types d'élevage, l'objectif de production laitière est clair, comme l'avait déjà montré Hamadou *et al.* (2008), et il se traduit par des investissements importants en équipements agricoles et d'élevage, l'utilisation des races à orientation laitière et un recours important aux aliments bétails. Ces élevages qui disposent d'un débouché en laiterie et de capacités financières plus élevées que la moyenne, produisent davantage de lait.

III.4.2 L'alimentation, clé de l'intensification de la production de lait

Pour accroître la production de lait, les éleveurs peuvent agir sur plusieurs leviers techniques comme l'alimentation (Coulibaly *et al.*, 2007), la gestion de la reproduction (Hanzen *et al.*, 2013), la génétique (Nianogo *et al.*, 1996 ; Zongo *et al.*, 2012) et la santé (Traoré *et al.*, 2004), et si possible de façon simultanée pour créer des effets de synergie.

L'étude a montré que les producteurs qui s'engageaient dans une logique de production laitière en vue de sa commercialisation agissaient principalement sur le levier de l'alimentation. Ils avaient d'abord recours à la distribution d'aliments concentrés pour soutenir la production de lait au fil de l'année, en proportion de leurs moyens financiers (distribution moyenne chez les T3, élevée chez les T4 et T5). Toutefois cette pratique n'est pas optimale pour des ruminants qui ont besoin d'une alimentation plus équilibrée en fibres (Kaasschieter *et al.*, 1994). Or, seul le T5 a eu recours à la distribution de fourrages de qualité et de fourrages grossiers en grande quantité toute l'année, ce qui a réduit de moitié son coût de production comparé à T4.

L'utilisation de ces fourrages disponibles à bas coût pourrait permettre à T4 d'accroître la production de lait et de réduire le coût de production.

Le choix de ces options pourrait s'expliquer par la place de l'activité d'élevage dans les revenus de la famille. L'élevage est l'activité principale de T5 qui y consacre beaucoup de temps à rechercher de meilleures stratégies pour produire plus à bas coût, alors que pour T4 il s'agit d'une activité secondaire techniquement gérée par une main d'œuvre salariée moins qualifiée. Dans les autres types, la distribution de fourrage de qualité est minime et ne concerne que la fin de saison sèche. Les quantités importantes de fourrage grossier distribuées à cette période apportent des fibres alimentaires indispensables au bon fonctionnement du rumen et au maintien de la rumination, mais ne permettent pas de soutenir la production de lait à un niveau élevé. Des marges de progrès sont donc possibles sur la conduite de l'alimentation et principalement sur l'utilisation de fourrages de qualité en sec ou en vert.

Cependant, l'efficacité de cette stratégie de soutien de la production de lait basée sur l'alimentation est limitée par la gestion de la reproduction (Hanzen *et al.*, 2013). Dans les élevages, les naissances sont concentrées en début de saison des pluies, ce qui conduit naturellement à une forte production de lait durant la saison des pluies, suivie d'un déclin durant la saison sèche allant vers le tarissement en fin de saison sèche chaude. Ce mode de conduite de la reproduction traduit bien sûr une adaptation à la disponibilité en fourrage naturel. Il permet de garantir un allaitement suffisant des jeunes animaux au cours de leurs premiers mois, mais il ne permet pas de tirer profit du prix élevé du lait durant la saison sèche. Le dé-saisonnement d'une partie des naissances en saison sèche pourrait être une solution pour accroître la production de lait en saison sèche, à condition que des stocks alimentaires soient disponibles (en sec ou en vert). On retombe dès lors sur des problèmes d'alimentation et de gestion du calendrier fourrager qui peut être perturbé par les contraintes d'accès à l'eau en saison sèche.

Le recours à des animaux de races laitières améliorées (Zongo *et al.*, 2012) constitue un levier d'accroissement de la production du lait mis en œuvre par des producteurs qui ont davantage de moyens financiers (T4 et T5). Un tel investissement en génétique, pour être convenablement valorisé, nécessite la mise en œuvre d'une conduite alimentaire et sanitaire adaptée, de bonnes conditions de logement à l'étable et en particulier des aliments et des fourrages de qualité disponibles en quantité. Le niveau technique de l'éleveur doit être élevé.

En conclusion, on peut dire que l'alimentation est bien un facteur clé de l'intensification de la production laitière dans les élevages.

Actuellement, les éleveurs préfèrent mettre en œuvre des pratiques d'alimentations basées sur les concentrés achetés, ou sur les résidus de cultures qui ont des avantages, mais aussi des

limites. Les aliments bétails (tourteaux de coton, farine basse de riz, sons et autres concentrés) ne sont pas toujours accessibles. De plus le prix d'achat sur le marché du sac de 50 kg de tourteau qui varie de 7 500 à 8 500 FCFA, et du sac de 60 kg de son de céréales qui varie de 2 500 à 6 000 FCFA est souvent considéré trop élevé par les petits producteurs (Fao, 2014), ce qui conduit les éleveurs à mettre en œuvre une conduite alimentaire inadaptée (Coulibaly *et al.*, 2007).

Les techniques de fauches sont bien connues mais la mauvaise conservation du foin affecte sa qualité. Des techniques innovantes recommandées depuis des années sont encore peu adoptées par les producteurs. Parmi celles-ci l'ensilage permet de conserver la qualité des fourrages récoltés mais la fabrication demande beaucoup de moyens et de savoirs faire. Les cultures fourragères annuelles et pérennes de légumineuses et de graminées peuvent être introduites sous différentes formes : en amélioration des parcours naturels, en cultures pures ou associées (César *et al.*, 2004 ; Klein *et al.*, 2014 ; Bayala *et al.*, 2014). Les facteurs limitants l'adoption des cultures fourragères dans les élevages sont : le coût du travail, le manque de disponibilité foncière, le coût de la protection des parcelles, la non disponibilité des semences fourragères (Hamadou *et al.*, 2005 ; Toutain *et al.*, 2009).

Pour compléter les solutions aux problèmes d'alimentation des vaches, nous proposons un modèle de production de fourrage innovant, les banques fourragères arbustives pour produire du fourrage en vert toute l'année pour compléter les vaches notamment en saison sèche. Les banques fourragères arbustives sont des systèmes de production qui utilisent les arbres fourragers à hautes valeurs nutritives plantés à haute densité, de 10 000 à 80 000 plants/hectare (González-García et Martín Martín, 2016). L'exploitation de ces banques se fait selon des modes de coupe et distribution (deux, trois, et jusqu'à quatre fois dans l'année en fonction de la saison, du régime de récolte, de la variété, etc.) ou de stockage sous forme de feuilles séchées ou de farine pour la période de disette. En Amérique latine, les banques fourragères arbustives sont couramment utilisées par les éleveurs, mais en Afrique, les banques fourragères arbustives ont été testées uniquement en station de recherche par l'ICRAF (Bayala *et al.*, 2014) mais n'ont pas été introduites en milieu réel. Nous proposons d'introduire ces banques chez des producteurs volontaires en s'appuyant sur une démarche en partenariat impliquant les producteurs et les acteurs de leur environnement, afin de prendre en compte les problèmes d'accès au foncier, de compétition de ces cultures avec les cultures destinées à l'alimentation humaine et le coût en travail.

III.5 Conclusion partielle

Cette étude a mis en exergue de nouvelles pratiques dans les exploitations productrices de lait, en réponse à la croissance rapide du marché du lait. Les évolutions détectées dans les modes de conduites des animaux seraient influencées par différents facteurs tels que : la restriction des parcours, l'aptitude du producteur à investir en capital, l'orientation générale que le producteur donne à son exploitation, et également par l'émergence des minilaiteries privées et des centres de collectes qui se déploient au-delà du périmètre urbain. L'étude a montré que l'aliment concentré est généralement utilisé en fin de saison sèche par les producteurs de lait à faible intrants et à orientation pastorale (T1 et T2) et toute l'année par les producteurs de lait à orientation agropastorale (T3) mais de façon modérée et plus fortement par les producteurs à visée commerciale (T4, T5). La distribution des résidus de cultures stockés, a lieu également en fin de saison sèche dans les T1 et T2, à faibles capacités de stockage ou sur période plus longue en saison sèche dans les T3 ou encore toute l'année dans le T5 avec l'usage des résidus de maraichages qui donnent des résultats intéressants. En ce qui concerne la production fourragère, l'étude a montré que les cultures fourragères annuelles permettent d'améliorer les ressources fourragères disponibles dans le T3 mais restent très limitées.

Ces résultats mènent à plusieurs réflexions. Les cultures fourragères pourraient accroître l'offre fourragère de bonne qualité en complétant les ressources actuelles tout en maîtrisant les dépenses pour l'achat des aliments concentrés. Mais les cultures fourragères annuelles (par exemple mucuna, niébé) ne permettent pas de produire un fourrage vert en saison sèche, d'où la proposition d'utiliser des plantes fourragères arbustives pérennes dans des banques fourragères. La banque fourragère arbustive n'a jamais été expérimentée en vraie grandeur en Afrique de l'Ouest, nous proposons donc de conduire des expérimentations en milieu réel chez des producteurs volontaires afin de concevoir, d'adapter les modes de conduites des BFA et d'étudier leur potentialité et leur faisabilité et enfin d'évaluer leur effet sur la production de lait à la ferme.

CHAPITRE IV EXPERIMENTATION DES BANQUES FOURRAGERES
ARBUSTIVES CHEZ LES PRODUCTEURS DE LAIT, SUIVI ET
MESURE DES PERFORMANCES

IV.1 Introduction

Au Burkina Faso, pour nourrir les vaches en lactation, les producteurs ont recours aux pâturages naturels présents sur le territoire, aux résidus de cultures pâturés au champ, aux pailles et fanes stockées sur l'exploitation et aux aliments produits sur l'exploitation ou achetés (Savadogo *et al.*, 1999 ; Vall et Diallo, 2009 ; Sib *et al.*, 2017). Certains producteurs innovent avec la production de cultures fourragères, comme le mucuna et le niébé (Coulibaly *et al.*, 2017 ; Koutou *et al.*, 2016). Malgré cette diversité de ressources et ces innovations, la couverture des besoins alimentaires des vaches n'est pas assurée toute l'année avec un déficit fourrager en saison sèche (Delma *et al.*, 2016a ; Sib *et al.*, 2017). Avec le développement des mini-laiteries et la croissance de la demande en lait, certains producteurs souhaitent accroître leur production laitière (Corniaux *et al.*, 2014). Ils expriment une demande d'innovation pour produire à coût limité, des fourrages en plus grande quantité, et de bonnes qualités alimentaires, pour alimenter les vaches durant la saison sèche.

Pour produire un fourrage vert frais durant la saison sèche, en agriculture pluviale et sous un climat soudano-sahélien, les cultures fourragères herbacées ne sont pas la solution adaptée (Klein *et al.*, 2014), et c'est pourquoi nous nous sommes intéressés aux ligneux fourragers cultivés. En Afrique, l'importance des ligneux fourragers spontanés pour nourrir le bétail en saison sèche est bien documentée (Le Houerou, 1980 ; Thiébauld, 2005 ; Klein *et al.*, 2014) de même que leur impact sur la production de lait (Place *et al.*, 2009 ; Franzel *et al.*, 2014). En revanche, les tentatives d'introduction de plantations d'arbres à vocations fourragères restent rares. En Afrique de l'Est, quelques travaux relatent l'introduction d'arbres à usages multiples chez les petits producteurs (Franzel *et al.*, 2014). En Afrique de l'Ouest, des travaux relatent l'introduction de plantations d'arbres, mais pour créer des haies de délimitation des parcelles, pour fertiliser les sols, mais rarement pour alimenter des animaux (Bationo *et al.*, 2012). En revanche, dans certaines régions tropicales d'Amérique latine, des Caraïbes et d'Asie du Sud, des systèmes fourragers agroforestiers basés sur des BFA, que l'on peut définir comme une plantation à haute densité d'arbres fourragers exploitée sous un régime de « cut and carry », ont été développés et ont été bien adoptés par les producteurs (Datta, 2000 ; Saddul *et al.*, 2004 ; Mullen *et al.*, 2003 ; González-García et Martín-Martín, 2016). Les BFA présentent des avantages économiques et environnementaux dans un large éventail de situations de tropiques subhumides (Franzel *et al.*, 2014 ; Murgueitio *et al.*, 2015).

Dans le contexte plus sec du Burkina Faso, nous avons fait l'hypothèse que la BFA pouvait trouver une place dans le système fourrager actuel pour améliorer l'alimentation des vaches

traites durant la saison sèche, mais aussi pendant le pic de lactation (entre juillet et août en général). La technologie des BFA pourrait compléter les ressources déjà disponibles, à condition de trouver des réponses aux contraintes déjà mises en évidence sur l'introduction de cultures fourragères dans les systèmes agricoles locaux. Ces contraintes sont : le manque de connaissance sur les itinéraires techniques, le stockage et l'utilisation des fourrages, le manque de disponibilité en semence fourragère, parfois le manque de main-d'œuvre et d'espace disponible, le manque de matériel de fauche et de stockage (Klein *et al.*, 2014). Dans le cas de la BFA, le droit de planter des arbres, traditionnellement reconnu aux seuls propriétaires terriens, les troupeaux divaguant en saison sèche, les feux de brousse sont des contraintes supplémentaires à ne pas ignorer.

Pour prendre en compte ces multiples contraintes biotiques et humaines inhérentes à l'introduction d'une BFA dans le système fourrager, et pour accompagner les producteurs dans l'apprentissage de cette innovation, nous avons mis en place un dispositif de co-conception et d'expérimentation de la BFA chez le producteur (Vall *et al.*, 2016). Ce dispositif a impliqué des producteurs volontaires pour tester les BFA, les acteurs de leurs territoires (techniciens, chef coutumiers, élus, autres producteurs) et la recherche autour de la question suivante : comment concevoir, installer et exploiter des BFA adaptées aux contraintes et aux objectifs des producteurs ?

IV.2 Matériel et méthodes

La démarche de co-conception de systèmes agricoles innovants proposée par Vall *et al.* (2016) s'appuie sur des comités d'acteurs locaux, interagissant avec la recherche lors d'ateliers (Photo 1), et d'expérimentations pour construire pas à pas les systèmes agricoles innovants sur chaque site d'intervention. Elle comporte une phase de diagnostic, une phase d'expérimentation chez les producteurs et une phase d'évaluation.

Les résultats du diagnostic ont été publiés par Sib *et al.* (2017). Cet article présente les résultats de la phase d'expérimentation des BFA chez les éleveurs qui se divise elle-même en trois phases : (i) la phase de co-conception (conception des BFA, choix du lieu d'implantation des BFA, préparation de l'installation des BFA) ; (ii) la phase d'installation des BFA (production des plants, plantation des BFA, suivi de la croissance, du développement et du comportement des BFA durant les 12 premiers mois jusqu'au stade d'exploitation) ; (iii) la phase d'exploitation des BFA à partir du treizième mois après la plantation (coupe d'uniformisation, coupes d'exploitation, mesure des rendements, mesure de la qualité des fourrages, conservation des

fourrages, distribution des fourrages aux vaches). Comme cela a été évoqué, la phase d'évaluation a été scindée en deux étapes : l'évaluation *ex-ante* a été réalisé entre juillet et août 2018 car nous ne disposions pas suffisamment de données sur les BFA pour réaliser une évaluation en vraie grandeur, cette étape est présentée dans le chapitre 5 et enfin l'évaluation finale programmée entre octobre et décembre 2018.



Photo 1 : Ateliers participatifs

IV.2.1 Phase de co-conception des banques fourragères arbustives (BFA)

IV.2.1.1 Choix des sites et des volontaires pour la mise en place des BFA

Quatre sites ont été sélectionnés dans la région des Hauts-Bassins à l'ouest du Burkina Faso pour la mise en place des BFA. Le site de Sagassiamasso (BFA1 ; 11°16'44"N, 4°18'31"W), à 10 km au Nord-Est de Bobo-Dioulasso, le site de Koumbia (BFA2 ; 11°13'25.36"N, 3°43'11"W et BFA6 ; 11°15'2"N, 4°25'3"W) dans la province du Tuy à 67 km à l'Est de Bobo-Dioulasso, le site du campement peul de Nasso (BFA3 ; 11°15'2"N, 4°25'3"W et BFA5 ; 11°15'08"N, 4°25'55"W), à 20 km au Nord-Ouest de Bobo-Dioulasso et le site de Kimidougou (BFA4 ; 11°17'40"N, 4°14'33"W) à 20 km au Nord-Est de Bobo-Dioulasso (Figure 7).

Les producteurs laitiers de Sagassiamasso bénéficient de la proximité du marché urbain, mais leurs vaches ont peu accès au pâturage et aux fourrages de qualité. A Koumbia, l'accès au pâturage est un problème en toute saison, en raison de l'augmentation des surfaces cultivées (Vall, 2004 ; Koutou *et al.*, 2016). Au camp peul de Nasso, situé à la lisière de la forêt classée de Dinderesso, le pâturage n'est disponible qu'en saison des pluies.

Sur chaque site, la recherche a organisé trois ateliers impliquant les producteurs expérimentateurs et leurs voisins, les techniciens de l'élevage chargés du suivi de ces producteurs, les chefs coutumiers, les élus, les représentants des laiteries : i) d'abord en mars 2016, pour restituer les résultats du diagnostic initial, identifier des producteurs

expérimentateurs volontaires, ajuster le design des BFA et préparer leur installation ; ii) puis en mars 2017, pour présenter les résultats de la mise en place des BFA et pour préparer la phase d'exploitation des BFA ; iii) enfin en mars 2018 pour présenter les premiers résultats de la phase d'exploitation des BFA de 2016 et préparer la phase d'exploitation des BFA de 2017.

L'expérimentation des BFA s'est appuyée sur des producteurs volontaires, ayant un noyau de vaches traites et disposant d'une parcelle en propriété. Le volontaire s'engageait à préparer le sol avant la plantation, à désherber, créer un pare-feu, à suivre, à fertiliser, exploiter la BFA en accord avec la recherche, etc. La recherche s'engageait à apporter aux volontaires : un appui technique pour l'implantation, le suivi et l'exploitation des BFA, à fournir les plants et à construire les clôtures. En 2016, trois producteurs répondants aux critères ont été sélectionnés et accompagnés dans la mise en place d'une BFA : à Sagassiamasso (BFA1), Koumbia (BFA2) et Nasso (BFA3). En 2017, trois autres producteurs ont été sélectionnés pour installer une BFA : à Kimidougou (BFA4), à Nasso (BFA5) et à Koumbia (BFA6). Les résultats présentés dans ce chapitre concernent uniquement les BFA installées en 2016 (BFA1, BFA2 et BFA3) car pour les BFA installées en 2017, nous ne disposons pas encore de données sur la phase d'exploitation.

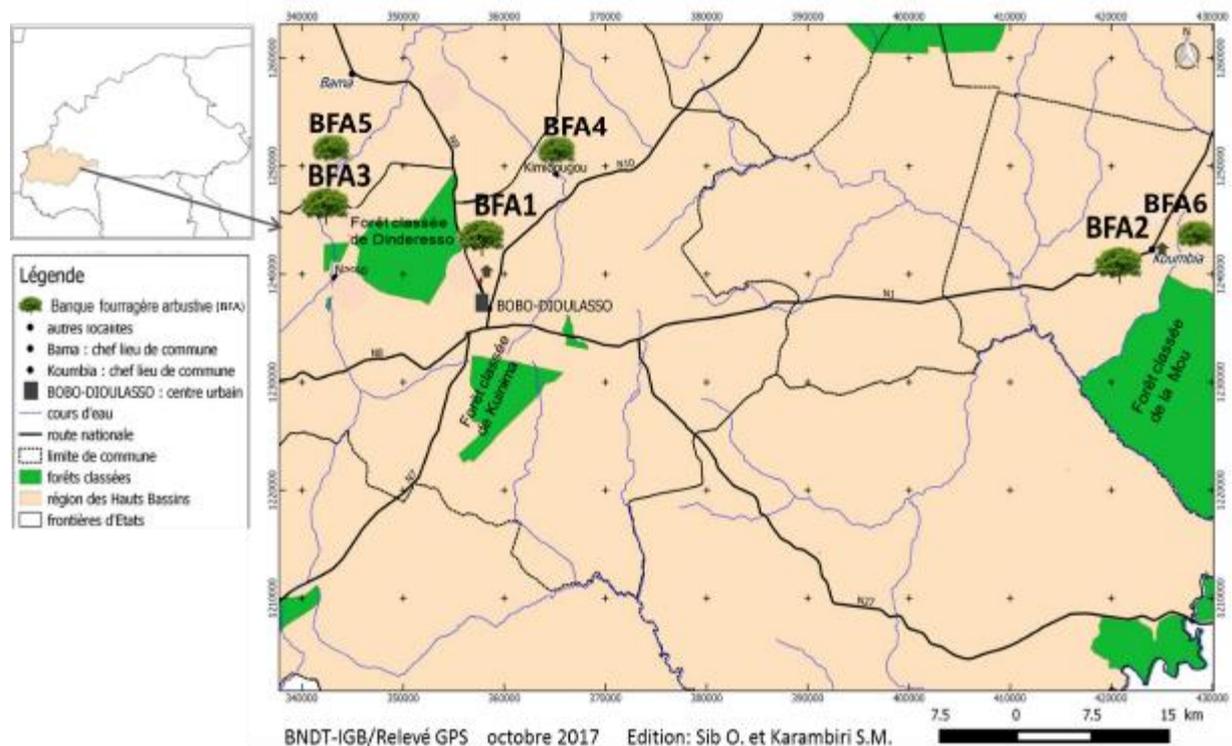


Figure 7 : Localisation des six banques fourragères arbustives expérimentées chez les producteurs.

IV.2.1.2 Choix des espèces, disposition géométrique, choix du sol et de l'emplacement, et protection des banques fourragères arbustives

Une revue de la littérature a orienté le choix vers deux espèces d'arbres fourragers, à usages multiples : *Morus alba* (Pentón *et al.*, 2007 ; Noda *et al.*, 2008 ; González-García et Martín-Martín, 2016) et *Leucaena leucocephala* (Wencomo et Ortiz, 2009 ; González-García *et al.*, 2009 ; Prasad *et al.*, 2011). Ces deux espèces sont reconnues pour leur qualité fourragère, leur aptitude à croître rapidement, leur productivité élevée, leur résistance à la sécheresse et à la coupe, et leur capacité d'adaptation dans divers milieux. D'autres espèces ont été recommandées pour la haie vive : *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbbeck* et *Samanea saman*. Les graines ont été acquises à la station expérimentale Indio Hatuey à Cuba (*Morus alba*, une partie de *Leucaena leucocephala* et de *Gliricidia sepium*) ; au Centre National de Semence Forestière (CNSF) et à l'Association pour la Promotion des Arbres Fertilitaires, agroforesteries et de foresteries (APAF) à Ouagadougou, Burkina Faso (*Albizia lebbbeck* et *Samanea saman*).

Le schéma d'implantation des BFA a été discuté avec les producteurs, en ayant à l'esprit qu'il s'agissait de dispositifs expérimentaux pilotes qui ne pouvaient pas être d'emblée dimensionnés à la hauteur des besoins réels des éleveurs expérimentateurs (Figure 8). Nous nous sommes entendus avec eux pour installer la BFA sur une parcelle de surface limitée de 625 m². Nous leur avons proposé une densité de plantation de 25 000 plants/ha (1 m entre les lignes et 0,4 m entre les plants) pour optimiser la croissance en hauteur des plants (Noda *et al.*, 2007). Nous nous sommes aussi entendus pour une disposition des deux espèces (*Morus alba* et *Leucaena leucocephala*) en deux blocs en interne afin de suivre séparément le comportement des deux espèces et de minimiser les risques en cas de maladie. Pour la protection des BFA, nous nous sommes entendus sur l'installation d'une clôture en grillage Ursus pour protéger la BFA de l'intrusion d'animaux divagants dès la première année. Mais nous avons également convenus de compléter cette clôture par une haie vive de *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbbeck* et *Samanea saman*, plantés en alternance avec un écartement de 50 cm, destinés à assurer la protection de la BFA à moyen terme pendant la durée de son exploitation.

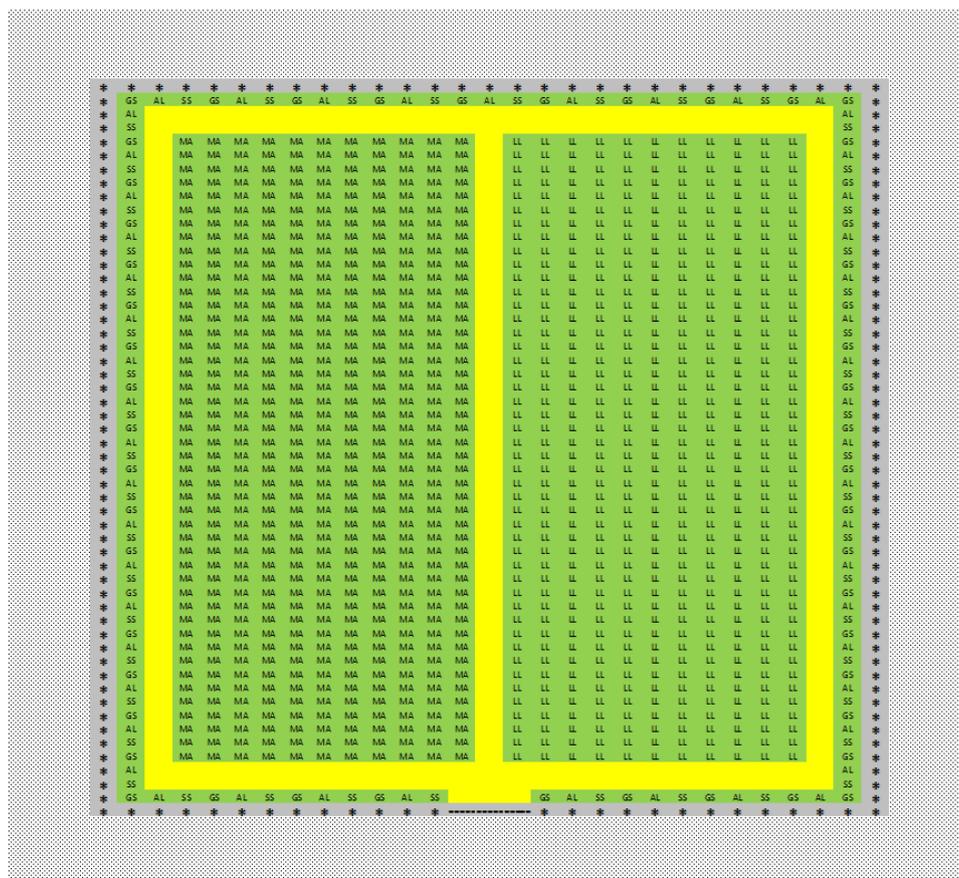


Figure 8 : Schéma d'implantation d'une banque fourragère arbustive illustrant la distribution des deux blocs équivalents en surface (un bloc/espèce fourragère, *Morus alba* et *Leucaena leucocephala*) et l'implantation d'une haie-vive multi-spécifique en combinaison avec la clôture métallique Ursus

L'emplacement des BFA a été choisi en fonction des critères suivants : (i) proximité du parc pour réduire la durée des opérations agronomiques (nettoyage des mauvaises herbes, entretien, suivi...) et de coupe et distribution ; (ii) proximité d'un point d'eau pour faciliter l'arrosage des plants en cas de grave sécheresse ; (iii) proximité du domicile familial pour surveiller les intrusions des animaux en divagation ; (iv) sol bien drainé pour assurer une bonne installation des plants. Des échantillons composites de sols ont été prélevés sur les horizons 0-20 et 20-40 cm des parcelles et analysés au laboratoire de l'INERA Farako-Ba à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso (Tableau VI).

Tableau VI : Caractéristiques des sols des parcelles d’implantation des banques fourragères arbustives (BFA) dans les localités de Sagassiamasso, Koumbia et Nasso à l’ouest du Burkina Faso, Afrique de l’Ouest

Sites	Horizons, cm	Paramètres chimiques					Texture (%)			
		pH	MO (%)	C (%)	N (%)	C/N	P assimilable, mg/kg sol	Argile	Limon	Sable
BFA1	0-20	6,3	0,5	0,3	0,03	11	7,2	7,9	8,2	83,8
	20-40	5,7	0,3	0,2	0,02	12	2	14,8	7,2	77,8
BFA2	0-20	6,1	0,6	0,3	0,03	12	6,6	6,9	12,2	80,8
	20-40	6,7	0,3	0,2	0,02	10	1,9	11,8	11,2	76,8
BFA3	0-20	5,3	0,7	0,4	0,03	13	3,8	21,5	23,5	54,9
	20-40	5,1	0,4	0,2	0,03	9	2	27,4	19,6	52,9

BFA : banque fourragère arbustive, MO : matière organique, C : carbone, N : azote, P : phosphore

IV.2.2 Gestion prévisionnelle de la phase d’installation des BFA

Pour l’installation, nous avons globalement suivi l’itinéraire technique utilisé par González-García et Martín-Martín (2016). Elle a été programmée en deux étapes : la production des pépinières (décembre 2015 à juin 2016) puis l’installation proprement dite des BFA chez les producteurs (juillet 2016 à juin 2017).

IV.2.2.1 Production des plants en pépinière

Pour la première vague de BFA installée en 2016, la production des plants a été confiée à un pépiniériste professionnel à Bobo-Dioulasso (Photo 2), parce que les éleveurs ne maîtrisaient pas cette technique. Pour les vagues suivantes, et pour l’entretien des BFA, nous prévoyons de former les éleveurs à l’installation de pépinières sur leurs fermes. Toutes les graines utilisées en 2016, ont bien germé sauf celles de *Morus alba* (murier blanc) dont le taux de germination a été attribué la qualité moyenne des graines. Après une phase « pépinière » de 180 jours en moyenne, au total, 1820 plants de *Leucaena leucocephala* de 47±25 cm de hauteur, 1620 plants de *Morus alba* de 38±18 cm de hauteur ont été produits pour les trois BFA. Avec une distribution le plus uniforme possible (hauteur, diamètre de la tige principale, santé générale de la plante) on a dénombré ainsi 1200, 1100 et 1140 plants des deux espèces respectivement sur la BFA1, BFA2 et la BFA3 à la date de la plantation.



a) *Leucaena leucocephala*



b) *Morus alba*

Photo 2 : Production des plants en pépinière

IV.2.2.2 Plantation et suivi de l'installation des banques fourragères arbustives (BFA)

Pour préparer l'installation, nous nous sommes entendus avec les producteurs sur l'épandage de fumier de parc bovin à une dose de ~2,5 t/ha et sur le labour de la parcelle. Il était prévu de réaliser, deux labours croisés en traction attelée, au moment des premières pluies, puis quelques jours avant la plantation. Des sillons de 30 cm de profondeur et de 20 cm de diamètre ont été choisis pour recevoir les jeunes plants. Les BFA ont été plantées au début de la saison des pluies (BFA 1 : 24 juin ; BFA2 ; 3 juillet et BFA3 : 10 juillet 2016).

Les producteurs ont participé activement dans l'ajustement du design des BFA. Globalement, les dispositions retenues lors des réunions de préparation avec les producteurs, et précisées dans les cahiers des charges, ont été respectées par les deux parties. Cependant, nous avons procédé à quelques ajustements en raison du calendrier cultural local et du retard des pluies. Les plantations initialement programmées en fin mai ou début juin au début de la saison des pluies ont été reportées en fin juin et début juillet quand les pluies se sont installées. De plus, la disponibilité en plants moins importante que prévue, due à un faible taux de germination des graines de *Morus alba* a entraîné un ajustement de la densité de plantation à la quantité de plants disponibles, soit 20 000 plants/ha en lieu et place de 25 000 plants/ha comme initialement prévu.

IV.2.2.3 Suivi de l'installation des banques fourragères arbustives (BFA) et analyses statistiques

Dans chacune, des BFA, 10% de plants de *Morus alba* et 10% de plants de *Leucaena leucocephala* ont été suivis pendant la phase d'installation (de juillet 2016 à juin 2017). Quatre variables agronomiques ont été mesurées une fois par mois sur 12 mois : la hauteur des plants

(cm) ; la longueur des branches (cm) ; le nombre de branches ; le diamètre de la tige principale (mm). Les mortalités, les attaques des ravageurs (termites), les maladies et autres évènements (feux, etc.) ont été enregistrés à chaque passage. Sur chaque site, les températures (°C) (minimale et maximale), la hauteur des pluies (mm) et l'humidité minimale et maximale (%) ont été enregistrées quotidiennement et des moyennes ont été calculées par mois.

Les données mesurées ont été transcrites dans une base de données sous Excel 2010. Chaque espèce (*Morus alba* et *Leucaena leucocephala*) a été rangée dans une feuille individuelle qui comportait les données mensuelles des plants suivis sur les trois BFA : hauteur, diamètre de la tige, nombre de branches, longueurs de branches. Dans ce chapitre, nous avons choisi de ne présenter que les résultats concernant la hauteur des plants (en cm), car la hauteur d'un arbre ou arbuste est bien corrélée à la biomasse disponible (Ngom *et al.*, 2009 ; Chave *et al.*, 2015). Des analyses de variance (ANOVA) à deux facteurs ont été réalisées à la fin de la saison des pluies [octobre, jour de plantation (jp)+4 mois], à la fin de la saison sèche froide (janvier, jp+7 mois), et à la fin de la saison sèche chaude (avril, jp+10 mois) afin de comparer les performances de croissance des BFA.

Dans l'ANOVA les variables explicatives (effets fixes) sont le site d'implantation de la BFA, la date des saisons de l'année, et la variable à expliquer est la hauteur des plants. L'ANOVA a été réalisée sur XLSTAT 2018.1.49131 (www.xlstat.com/fr/ ; Addinsoft-Paris, France). L'équation de l'ANOVA a été définie comme suit :

$$Y_{ijk} = \mu + Site_i + Date_j + (Site \times Date)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Avec Y_{ijk} la variable mesurée à la date j sur le site i , μ est la moyenne globale, $Site_i$ est l'effet fixe du site expérimental i ($i = 1-3$), $Date_j$ est l'effet fixe de la date de la saison de mesure j ($j = 1-12$); $(Site \times Date)_{ij}$ est l'effet fixe de l'interaction entre l'effet du site expérimental i et l'effet de la date des saisons de mesure j et ϵ_{ijk} l'erreur résiduelle ou erreur expérimentale.

IV.2.3 Gestion prévisionnelle de la phase d'exploitation des banques fourragères arbustives (BFA)

En théorie, la fin de la phase d'installation de la BFA devait intervenir autour des 12 mois après la plantation, laissant la place à la phase d'exploitation. Pour l'exploitation, nous avons prévu trois à quatre coupes sur les BFA dans l'année dont la première était une coupe d'uniformisation à la hauteur de 50 cm. Mais à 12 mois, les plants n'étaient pas aptes à supporter une coupe trop basse. Nous avons ainsi réalisé : (i) la coupe d'uniformisation à la hauteur de 120 cm sur la totalité des plants des deux espèces en début juillet 2017 (jp+13) ; (ii) une deuxième coupe en

septembre 2017 (jp+15) sur tous les plants des deux espèces en une fois à la hauteur de 50 cm ; (iii) et une troisième coupe pour démarrer vraiment la phase d'exploitation avec un régime de récolte journalier ; cette coupe a été réalisée quotidiennement entre le 15 novembre et le 15 décembre 2017 (jp+18), sur un nombre de plants déterminé en fonction du stade de développement des BFA, destinée à compléter des vaches à la traite en coupe et distribution. Pour que les BFA soient exploitables après la coupe d'uniformisation, la condition était que les rejets des plants aient une longueur supérieure ou égale à 50 cm (Photo3).



Photo 3 : Repousse des BFA après les trois coupes (jp+13 mois, jp+15 mois et jp+18 mois) ; jp=jour de plantation

La biomasse totale comestible récoltée à chaque coupe était pesée puis un échantillon était mis à l'étuve (60°C pendant 48 heures) pour déterminer le taux de matière sèche (MS) et enfin les rendements moyens étaient calculés :

- Rendement MS/plant = (poids fourrage frais/ nombre de pieds coupés) × % MS
- Rendement MS/bloc = poids fourrage frais d'un bloc × % MS
- Rendement MS/ha = Rendement MS/bloc × nombre de bloc/ha.

La MS du fourrage frais a été déterminée au laboratoire du CIRDES à Bobo-Dioulasso. En revanche la composition chimique des fourrages récoltés a été prédite grâce à la spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) au laboratoire du CIRAD à Montpellier. La distance globale du spectre à la base d'étalonnage (GH) était de 1,38 et la distance de voisinage du spectre à la base d'étalonnage (NH) de 0,11. Les composants prédits étaient : la MS, la matière minérale (MM) ; la Matière azotée totale (MAT) ; la Cellulose brute (CBW) ; le "Neutral detergent fiber"

(NDF) ; l'"Acid detergent fiber" (ADF) ; l'"Acid detergent lignin" (ADL) ; la Solubilité de la matière sèche (SMS) ; la Solubilité de la matière organique (SMO).

La qualité nutritive de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* a été comparée en fonction du site, du mois de coupe. Pour comparer les rendements et la qualité de la biomasse entre les deux espèces et entre les sites, le test de Kruskal-Wallis et la comparaison multiple par paire suivant la procédure de Steel-Dwass-Critchlow-Fligner a été également réalisé sur XLSTAT 2018.1.49131 (www.xlstat.com/fr/ ; Addinsoft-Paris, France).

IV.3 Résultats

IV.3.1 Résultats de la phase d'installation

IV.3.1.1 Ajustement de l'installation des banques fourragères arbustives (BFA)

La période de plantation ayant coïncidé avec la période des mises en place des autres cultures dans les exploitations (maïs, coton...) et pendant laquelle les producteurs renforçaient le gardiennage des animaux pour éviter tous dommages sur les cultures fraîchement semées, les producteurs expérimentateurs n'étaient pas disponibles pour l'installation à la date prévue. L'installation des BFA1, 2, 3 a été respectivement reportée de 24, 33, 40 jours. L'écart maximum d'une semaine prévu entre l'implantation des trois BFA n'a pas pu être respecté entre la BFA1 implantée le 24 juin, la BFA2 le 03 juillet et la BFA3 le 10 juillet.

Dans les trois BFA, les lits de plantation ont été ajustés le jour de plantation avec des profondeurs parfois inférieures aux 30 cm initialement prévu en raison du manque de main-d'œuvre chez certains expérimentateurs (BFA1, 30 cm ; BFA2, 20 cm ; BFA3, 20 cm). La fumure organique (FO) a été initialement apportée à la dose de 2,5 t/ha par BFA. Dans les BFA1 et BFA2, la dose de paillage a été de 5 t/ha au lieu de 10 t/ha prévu, et dans la BFA3 le paillage prévu a été abandonné faute de main-d'œuvre (Tableau VII).

un plateau de la courbe de croissance. Avec le retour des pluies, la croissance des BFA est repartie en mai (jp+11 mois) (Figure 9).

Au terme des deux premières phases de croissance des plants, à jp+4 mois et à jp+7 mois, l'analyse statistique a montré des différences significatives ($P < 0,0001$) de la hauteur des plants dans les trois BFA. Au terme de la première phase (jp+4 mois), *Leucaena leucocephala* présentait des plants de hauteur comparable dans les BFA1 et BFA2 et des plants de hauteur inférieure dans la BFA3 ; *Morus alba*, présentait des plants de hauteur comparable dans les BFA2 et BFA3, et des plants de hauteurs supérieur sur la BFA1. Ce constat était le même au terme de la deuxième phase de croissance (jp+7 mois) au niveau des deux espèces dans les trois BFA. Dans la BFA1, *Morus alba* a bénéficié de lits de plantation plus profond contrairement aux sols de la BFA2 et 3. En revanche *Leucaena leucocephala* a été affecté par l'acidité du sol de la BFA3.

Au terme de la troisième phase de croissance (jp+10 mois), impliquant les BFA2 et BFA3 uniquement (BFA1 ayant été affectée par un feu de brousse), une différence significative ($P < 0,0001$) a été observée sur la hauteur des *Leucaena leucocephala* en faveur de la BFA2 en raison d'un pH du sol favorable. Mais aucune différence significative de hauteur n'a été observée dans les deux BFA sur *Morus alba*.

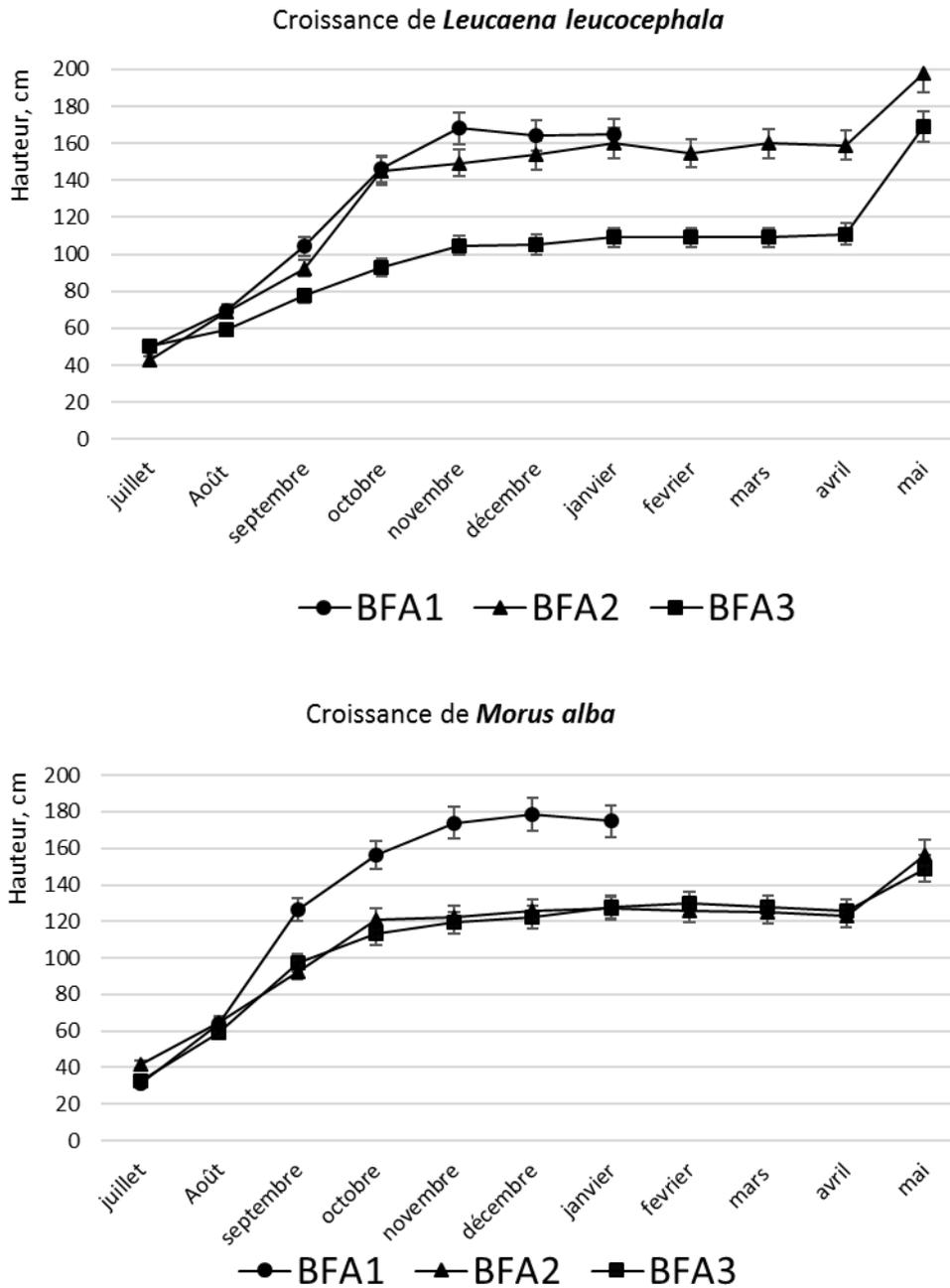


Figure 9 : Evolution de la hauteur des plants de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* sur les banques fourragères arbustives de juillet 2016 à juin 2017

IV.3.1.3 Facteurs limitants

En plus de la qualité du sol et des périodes de sécheresse, deux événements majeurs ont aussi perturbé l'installation des plants dans certaine BFA : les attaques de termites (sur BFA1 et BFA3 principalement) et le feu (sur BFA1). Les BFA n'ont pas subi d'intrusion d'animaux, car les dispositifs de protection ont fonctionné.

Les premières attaques de termites sont survenues au stade juvénile des BFA durant la saison des pluies, puis se sont répétées durant la saison sèche chaude (Figure 10). Au cours de la saison des pluies, les attaques de termites ont ralenti grâce à l'usage de l'insecticide Carbofuran ($C_{12}H_{15}NO_3$) et elles ont eu peu d'effets sur la mortalité des jeunes plants. Les attaques de termites les plus destructrices ont eu lieu à partir de février en début de la saison sèche chaude. Les BFA paillées (BFA1 et BFA2) ont subi des attaques de termites moins fortes que la BFA3 non paillée : 64 et 25% de mortalités respectivement de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* dans la BFA3, contre 4,5 et 19% de mortalités respectivement de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* dans les BFA2 et BFA3 et 6% de mortalités respectivement des plants de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* dans la BFA1. Le paillage a servi de leurre alimentaire qui a permis de détourner les termites des plants vivants dans les BFA paillées. La BFA1 a été affectée par le passage d'un feu de brousse en février 2016 (jp+8 mois). Cet incident n'a pas anéanti la BFA. Nous avons effectué un paillage de la BFA et mis en place un dispositif d'irrigation hebdomadaire pour assurer la régénération des plants. Nous avons suivi la régénération des plants mensuellement jusqu'à la saison des pluies en juillet 2017 (jp+13 mois) (Figure 11). Ce suivi a montré une régénération de 50% des plants *Morus alba* à jp+13 mois, un regain plus élevé que pour les plants de *Leucaena leucocephala* (20% de régénération à la même date). Les repousses de *Leucaena leucocephala*, ont également subi une attaque de termites en juin 2016, ce qui a entraîné des mortalités supplémentaires et explique une régénération plus faible.

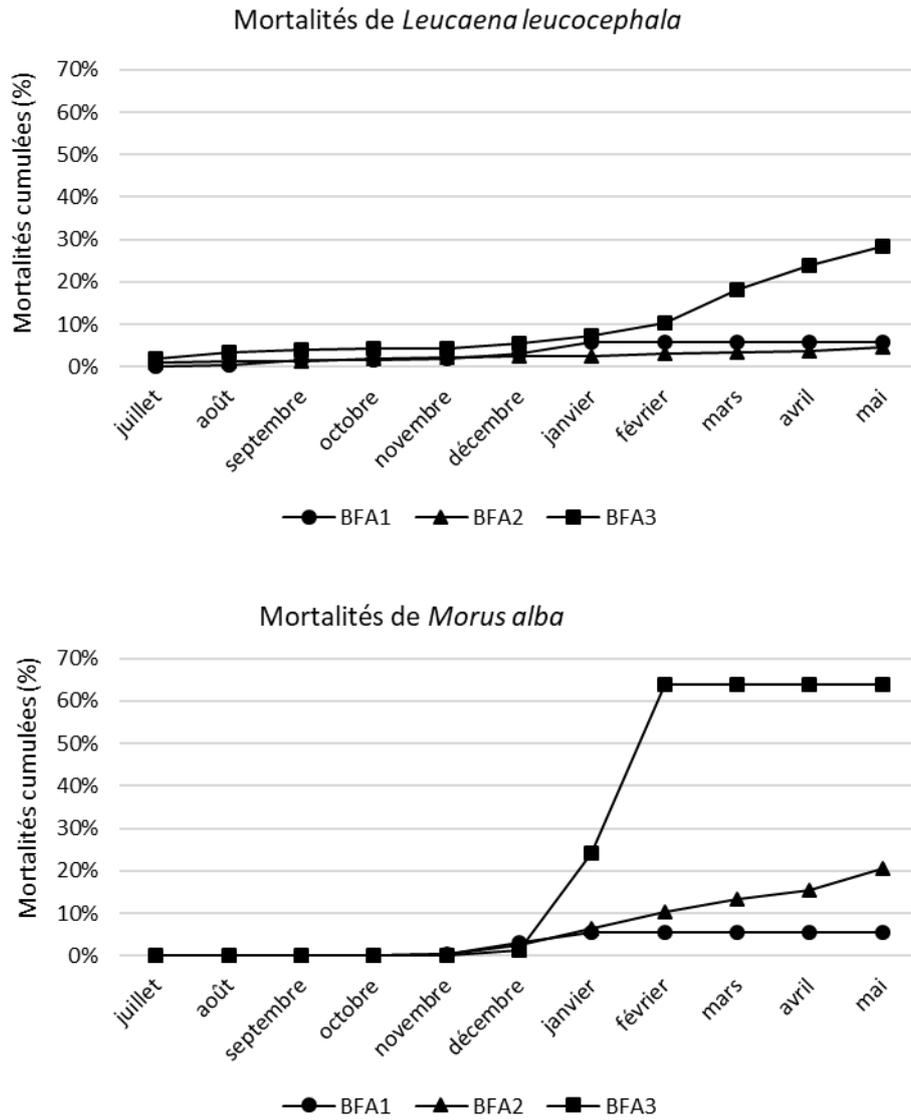


Figure 10 : Evolution de la mortalité mensuelle cumulée des plants, causée par les attaques des termites sur les trois banques fourragères arbustives de juillet 2016 à mai 2017

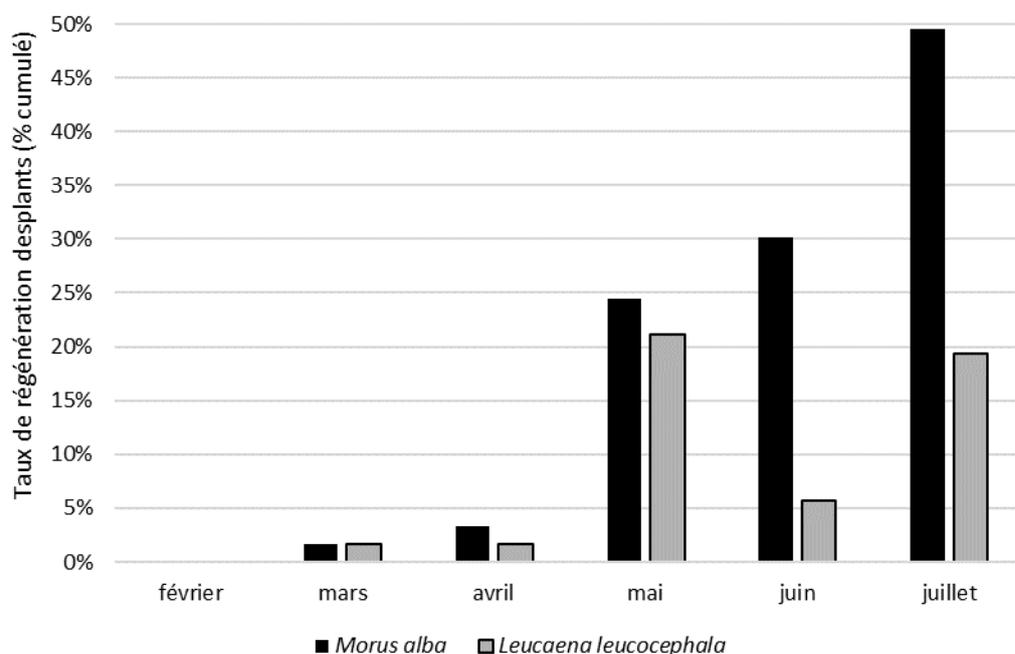


Figure 11 : Taux de régénération cumulé des plants après le passage du feu en février 2017 sur la banque fourragère arbustive 1

IV.3.2 Résultats de la phase d'exploitation des banques fourragères arbustives

IV.3.2.1 Ajustements de l'exploitation des banques fourragères arbustives

Une coupe d'uniformisation (CU) a été réalisée en juillet 2017 (jp+13 mois) à la hauteur de 120 cm au lieu de 50 cm comme prévu, car les plants n'étaient pas assez développés pour supporter une coupe plus basse. Cette coupe a marqué le début de l'exploitation des BFA. Elle avait pour but de rajeunir les plants, les forcer à produire de nouveaux rejets et ainsi commencer à stimuler l'action des mécanismes biologiques nécessaires pour supporter un régime de coupe fréquente à venir ultérieurement pendant la phase d'exploitation.

Une deuxième coupe a été réalisée en septembre (jp+15 mois) à la hauteur de 50 cm. Elle devait correspondre à la première récolte, mais il s'agissait aussi d'une deuxième coupe d'uniformisation parce que toutes les plantes étaient coupées le même jour, dans le but de rajeunir une fois de plus la BFA, et de renforcer la robustesse des souches d'arbres afin de supporter les coupes quotidiennes à venir pour nourrir les animaux.

La troisième coupe correspondait à la première récolte proprement dite. Elle a été réalisée de novembre à décembre (jp+18 mois), sur la BFA2 et la BFA3 uniquement. Une période suffisamment longue (30 jours) avait été programmée afin de simuler une exploitation réelle de la BFA en vue de la complémentation en coupe et distribution de quelques vaches à la traite et

aussi pour étudier la qualité du fourrage pendant la période de récolte. Le rythme de coupe a été adapté en fonction du nombre de plants présents pour étaler la coupe sur 1 mois. Le rythme de coupe a été le suivant : sur la BFA2, 17 pieds par jour de *Leucaena leucocephala* et 14 pieds par jour de *Morus alba* ; et sur la BFA3, 14 pieds par jour de *Leucaena leucocephala* et 6 pieds par jour de *Morus alba*. Le fourrage récolté était destiné à compléter des vaches. Pour réaliser cette récolte, un échantillon représentatif des plants des deux espèces a été coupé pour déterminer le rendement moyen par plant.

IV.3.2.2 Production de biomasse et qualité du fourrage

Les rendements moyens cumulés sur les trois périodes de coupes (jp+13 mois, jp+15 mois et jp+18 mois) étaient de $1,8 \pm 2,3$ t MS/ha pour *Morus alba* et de $8,2 \pm 2,6$ t MS/ha pour *Leucaena leucocephala*. La production de biomasse a augmenté de juillet (coupe d'uniformisation) à septembre (coupe 2) et a régressé entre novembre et décembre (coupe 3) (Tableau VII).

Dans ces deux BFA, le rendement du *Leucaena leucocephala* était plus élevé que celui de *Morus alba* aux trois périodes de coupes. Entre les sites, le rendement de *Morus alba* était significativement plus élevé sur la BFA2 que sur la BFA3 ($P=0,05$). En revanche le test n'a pas montré de différence significative entre les rendements de *Leucaena leucocephala* sur les deux BFA.

Les résultats de l'analyse chimique des fourrages ont montré que *Leucaena leucocephala* contenait un peu plus de fibres insolubles dans les détergents acides (ADF) et neutres (NDF) et de matières azotées totales (MAT) que *Morus alba*. Cependant, le test de Kruskal-Wallis n'a montré aucune différence significative entre les valeurs nutritives des deux espèces dans les deux sites en novembre et décembre. La teneur en MAT a évolué inversement à la teneur en ADF et NDF en fonction du stade de développement des plants (Tableau VIII). Sur la BFA2, les valeurs nutritives (MAT, NDF, ADF en % MS) des fourrages de juillet et septembre (jp+13 mois ; jp+15 mois) étaient meilleures que celles de novembre/décembre (jp+17-18 mois) : pour *Leucaena leucocephala*, (+) 13,3% MAT, (-) 2% NDF, et (-) 3,5% ADF ; et pour *Morus alba*, (+) 5,7% MAT, (-) 6,2% NDF et (-) 1% ADF. La distribution des fourrages verts aux vaches a montré une rapide adaptation de celles-ci aux fourrages des BFA. Cela s'est traduit par un niveau de consommation croissant au cours de la période de distribution. Les refus étaient plus élevés la première semaine tandis qu'à partir de la deuxième semaine, les refus étaient constitués que de quelques tiges ligneuses laissées par les vaches.

Tableau VIII : Valeurs nutritives du *Leucaena leucocephala* et du *Morus alba* en novembre et en décembre 2017 sur les banques fourragères arbustives (BFA2 et BFA3) dans les localités de Koumbia et Nasso à l'Ouest du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest

	BFA	Période	MAT	NDF	ADF		BFA	Période	MAT	NDF	ADF
<i>Morus alba</i>	BFA2	juillet	19,09	35,13	28,72	<i>Leucaena leucocephala</i>	BFA2	juillet	28,14	41,33	22,12
		septembre	14,12	33,01	21,78			septembre	21,94	39,46	26,73
		novembre	11,52 ^a	38,73 ^a	24,44 ^a			novembre	12,21 ^a	43,21 ^a	28,96 ^a
		décembre	10,35 ^a	41,73 ^a	27,75 ^a			décembre	11,3 ^a	41,03 ^a	26,89 ^a
	BFA3	juillet					BFA3	juillet			
		septembre						septembre			
		novembre	9,34 ^a	36,95 ^a	24,33 ^a			novembre	12,23 ^a	45,08 ^a	30,95 ^a
		décembre	9,17 ^a	46,5 ^a	32,61 ^a			décembre	10,54 ^a	44,84 ^a	31,11 ^a

BFA : banque fourragère arbustive ; MAT : matière azotée totale ; ADF : acid detergent fiber ; NDF : neutral detergent fiber

Les valeurs suivies de la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau IX : Coût (FCFA) d'installation d'une BFA dans les conditions de l'étude (mise en place de la BFA chez un producteur)

Type de BFA		BFA Réalisée dans les conditions de l'étude					BFA « Faire Maison »
		625 m ² (25x25)		1 ha (100x100)		1 ha (100x100)	
Libellé	Unité	Prix unitaire	Quantité	Total	Quantité	Total	Total
Installation d'une clôture en grillage URSUS renforcée de poteaux en bois	m	5 000	100	500 000	400	2 000 000	1 750 000 (1)
Achat des graines	kg	22 500	0,4	9 000	6,4	144 000	120 000 (2)
Production des plants chez un pépiniériste	plants	130	1975	256 750	31 600	4 108 000	100 000 (3)
Transport des plants	forfait	50 000	1	50 000	16	800 000	0 (4)
Labours (ou buttage)	ha	15 000	0,0625	938	1	15 000	15 000 (5)
Désherbage	jour	1 500	3	4 500	48	72 000	50 000 (6)
Plantation (main d'œuvre)	forfait	30 000	1	30 000	16	480 000	250 000 (7)
Coût total d'installation				851 188		7 619 000	2 285 000
Coût annuel d'entretien et d'exploitation	coupe	1 500	3	4 500		71 885	50 000
Coût total (a) pendant 10 ans				896 188		8 337 850	2 785 000
Coût total /ha				14 339 000		8 337 850	2 785 000
Coût total / ha /an				1 433 900		833 785	278 500
Coût total / ha / an / kg MS (b)				287		167	56

1€ = 655,956 FCFA ; BFA : banque fourragère arbustive ; (1) économie de la main d'œuvre d'installation ; (2) achat de semences moins chère sur le marché local ; (3) économie de la prestation de service du pépiniériste, dépense limitée à une main d'œuvre locale ; (4) plants produits à la maison, donc pas de transport ; (5) coût marginal ; (6) économie sur la main d'œuvre ; (7) mobilisation de la main d'œuvre familiale pour réduire le coût de la plantation, (a) Total = installation + entretien + exploitation ; (b) pour un rendement théorique moyen de la BFA de 5 t MS/ha/an.

IV.3.3 Coût d'installation et d'exploitation d'une banque fourragère arbustive (BFA)

Dans les conditions expérimentales de cette étude, le coût d'installation et d'exploitation d'une BFA de 625 m² a été évalué à 855 688 FCFA (Tableau IX).

Dans les conditions de l'étude, le coût de l'installation de la clôture, le coût de production des plants, du transport des plants et la main-d'œuvre de plantation sont élevées parce que nous avons fait appel à des prestataires extérieurs (entrepreneur en bâtiments, pépiniériste, main d'œuvre extrafamiliale) dont il a fallu payer le service mais qui ont garanti un travail de qualité et ainsi optimiser les chances de réussite de cette expérimentation. Dans cette étude, le producteur a apporté le terrain, et assuré sa préparation (labour, buttage, apport de paille et de fumure), réalisé l'entretien des BFA (désherbage, fourniture de fumure organique) et effectué les coupes de fourrages pour les animaux conformément aux cahiers des charges.

Si l'on considère une durée d'exploitation de la BFA de 10 années, et une production moyenne de 5 t MS/ha par BFA (*Leucaena leucocephala* et *Morus alba* compris), le coût de production d'un kilogramme de fourrage d'une BFA de 625 m² par année s'élève à environ 548 FCFA/kg. Ce coût est bien supérieur au prix des aliments bétail locaux, donc trop élevé et non économiquement viable. Mais il s'agit des conditions d'expérimentation, nous verrons en discussion que les économies d'échelle permises par une BFA de plus grande dimension (1ha) cumulée aux économies possibles avec une BFA « faite maison » abaisse fortement ce coût de production, notamment si les rendements de production de la BFA dépassent 5 t MS/ha ce qui est un objectif tout à fait envisageable.

IV.4 Discussion

Cette étude est née de la volonté des producteurs de lait d'améliorer l'affouragement de leurs vaches et de la volonté de la recherche d'accompagner les producteurs dans la conception d'innovation dans le système fourrager local. En effet pour répondre à la demande des producteurs de lait pour un système fourrager plus productif et à bas coût de production, des producteurs et des acteurs de développement de leur territoire ont été associés des réflexions sur la place des BFA dans le système fourrager actuel à l'Ouest du Burkina Faso. Ces réflexions ont été conduites à travers des ateliers participatifs qui ont permis d'ajuster le design, l'installation et l'exploitation de trois BFA.

Les trois BFA ont montré des comportements différents en fonction des sites pendant l'installation et en fonction des espèces.

La hauteur des plants de *Morus alba* mesurée pendant les quatre premiers mois était similaire à celle rapportée par Pentón *et al.* (2007). A sept mois, elle était supérieure à celle rapportée par Noda et Martín (2008) à Cuba malgré les conditions pédoclimatiques moins bonnes (Tableau 6 ; 800 à 900 mm de pluie) que celles de Cuba (González-García *et al.*, 2009) où les BFA sont couramment installées. Cependant, à partir de jp+5 mois jusqu'à jp+7 mois, en l'absence des pluies, les plantes ont été soumises à un stress hydrique et cela s'est traduit par le ralentissement de leur développement. Durand (2007) ainsi que Bertrand (2009) dans le cas de *Leucaena leucocephala* dans le Sud-est de l'Amazonie et Guha *et al.* (2010) dans le cas de *Morus alba* en Inde ont rapporté une sensibilité des plantes fourragères pérennes au stress hydrique.

La pauvreté du sol des trois sites (Tableau VI) en MO (autour de 6,5g/kg de sol) limite l'entretien d'une réserve d'eau utile du sol suffisante (Feller, 1995 ; Bernoux *et al.*, 2011) pour les plantes. La carence extrême en phosphore du sol (BFA3 : 3,8 mg/kg de sol contre 7,3 et 6,7 mg/kg pour les BFA1 et BFA2) qui est d'ailleurs une carence fréquente dans les sols tropicaux d'Afrique de l'Ouest (Lompo *et al.*, 2009), a probablement ralenti le développement des plants (surtout dans la BFA3) selon les processus cellulaires décrits par Ouédraogo *et al.* (2015). Le pH plus acide du sol de la BFA3 (5,4) contre 6,3 et 6,8 pour les BFA1 et BFA2 respectivement, en défavorisant la solubilité des éléments minéraux, expliquerait en partie, la moins bonne croissance des plants sur la BFA3 surtout en ce qui concerne *Leucaena leucocephala* qui supporte mal les sols à pH acide (Bertrand, 2009). En revanche, *Leucaena leucocephala* supporterait mieux l'effet de la sécheresse que *Morus alba* d'où la performance supérieure du *Leucaena leucocephala* en saison sèche de jp+8 mois à jp+10 mois. Mais ces différents paramètres des sols et de sécheresse ont entraîné une fragilisation de l'état des plantes en les rendant vulnérables aux termites en saison sèche (Ndiaye, 1998 ; Jouquet *et al.*, 2018).

Les termites ont eu un effet plus marqué sur la BFA3, et notamment sur les plants de *Morus alba* (Figure 10). Les attaques de termites ont entraîné des mortalités modérées (~2 %) durant la saison des pluies jusqu'à jp+4 mois, par contre elles ont entraîné plus de 60% et de 25% de mortalité respectivement de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* de la BFA3 pendant la saison sèche surtout à partir de jp+7 mois. Gueye (1987) a fait le même constat dans des plantations forestières constituées de *Albizia lebbbeck*, d'*Anacardium occidentale*, d'*Eucalyptus spp*, de *Cassia spp* etc., au Cap Vert. La BFA3 qui n'était pas recouverte d'un paillis a été plus affectée que les autres par les termites, qui se sont directement attaqués aux plants. Selon la méthode dite "alimentaire", décrite par Han et Ndiaye (1996) qui consiste à fournir aux termites du bois mort pour les détourner des arbres cultivés, le paillis pourrait jouer un rôle de leurre qui éloigne les termites des plants cultivés. D'autres méthodes biologiques et mécaniques de lutte

ont été rapportées avec l'utilisation de champignons entomopathogènes, la stimulation des prédateurs naturels tels que les fourmis (Mugerwa, 2015 ; Jouquet *et al.*, 2018), l'application d'extraits de *Azadirachta indica* (Tahiri *et al.*, 2011), la destruction des nids, etc.

Mais le paillis a aussi facilité la propagation du feu sur la BFA1, en saison sèche. Après le passage du feu (à jp+8), la totalité des plants a été touchée. Cependant, le système racinaire performant (Quin *et al.*, 2012 ; CTA, 1987) des plants a permis d'enregistrer un taux de régénération des plants de 20 à 50% respectivement pour *Leucaena leucocephala* et *Morus alba* (Figure 11) lorsque les conditions d'humidité étaient favorables. Cela a été en partie favorisé par l'arrosage des plants à l'arrosoir durant les premières semaines après le feu. La BFA1 a, à ce jour, récupéré à 100 % grâce à des replantations, mais a accusé un retard par rapport à la BFA2 et BFA3. Les plants ont par ailleurs montré une bonne résilience à la sécheresse avec la régénération pendant la saison des pluies de plants séchés en saison sèche et qui étaient considérés comme morts.

La biomasse fourragère cumulée obtenue durant la première année de production des BFA : $1,8 \pm 2,3$ t MS/ha et $8,2 \pm 2,6$ t MS/ha respectivement pour *Morus alba* et *Leucaena leucocephala* est faible comparé à ceux obtenus au Cuba. Pour *Leucaena leucephala*, González-García *et al.* (2009) ont rapporté environ 15 t MS/ha/an avec la variété Cunningham et environ 10 t MS/ha/an avec la variété CNIA-250 au Cuba. Pour *Morus alba*, González-García et Martín-Martín (2016) et Martín *et al.* (2014) ont rapporté un rendement moyen entre 10 et 12 t MS/ha/an. Selon ces auteurs, les rendements varient en fonction de la qualité des sols, de la pluviométrie, de l'altitude, de la densité, de la fréquence de coupe et de la fertilisation azotée (cas de *Morus alba*). Les rendements en faveur de *Leucaena leucocephala* s'expliquent par le fait que cette légumineuse est plus adaptée aux conditions pédoclimatiques du Burkina Faso que *Morus alba*. Cependant, les BFA sont encore au stade juvénile alors que des études ont montré en Inde que le rendement en feuille de *Morus alba* augmentait de 5 à 10 % à partir de la deuxième année jusqu'à la huitième année (Dandin et Sengupta, 1988). De même, Tewari *et al.* (2004) ont rapporté un rendement de six et neuf fois plus élevé respectivement à 24 et 36 mois par rapport au rendement de *Leucaena leucocephala* obtenu à 12 mois.

De plus, les rendements moyens obtenus à l'hectare par l'association de *Leucaena leucocephala* et *Morus alba* dans chaque BFA (5 t MS/ha) sont plus élevés si on les compare aux rendements de *Mucuna spp* cultivés localement ($1,4 \pm 0,3$ kg/ha ; Coulibaly, 2012). Ce rendement moyen de 5 t MS/ha serait capable si on considère un bovin tropical (c'est-à-dire 250 kg de poids vif ; 6,25 kg de MS/jour comme ration journalière), d'alimenter 7 vaches pendant une année complète en raison d'un taux d'incorporation de 30% de BFA dans la ration journalière.

La production des BFA est cependant saisonnière. Elle est caractérisée par une production : forte en saison des pluies, moyenne en saison sèche froide et faible en saison sèche chaude, période pendant laquelle les vaches en ont le plus besoin. Les besoins des vaches en saison des pluies sont globalement couverts par le pâturage naturel (Sib *et al.*, 2017). En tenant compte des besoins des vaches le surplus de fourrage produit à cette période peut être conservé pour être utilisé en sec en saison sèche chaude.

Enfin, sur le plan de la qualité il n'y a pas eu de différence significative entre *Leucaena leucocephala* et *Morus alba*. En revanche comme attendu, la qualité du fourrage a été affectée par le stade de développement des plants, ce qui s'est traduit par une diminution des protéines brutes (MAT) de novembre à décembre et une augmentation du taux de fibres (Tableau 8) rendant les fourrages moins digestibles. Par ailleurs, les deux fourrages récoltés en saison sèche froide contiennent des valeurs alimentaires similaires aux fanes de *Mucuna spp* localement cultivées (MAT : 11,34 % MS ; NDF : 68,74% MS et ADF : 59,31 ; Kationo, 2012) et sont plus riches que la paille de maïs couramment stocké (MAT : 3,91% MS). Cependant l'utilisation des fourrages de *Leucaena leucocephala* comme la plupart des légumineuses arbustives doit se faire avec précaution à cause de la présence de facteurs antinutritionnels tels que la mimosine et les tanins (Soltan *et al.*, 2013). En revanche aucun facteur antinutritionnel ni toxique n'a été rapporté pour les fourrages de *Morus alba*.

Au regard des résultats obtenus sur les performances de production et la qualité du fourrage, *Leucaena leucocephala* semble plus intéressant que *Morus alba* dans les conditions du Burkina Faso. De plus *Morus alba* est plus exigeant en fertilisant (González-García et Martín-Martín, 2016) et en eau que *Leucaena leucocephala*. Dans le contexte climatique du Burkina Faso, il paraît raisonnable d'envisager des BFA avec des espèces plus adaptées (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbek*, etc.), mais aussi des espèces locales (*Pterocarpus erinaceus*, *Faidherbia albida*, etc.).

La mise en place d'une BFA par un producteur exige un foncier sécurisé, ce qui n'est pas à la portée de tous les producteurs. Lorsque le producteur n'est pas propriétaire de son terrain, il doit négocier avec son propriétaire le droit d'installer une BFA qui aura une emprise sur le terrain durant plusieurs années (au moins 10 années). Cette négociation peut avoir un coût qui n'a pas pu être évalué durant cette étude.

Dans les conditions de l'étude, le coût d'installation et d'exploitation d'une BFA d'un hectare s'élève à 769 1000 FCFA (Tableau IX). Ce coût d'installation est certes très élevé, mais on constate que l'augmentation de dimension permet de réaliser une importante économie d'échelle, par rapport à une BFA de 625 m², parce que le coût de la clôture (qui est proportionnel

au mètre linéaire), augmente moins vite que les autres coûts (qui sont proportionnels au mètre carré). De plus, si la BFA est « faite maison », alors l'éleveur peut réaliser d'importantes économies sur plusieurs postes et ainsi faire baisser le coût de l'installation et d'exploitation d'une BFA de 1 ha à environ 233 5000 FCFA (voir Tableau IX). Ainsi avec une BFA d'un hectare « faite maison », produisant 5 t MS/an, et exploitée pendant 10 ans, le coût de production d'un kg de fourrage ne serait plus que de 56 FCFA/kg. Si l'on compare ce coût de production au prix des différents fourrages et aliments disponibles sur le marché local on constate que la BFA peut être une ressource fourragère compétitive : tourteau de coton, 150 à 250 FCFA/kg ; fane de mucuna 50 FCFA/kg (Coulibaly *et al.*, 2012). De plus, le coût de production d'un kilogramme de fourrage peut encore diminuer avec un bon entretien et une bonne exploitation de la BFA, qui devraient permettre une augmentation du rendement fourrager supérieur à 5 t MS/ha/an. Des études conduites par Dandin et Sengupta (1988) et Tewari *et al.* (2004) ont montré que l'on pouvait atteindre un rendement de 10 t MS/ha en année de croisière, ce qui réduirait de moitié le coût du kilogramme de fourrage de BFA (28 FCFA/kg).

Pour améliorer les performances des BFA, on peut proposer des ajustements de l'itinéraire technique pour leur installation : i) approfondissement des lits de plantation (au minimum 30 cm), ii) amendement de fond à l'implantation et à chaque coupe, à raison de 2,5 t/ha ; iii) désherbage régulier ; iv) paillage précoce après l'arrêt des pluies à raison de 5 à 10 t/ha précédé d'un apport de fumure et d'un buttage ; v) installation de pare-feu bien entretenus. On peut aussi proposer une adaptation du mode d'exploitation des BFA avec des coupes plus rapprochées en saison des pluies (première coupe début juillet, suivi d'une seconde coupe quarante-cinq jours plus tard au maximum) et une utilisation en vert ou un stockage par séchage permettant d'augmenter les stocks de réserves fourragères pour la saison sèche. Une BFA "faite maison" a l'avantage d'être compétitive et est à privilégier par les producteurs.

IV.5 Conclusion partielle

Ce travail a montré la capacité des banques fourragères arbustives (BFA) à haute densité à s'installer dans les conditions de l'ouest du Burkina Faso pour compléter l'alimentation du bétail. Bien que *Leucaena leucocephala* semble plus adapté que *Morus alba*, les deux espèces ont affiché globalement une bonne adaptation à l'environnement local, caractérisée par des sols pauvres et des conditions pédoclimatiques fluctuantes et par la présence de termites ravageurs. Cependant, ces facteurs limitants associés à des pratiques agronomiques relatives ont négativement affecté les performances de développement et de production des plants dans cette étude. La production de biomasse qui en a résulté, bien que plus élevée chez *Leucaena*

leucocephala au cours de la première année s'avère relativement faible par rapport aux attentes des éleveurs, mais pourrait augmenter avec l'âge des BFA.

Pour parvenir à une bonne installation des BFA, l'amélioration des pratiques agronomiques est indispensable pour réduire les effets de la pauvreté des sols et de la variabilité climatique. La BFA pourrait être utilisée en substitution partielle aux aliments concentrés en saison sèche avec conservation de la coupe de saison des pluies, et coupe et distribution pour la coupe de saison sèche. L'amélioration des rendements est possible avec des pratiques agronomiques plus soignées sur *Morus alba* ou par le choix d'une autre espèce (Exemple : *Albizia lebbbeck*, *Gliricidia sepium*) plus adaptée à la région.

Lorsque la BFA est "faite maison" le coût de l'investissement et de l'installation est fortement réduit à un niveau qui pourrait convenir aux attentes des producteurs. Mais des efforts de conception (choix des espèces plus adaptées, de dimensionnement...), d'installation (amélioration des pratiques agronomiques) et d'exploitation (planning d'exploitation en fonction des saisons, de la productivité, des BFA et en fonction des besoins des vaches...) devront se poursuivre afin de créer les conditions d'une vulgarisation des BFA à grande échelle. Les résultats décrits dans ce chapitre devraient, néanmoins être considérés comme préliminaires.

CHAPITRE V EVALUATION *EX-ANTE* DE L'EFFET DE L'INTRODUCTION DE
BANQUES FOURRAGERES ARBUSTIVES SUR LES VACHES
TRAITES DES PRODUCTEURS A L'AIDE DU SIMULATEUR
PRODLAIT

Les résultats présentés dans le chapitre 4 ont montré que les banques fourragères arbustives (BFA) commençaient tout juste à être exploitables 18 mois après l'installation, et qu'elles devraient atteindre leur maturité, à partir de la 3^{ème} année, pour envisager une exploitation normale. Les trois BFA évaluées dans le cadre de cette étude n'avaient donc pas atteint un stade de développement suffisant en ce début de l'année 2018 pour envisager une évaluation en conditions réelle de leur effet sur l'alimentation des vaches traites. C'est la raison pour laquelle nous avons opté pour une évaluation *ex-ante* en ayant recours à un modèle. Ce qui n'est pas possible avec des expérimentations en grandeur nature, qui demandent beaucoup plus de temps et d'investissements, est envisageable avec le recours à la modélisation qui permet d'explorer la réalité en peu de temps et avec peu de moyens (Prost, 2008). Mais pour cela il faut disposer d'un modèle permettant de traiter les questions que l'on se pose. Ici il s'agit de savoir si l'introduction d'une BFA dans le système fourrager des vaches d'un producteur de lait du Burkina Faso est bénéfique à la durabilité de la production de lait ? Comme il n'existe pas, à notre connaissance de simulateur adapté, aux conditions locales du Burkina Faso, pour explorer cette question nous avons élaboré le simulateur Prodlait, puis nous avons utilisé ce simulateur avec deux producteurs expérimentateurs impliqués dans notre étude pour évaluer l'effet de l'introduction d'une BFA dans leur système fourrager et dans leur atelier laitier.

Ce chapitre 5 sera divisé en deux parties : (1) Dans la première partie nous présenterons le simulateur Prodlait (cette partie a été publiée dans la revue *Agronomie Africaine*) ; (2) Dans la seconde partie nous présenterons l'utilisation de Prodlait pour évaluer *ex-ante* l'effet de l'introduction d'une BFA chez deux producteurs de lait.

V.1 Présentation du simulateur Prodlait

V.1.1 Introduction

L'objectif de production de lait est fixé par le producteur. Mais force est de constater qu'il a souvent des difficultés à ajuster ses pratiques d'alimentation pour tenir cet objectif (Gnanda *et al.*, 2015 ; Delma *et al.*, 2016a). A l'Ouest du Burkina Faso, les naissances interviennent majoritairement en début de saison des pluies, de mai à juillet (Sib *et al.*, 2017). En début de lactation, les vaches ont des besoins alimentaires très élevés (Faverdin *et al.*, 2007). Or à cette période, elles sont alimentées au pâturage et reçoivent peu ou pas de compléments alimentaires. Les besoins alimentaires ne sont pas couverts et elles maigrissent, au moins jusqu'au pic de lactation qui est atteint environ deux mois après la mise bas (Figure 12).

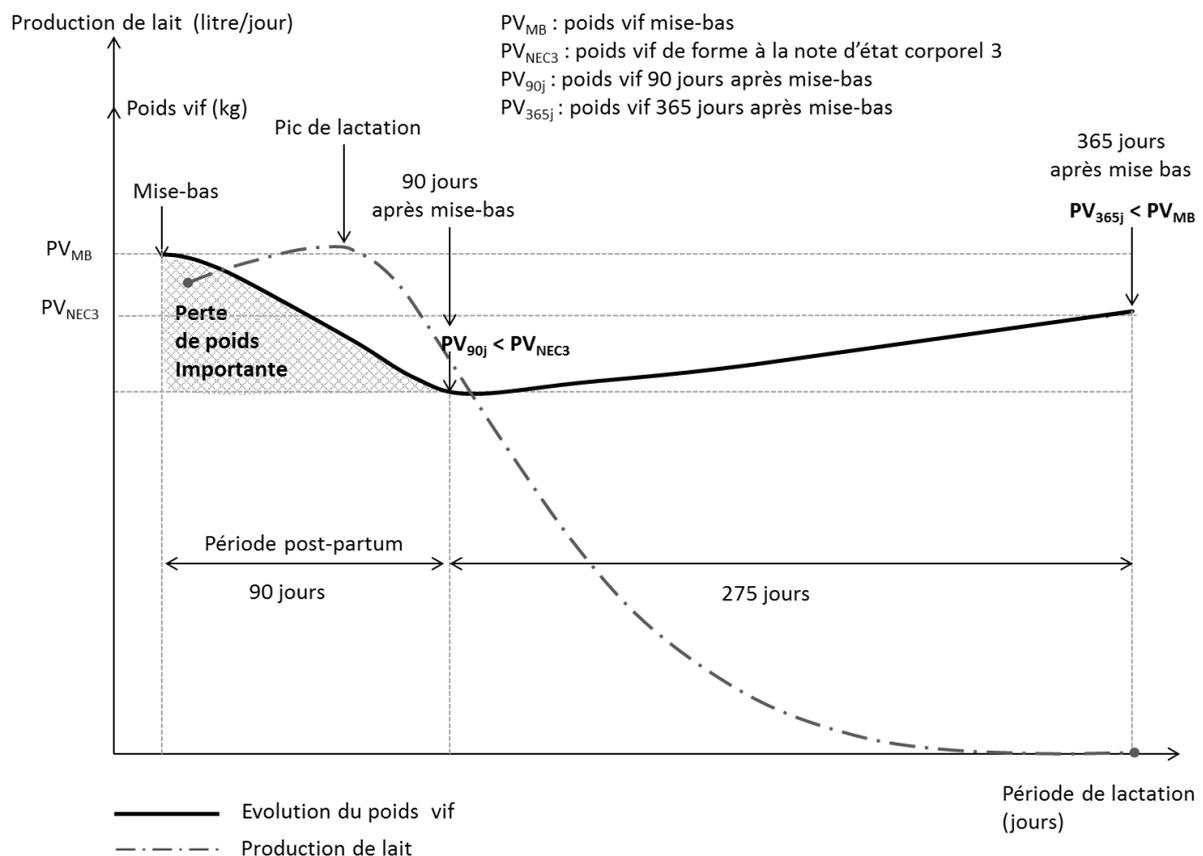


Figure 12 : Evolution théorique du poids vif et de la production de lait d'une vache dans un élevage allaitant dans les conditions du Burkina Faso, montrant un déficit de poids vif à 90 jours et à 365 jours après la mise-bas (Sib *et al.*, 2018).

L'amaigrissement des vaches pendant cette période limite la production de lait et la croissance des veaux (Siemens et Vandervelde, 2006), mais peut aussi compromettre leur reproduction et

leur production de lait des années suivantes. En effet, si l'éleveur souhaite qu'une vache mette bas chaque année, vu que la gestation dure neuf mois, la vache doit être en bon état corporel trois mois après sa précédente mise-bas pour accepter le taureau et pour que la saillie soit fécondante. Or de nombreuses études ont montré qu'un état corporel médiocre était un facteur majeur limitant la reproduction chez les vaches (Meyer, 2009) et que les déséquilibres alimentaires et nutritionnels étaient souvent à l'origine de problèmes pathologiques responsables de l'infertilité et l'infécondité des vaches (Hanzen, 2015). Ainsi, certains auteurs ont proposé une note optimale d'état corporel au moment de la saillie pour garantir de bonnes performances de reproduction (Froment, 2007). Pour espérer une saillie fécondante et un intervalle de mise-bas de 12 mois, l'idéal est que 90 jours après la mise-bas, la vache soit dans un état corporel le plus proche possible de son poids vif de forme correspondant à une note d'état corporel de « 3 » sur l'échelle de Vall et Bayala (2004), élaborée pour les zébus soudaniens. Lorsque le pic de lactation est passé (juillet à septembre), les besoins alimentaires baissent et les vaches bénéficiant encore de pâturages verts commencent à reconstituer leurs réserves et à reprendre du poids. Mais dès que la saison sèche revient, à partir de début novembre, les pâturages et les fourrages ne font que décroître en quantité comme en qualité, et la reconstitution de leur état corporel ralentit. Dans certains élevages, les vaches perdent du poids en saison sèche. La production de lait s'en trouve limitée. A la fin de la saison sèche chaude, période durant laquelle de nombreuses vaches sont en fin de gestation, les producteurs leur servent des compléments alimentaires pour maintenir leur état corporel et les préparer à supporter leur prochaine lactation (Sib *et al.*, 2017). Il est donc important que vers la fin de la gestation, la vache retrouve au moins l'état corporel et le poids vif qu'elle avait au moment de sa précédente mise-bas.

Pour aider le producteur à atteindre l'objectif de production de lait qu'il s'est fixé, un outil permettant de modéliser l'effet des pratiques alimentaires sur l'état corporel et le poids vif des vaches au cours de la lactation serait donc très utile. Pour être utilisable dans une optique de conseil au producteur, l'outil doit être le plus simple possible en limitant les données d'entrée (Tittonell *et al.*, 2007), et proposer des indicateurs compréhensibles qui ont du sens pour le producteur (Faure et Kleene, 2004). Or les outils existants ne permettent pas de le faire pour plusieurs raisons : soit parce qu'ils ne prennent pas en compte la variation du poids vif des vaches durant la lactation tels Altrop (Delma *et al.*, 2016b) et Clifs (Le Gal *et al.*, 2013), soit parce qu'ils sont trop complexes pour envisager une utilisation dans une optique de conseil individuel tel Livsim (Rufino *et al.*, 2009) ; soit parce qu'ils ne sont pas adaptés aux conditions d'élevage en zone tropicale tel Inration (INRA, 2007 ; Agabriel, 2007).

V.1.2 Principes de fonctionnement et structure de Prodlait

Prodlait permet de suivre l'évolution du poids vif des vaches allaitantes, d'ajuster les rations alimentaires et de piloter sur un cycle, la production de lait. Les éleveurs assimilent une bonne vache à une vache qui "vèle régulièrement" (chaque année). Pour avoir une mise-bas "n+1" 365 jours après une mise-bas (AMB) "n", il faudrait que la vache soit fécondée au plus tard 90 jours après la mise-bas "n", d'où l'idée d'un indicateur de poids vif de forme ($NEC=3$) à 90 jours AMB. Si cette condition est respectée, la vache réalise une gestation qui la conduit à une mise-bas "n+1" à 365 jours AMB (Figure 12) correspondant à 275 jours, soit 9 mois après. L'indicateur de forme permet ainsi de prédire le poids vif des vaches à 90 jours AMB, afin de corriger les éventuels déficits ce qui permettrait de réduire les intervalles vêlage-vêlage essentiellement dus à l'état corporel des vaches pendant cette période critique (*flushing*). Des vaches trop maigres ou trop grasses en fin de gestation sont exposées à des risques d'acétonémie et une diminution de la fertilité après la mise-bas (Meyer, 2009 ; Hanzen, 2015), d'où l'hypothèse que la vache devrait avoir un poids vif équivalent à son poids vif de mise-bas "n" 365 jours AMB. Cet indicateur permet de corriger les déficits en amont, notamment pendant les quatre derniers mois de gestation (*steaming*).

Le simulateur Prodlait a été développé sous Excel et comprend trois principales parties :

- les feuilles d'entrées (caractéristiques des vaches et offerts) ;
- les feuilles de calculs des besoins et de l'ingéré ;
- les feuilles de sorties : évolution journalière de la production de lait, évolution du poids vif des vaches pendant la période de lactation, variation de poids vif à 90 jours et à 365 jours AMB.

V.1.2.1 Les données d'entrées et les principes de calcul

Les caractéristiques des vaches sont données par le poids vif à la mise bas, la date de mise bas, l'objectif de production et la NEC actuelle (Vall et Bayala, 2004). Les offerts sont exprimés en quantité de matières sèches (kg MS) :

- les concentrés (tourteaux de coton, sons de céréales, autres concentrés) ;
- les fourrages d'arbres (*Leucaena leucocephala* et de *Morus alba*) ;
- les autres fourrages de qualité (fanés de mucuna, de niébé, d'arachides, etc.) ;
- les fourrages grossiers (pailles de maïs, de sorgho, de mil, de riz, coques de coton, pailles de brousse, etc.).

La couverture des besoins (CdB, en UF) est calculée entre l'ingéré et les besoins alimentaires en fonction des caractéristiques individuelles des vaches et est égale à : $\text{Ingéré (UF)} - \text{Besoins total (UF)}$. La CdB conditionne le gain moyen quotidien (GMQ). Si $\text{CdB} > 0$ alors $\text{GMQ} > 0$; si $\text{CdB} < 0$ alors $\text{GMQ} < 0$.

Le GMQ a pour rôle de réactualiser automatiquement le poids vif des vaches dans Prodlait en additionnant à chaque fois le GMQ du jour au poids vif de la veille et ainsi de suite. Il est obtenu par le rapport entre la CdB et le coefficient de conversion d'UF en poids (4,5 UF pour 1 kg de poids vif). $\text{GMQ} = \text{CdB (UF)}/4,5$.

V.1.2.2 Calcul des besoins des vaches traites dans Prodlait

Les objectifs de production correspondent à des niveaux de productions théoriques issues d'observations empiriques sur les vaches allaitantes à l'ouest du Burkina Faso. Ces observations ont été faites dans divers élevages allaitants selon des niveaux d'intensification (Sib *et al.*, 2017). Ces niveaux de production ont été classés par ordre croissant de 1 à 6 (1 = 300, 2 = 500, 3 = 700, 4 = 1000, 5 = 1150 et 6 = 1300 litres de lait par vache par lactation). Chaque objectif de production a été matérialisé par une courbe de lactation incluse dans Prodlait dont les équations sont les suivantes :

$$Y1 = 3,167 + 3,649.10^{-03} X - 2,195.10^{-04} X^2 + 3,561.10^{-07} X^3 ;$$

$$Y2 = 3,145 + 2,43.10^{-02} X - 3,655.10^{-04} X^2 + 8,451.10^{-07} X^3 ;$$

$$Y3 = 3,40731 + 3,275.10^{-02} X - 3,700.10^{-04} X^2 + 7,377.10^{-07} X^3 ;$$

$$Y4 = 4,102 + 3,357.10^{-02} X - 3,058.10^{-04} X^2 + 4,948.10^{-07} X^3 ;$$

$$Y5 = 4,178 + 4,097.10^{-02} X - 3,292.10^{-04} X^2 + 5,102.10^{-07} X^3 ;$$

$$Y6 = 4,278 + 4,554.10^{-02} X - 3,380.10^{-04} X^2 + 5,015.10^{-07} X^3 ;$$

Avec X = nombre de jours après mise bas et Y = production de lait (litre par vache par lactation).

V.1.2.3 Besoins des vaches en énergie

Les besoins des bovins se répartissent en besoins d'entretien, de déplacement et de productions (croissance, gestation, lactation, engraissement et de travail).

$$\text{Bes Total} = \text{Bes Entretien} + \text{Bes Déplacement} + \text{Bes Croissance} + \text{Bes Gestation} + \text{Bes Lactation} + \text{Bes Engraissement} + \text{Bes Travail}.$$

Pour couvrir ces besoins, les bovins ont besoin de l'énergie (UF), de l'azote (MAD), des minéraux et des vitamines. Dans Prodlait, le choix a été fait de raisonner les besoins d'entretien, de gestation et de lactation et leur couverture en énergie. Ce choix est justifié par le fait que la

production et la composition du lait varient plus en fonction des apports énergétiques que les autres éléments nutritifs (Jarrige, 1988 ; Coulon et Remon, 1991) et par le fait que les besoins d'entretien, de gestation et de lactation sont les plus importants dans le cycle de production de la vache laitière. Les calculs des besoins d'entretien, de déplacement, de gestation et de lactation se font grâce aux équations empiriques de Rivière (1991). Le besoin total des vaches s'obtient en additionnant l'ensemble des besoins élémentaires considérés.

Besoins d'entretien

Les besoins d'entretien permettent de maintenir le poids et d'assurer les fonctions vitales des vaches. Ces besoins varient en fonction du poids vif (PV, kg).

$$UF_{\text{Entretien}} \text{ (UF/j)} = 0,509 + 6,774 \cdot 10^{-3} \text{ PV.}$$

Besoins de déplacement

Les besoins de déplacement se calculent en fonction de la distance parcourue par les animaux par jour sur le pâturage. Cette distance (en kilomètre) est proportionnelle à la durée en heure du pâturage journalier et tient compte du poids vif de l'animal.

$$UF_{\text{Déplacement}} \text{ (UF/j)} = 0,026 \times \text{Déplacement (en kilomètre)} \times \text{PV}/100.$$

Besoin de gestation

Le besoin de gestation ne prend une valeur qu'à partir du 5^{ème} mois de gestation. Il est fonction du poids vif de la vache.

$$5^{\text{ème}} \text{ et } 6^{\text{ème}} \text{ mois de gestation ; } UF_{\text{Gestation}} \text{ (UF/j)} = 0,1 \times \text{PV}/100 ;$$

$$7^{\text{ème}} \text{ mois de gestation ; } UF_{\text{Gestation}} \text{ (UF/j)} = 0,15 \times \text{PV}/100 ;$$

$$8^{\text{ème}} \text{ mois de gestation ; } UF_{\text{Gestation}} \text{ (UF/j)} = 0,2 \times \text{PV}/100 ;$$

$$9^{\text{ème}} \text{ mois de gestation ; } UF_{\text{Gestation}} \text{ (UF/j)} = 0,3 \times \text{PV}/100.$$

Besoin de lactation

Les besoins de lactation des vaches varient en fonction de leur niveau de production, posé comme objectif de production dans Prodlait.

$$UF_{\text{Lactation}} \text{ (UF/j)} = 0,4 \times \text{Production de lait (kg/j)} \text{ avec (Production de lait = } Y1, Y2, Y3 \dots).$$

V.1.2.4 Les courbes théoriques de production de lait introduites dans Prodlait

Prodlait utilise plusieurs courbes théoriques de lactation correspondants à des objectifs de production croissants (Sib *et al.*, 2018). Quand l'objectif de production augmente, les besoins des vaches augmentent également. En fonction du niveau de production de lait, l'équation de production correspondante est la suivante :

- 300 litres = $3,167 + 3,649 \cdot 10^{-03} X - 2,195 \cdot 10^{-04} X^2 + 3,561 \cdot 10^{-07} X^3$;
- 500 litres = $3,145 + 2,43 \cdot 10^{-02} X - 3,655 \cdot 10^{-04} X^2 + 8,451 \cdot 10^{-07} X^3$;
- 700 litres = $3,40731 + 3,275 \cdot 10^{-02} X - 3,700 \cdot 10^{-04} X^2 + 7,377 \cdot 10^{-07} X^3$;
- 1000 litres = $4,102 + 3,357 \cdot 10^{-02} X - 3,058 \cdot 10^{-04} X^2 + 4,948 \cdot 10^{-07} X^3$;
- 1150 litres = $4,178 + 4,097 \cdot 10^{-02} X - 3,292 \cdot 10^{-04} X^2 + 5,102 \cdot 10^{-07} X^3$;
- 1300 litres = $4,278 + 4,554 \cdot 10^{-02} X - 3,380 \cdot 10^{-04} X^2 + 5,015 \cdot 10^{-07} X^3$.

Avec X= nombre de jours après la mise-bas.

V.1.2.5 Calcul de l'ingéré

En considérant les pratiques d'alimentation des vaches mises en œuvre par les éleveurs, et qui consistent à distribuer les concentrés et les fourrages le matin avant la sortie des animaux au pâturage, nous avons formulé l'hypothèse que la vache sature progressivement sa capacité d'ingestion en commençant par le concentré, ensuite les fourrages riches et les fourrages pauvres et complète cette capacité d'ingestion par la consommation sur les pâturages naturels. La capacité d'ingestion (CI) totale de la vache est donnée par la somme de la capacité d'ingestion d'entretien (CI_{Entretien}) et de la capacité d'ingestion lait (CI_{Lait}).

CI_{Totale} = CI_{Entretien} + CI_{Lait}, avec CI_{Entretien} = 0,025 × PV et CI_{Lait} = 0,28 × Production de lait.

Les hypothèses d'ingestion des aliments et fourrages ont été libellées comme suit :

- Ingéré concentré : si la quantité de concentré offert est inférieure à la CI total, alors tout le concentré servi, diminué de son taux de refus, est ingéré par la vache ; sinon l'animal n'ingère que le volume correspondant à sa capacité d'ingestion ;
- Ingéré fourrage d'arbre : si la quantité de fourrage d'arbre offert est inférieure à la CI après concentré, alors la vache consomme tout le fourrage d'arbre servi diminué de son taux de refus, sinon la vache consomme uniquement le volume correspondant à sa CI après concentré. Avec CI après concentré = CI totale – ingéré concentré ;

Et ainsi de suite pour les fourrages de qualités, et les fourrages grossiers ;

- Ingéré au pâturage : si le déplacement de l'animal est nul sur le pâturage, alors l'ingéré au pâturage est nul ; sinon, l'ingéré au pâturage est égal à la CI après fourrages grossiers.

Avec CI après fourrages grossiers = CI après fourrage de qualité – ingéré fourrages grossiers.

L'ingéré total est obtenu par la somme de l'ensemble des ingérés élémentaires :

Ingéré UF = Ingéré concentré × Valeur énergétique concentré + Ingéré fourrage arbre × Valeur énergétique fourrage arbre + Ingéré fourrage qualité × Valeur énergétique fourrage qualité + Ingéré fourrage grossier × Valeur énergétique fourrage grossier + Ingéré pâturage × Valeur énergétique pâturage.

La valeur du pâturage varie en fonction des saisons de l'année et a été estimée à partir du recensement des espèces fourragères de Rivière (1991) dans les zones sahélienne, soudanienne et guinéenne : 0,40 UF/kg MS en début de la saison des pluies (mai-juin), 0,55 UF/kg MS en pleine saison des pluies (juillet-août-septembre), 0,45 UF/kg MS en fin de la saison des pluies (octobre), 0,40 UF/kg MS en saison sèche froide (novembre-décembre-janvier) et 0,30 UF/kg MS en saison sèche chaude (février-mars-avril).

V.1.3 Sorties de Prodlait

Le poids vif des vaches est réactualisé quotidiennement grâce au GMQ. Il permet de suivre l'état des vaches et d'ajuster les offerts en fonction. Il est à tout moment du cycle de production comparé au poids vif de forme, $NEC = 3$.

V.1.3.1 Ecart au poids vif de forme de la vache 90 jours après la mise-bas (AMB)

Le poids vif des vaches à 90 jours après mise-bas est comparé au poids vif de forme, $NEC = 3$.

- Si PV à 90 jours AMB \geq PVNEC3, alors on conclut que la vache est en condition optimale pour concevoir ;
- Si PV à 90 jours AMB $<$ PVNEC3, alors le producteur devrait agir sur l'alimentation à partir de la mise-bas pour accroître le GMQ pour obtenir un poids suffisant à 90 jours.

V.1.3.2 Ecart entre le poids vif à 365 jours AMB et le poids vif le jour de la mise-bas

Le poids vif des vaches à 365 jours est comparé au poids vif de mise-bas (PVMB).

- Si PV à 365 jours AMB $<$ PVMB on en déduit que la vache a été sous-alimentée ;
- Si PV à 365 jours AMB \geq PVMB on en déduit que la vache est en condition optimale mais en cas de dépassement excessif du PVMB, on considère que la vache a été suralimentée.

V.1.4 Discussion

V.1.4.1 Points forts de Prodlait

Prodlait permet de simuler la production de lait et évolution du poids vif des vaches sur une année, ce qui permet de discuter de la durabilité de l'activité de production avec le producteur. Prodlait, utilise peu de données d'entrées, produit des sorties compréhensibles et pertinentes. Son fonctionnement se rapproche du modèle Livsim (Rufino *et al.*, 2009) qui simule également les performances individuelles des vaches mais est trop complexe car il prend en compte le cycle global de vache et le rythme de croissance des génisses futures laitières dans le rendement laitier de la vache, ce qui demande beaucoup de données d'entrée. De plus, la reproduction relève d'un phénomène discret déclenché de façon aléatoire dans Livsim. Par contre, Prodlait contrôle la reproduction des vaches sur une année grâce à ses indicateurs, le poids vif de forme à 90 jours et le poids vif à 365 jours après la mise-bas (AMB) pour améliorer la durabilité de la production de lait. Prodlait prend en compte les pratiques et les indicateurs admis par les producteurs de lait pour proposer un pilotage adéquat de la production de leurs vaches. Il leur permet de cibler durant une année complète les périodes de forts déficits pour intervenir et d'ajuster les offertes en fonction des besoins comme le calculateur Altrop (Delma *et al.*, 2016b) et le modèle Clifs (Le Gal *et al.*, 2013) qui ne prennent cependant pas en compte l'évolution du poids vif des vaches.

V.1.4.2 Limites de Prodlait

Premièrement, le système d'unité d'alimentation utilisé dans Prodlait est basé un référentiel d'alimentation des ruminants trop ancien (UF-MAD). Ce référentiel ne permet pas de bien quantifier les phénomènes digestifs des ruminants et de calculer les régimes alimentaires plus adaptés. Le calcul des besoins dans Prodlait tient compte uniquement des besoins en énergie. Cependant même si la production et la composition du lait varie plus en fonction des apports énergétiques (Coulon et Remon, 1991 ; Sepchat *et al.*, 2007), les apports protéiques, minéraux et vitaminiques jouent un rôle important dans la production et la quantité de lait (Sauvant et Nozière, 2013).

Deuxièmement, aucun test n'a été réalisé pour analyser la sensibilité du simulateur notamment sur l'influence de variables d'entrée sur les variables de sorties. Cette analyse permettra d'améliorer le fonctionnement de Prodlait en termes de précision.

De plus, un module de calcul économique, permettrait d'évaluer la rentabilité des choix techniques notamment des régimes alimentaires utilisés pour la production de lait.

La simplicité actuelle de Prodlait permet de s'affranchir d'une simulation fine souvent exigeante en données (Tittonell *et al.*, 2007) et dont l'utilisation peut être trop complexe pour répondre aux besoins de conseil et de vulgarisation.

Dans Prodlait, la production de lait n'est pas directement connectée à l'ingestion d'aliment alors que le lien entre l'énergie ingérée et la production de lait a été démontré par Faverdin *et al.* (2007). Il serait pertinent de compléter la prise en compte des besoins nutritionnels des animaux en intégrant les besoins en énergie, en protéines digestibles dans l'intestin (PDI) et en minéraux absorbables (Calcium et Phosphore) et de prendre en compte les valeurs d'encombrement des aliments offerts (Agabriel *et al.*, 2007). Une analyse économique dans les sorties de Prodlait pourrait permettre au producteur d'apprécier les retombés du management de son exploitation. Dans ces exploitations des marges de manœuvre sont possibles, notamment l'amélioration de la disponibilité des ressources alimentaires par la mise en place des cultures fourragères annuelles et pérennes et leurs utilisations. Mais cela reste conditionné par une bonne mise en œuvre du pilotage de la production du lait. Prodlait pourrait constituer une interface intéressante pour tester l'effet de nouvelles pratiques d'alimentation sur l'évolution du poids vif des vaches qui conditionne la production de lait. Sa simplicité permet de s'affranchir d'une simulation fine souvent exigeante en données (Tittonell *et al.*, 2007) et dont l'utilisation peut être trop complexe pour répondre aux besoins de conseil et de vulgarisation.

V.1.5 Conclusion partielle

La structure et le fonctionnement de Prodlait montre qu'un tel outil pourrait être utile pour les agents techniques et les vulgarisateurs pour appuyer le développement de la production laitière et aider les producteurs à rationaliser leurs pratiques d'alimentation au vu des objectifs de production. Il pourrait s'inscrire également dans une démarche de co-conception, en couplant l'expérimentation à la modélisation afin de faciliter l'adoption de techniques innovantes par les producteurs. Dans la partie suivante, nous montrons comment Prodlait a été utilisé pour évaluer *ex ante* l'effet de l'introduction d'une banque fourragère arbustive (BFA) dans des ateliers de lait.

V.2 Evaluation *ex-ante* de l'introduction d'une banque fourragère arbustive dans le système fourrager d'une exploitation sur les vaches traites

V.2.1 Introduction

Prod lait (Sib *et al.*, 2018) a été utilisé avec deux producteurs expérimentateurs pour évaluer *ex ante* l'effet de l'introduction d'une banque fourragère arbustive (BFA) dans le système fourrager du producteur sur les vaches traites pendant un cycle de production de lait d'une année. Il a permis par exemple de détecter les périodes de déficits pendant lesquelles une intervention du producteur s'imposait pour améliorer la productivité des vaches. Le principe du simulateur consiste à suivre l'évolution quotidienne du poids vif des vaches en lactation et d'ajuster les rations alimentaires sur un cycle de production de lait. Le suivi du poids vif permet d'optimiser les deux indicateurs de poids vif présentés dans la partie 5.1 (écart au poids vif de formes à 90 jours et écart au poids vif de mise-bas à 365 jours après la mise-bas).

V.2.2 Matériel et méthodes

V.2.2.1 Présentation de la démarche d'évaluation *ex-ante*

Principes généraux de l'évaluation

L'évaluation *ex-ante* est effectuée en interaction avec le producteur. Elle utilise les données relevées chez le producteur avant introduction de la BFA dans le système fourrager. C'est ce que l'on appelle le scénario 0 (S0) de base correspondant aux caractéristiques structurelles et aux pratiques d'alimentation actuelle du producteur. Les données ayant servi à établir S0 ont été obtenues à partir des observations effectuées chez les producteurs pendant 22 mois, d'octobre 2015 à juillet 2017 et qui comprenaient une estimation mensuelle : du poids vif des vaches par mesure du périmètre thoracique, de la quantité de lait trait par vache, des dates des mises-bas, des quantités d'aliments et de fourrages stockées, et des quantités d'aliments et de fourrages ingérées et refusées.

Elle utilise Prod lait pour simuler des changements dans l'alimentation des vaches. C'est ce que l'on appelle le scénario 1 (S1) correspondant à l'introduction d'une BFA dans le système fourrager de l'exploitation en vue de leur exploitation pour la conduite de l'alimentation des vaches.

L'évaluation *ex-ante* s'est fait en plusieurs étapes :

- Etape 1 : caractérisation du système de production en cours (S0) : système fourrager, conduite des vaches traites, performances en cours et identification de la place et du rôle possible de la BFA dans ce système (S1) ;
- Etape 2 : simulation de l'introduction de la BFA dans le système de production (S1) et schématisation des sorties du modèle (en vue de la préparation de la restitution au producteur) ;
- Etape 3 : présentation des sorties aux producteurs, discussion, le cas échéant aménagement du scénario, jusqu'à validation.

V.2.2.2 Présentation des deux producteurs et des scénarii

Deux producteurs ont été retenus pour effectuer cette évaluation *ex-ante*.

Un producteur à visée commerciale (T4). Ce producteur mise sur une utilisation des concentrés (tourteau de coton, son de maïs, graines ou coupe de coton) toute l'année pour garantir son objectif de production. Il exploite 11 vaches issues de croisements des races locales à potentiel laitier (Azawak ou Goudali) avec des races laitières importées (Holstein, Brunnes des Alpes, Montbéliarde). Ces vaches sont plus lourdes que les vaches zébus de race locales. Dans cette exploitation le pâturage naturel est très peu utilisé et la production de lait avoisine 1300 litres par vache par an, transformé totalement sur place en lait pasteurisé ou en yaourt grâce à une unité de transformation dont le producteur est propriétaire. Le scénario 1 se caractérise par une substitution partielle des BFA aux aliments concentrés car la forte utilisation des aliments concentrés par ce producteur entraîne une augmentation du coût de production de lait (Voir chapitre 3).

Un producteur à orientation agropastorale (T3). Chez ce producteur le pâturage naturel est la base de l'alimentation des vaches. Les vaches traites sont séparées du troupeau en saison sèche (période pendant laquelle le prix du lait est à son meilleur niveau) pour recevoir des compléments alimentaires constitués de stocks de résidus de cultures, des stocks de fourrages cultivés (*Mucuna spp*, *Andropogon gayanus*) et des aliments concentrés achetés (tourteau de coton, son de maïs). Les vaches traites sont au nombre de huit vaches constituées de zébus et des taurins de race locale et leurs croisés, sélectionnées parmi les bonnes laitières identifiées par le producteur dans son troupeau. Le nombre de vaches n'est pas stable, il est fonction de la capacité de l'éleveur à stocker des fourrages (résidus de cultures, fourrages cultivés) et des aliments concentrés pour la saison sèche chaude (entre février et avril). Le scénario 1 chez ce producteur se caractérise par une complémentarité individuelle ciblée en fonction de l'état corporel et de l'état physiologique des vaches car dans cette exploitation, les variations

individuelles de poids au cours de l'année sont importantes. Le tableau X présente les caractéristiques de ces scénarios pour chacun des deux producteurs.

Tableau X : Données d'entrées des deux scénarios pour les deux producteurs

	Producteur à orientation agropastorale (T3)		Producteur spécialisé à visée commerciale (T4)	
	Scénario 0	Scénario 1	Scénario 0	Scénario 1
Nombre de vaches	8	8	11	11
Objectif de production (L/vache/lactation)	500	500	1300	1300
Poids moyen des vaches	265	265	450	450
Période de mises-bas	Novembre- février	Novembre- février	Toute l'année	Toute l'année
Période de complémentation des vaches	Février-avril	Février- Novembre	Toute l'année	Toute l'année
Stockage de concentré (kg MS)	1800	1800	16000	16000
Stockage de fourrage de qualité (kg MS)	900	900	0	0
Stockage de fourrage pauvre (kg MS)	7350	7350	4500	4500
Production BFA (kg MS/ha/an)	0	12500	0	10000
Quantité concentrés distribués (kg MS/an)	2848	2848	14052,5	13151,6
Quantité fourrages qualité distribués (kg MS/an)	1424	1424	0	0
Fourrages pauvres distribués (kg MS/an)	1424	1424	12045	12045
Quantité BFA distribués (kg MS/an)	0	2024	0	2079
Distribution de concentrés (kg MS/vache)	4	4	3,5	2,2
Distribution de BFA (kg MS/vache)	0	<u>2</u> <u>1</u> 0,5	0	1,3
Distribution de fourrage de qualité (kg MS/vache)	2	2	0	0
Distribution de fourrage pauvre (kg MS/vache)	2	2	3	3
Durée de pâturage (heure)	11	11	3	3

BFA : banque fourragère arbustive, MS : matière sèche.

V.2.3 Résultats

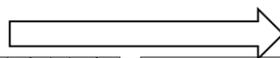
V.2.3.1 Evaluation *ex-ante* du scénario 1 chez les producteurs

La mise en œuvre du scénario 1 a conduit à l'amélioration de l'état corporel des vaches à 90 jours et à 365 jours après la mise-bas chez le producteur T3. En revanche elle a permis d'économiser de l'aliment concentré sans mettre en cause les performances de production et de reproduction des vaches chez le producteur T4.

Chez T3, les vaches ayant mis bas en novembre, décembre et janvier ont eu des gains de poids vif respectivement de quatre, trois et deux fois plus élevés que dans le scénario 0 grâce à l'utilisation des banques fourragères arbustives (BFA) (Figure 13). Les vaches ayant mis bas en novembre ont reçu quotidiennement 2 kg MS de BFA, tandis que celles qui ont mis bas en décembre et janvier ont reçu respectivement 1 kg de MS et 500g de MS de BFA, distribués en vert. Les vaches qui mettent bas en février n'ont pas été complétée car en cette période la production des BFA est limitée. A partir de cette période, les fourrages et les aliments concentrés stockés prennent le relais des BFA.

Chez T4, les apports ont été programmés en juillet-août et en novembre-décembre avec une substitution de 1,3 kg MS de concentré par les BFA. La simulation a montré que grâce à cette substitution, le producteur économise environ 1 tonne MS de concentré dans l'année. Cette substitution n'a pas entraîné de variation de poids vif à 90 et 365 jours après la mise-bas, ce qui traduit que les BFA peuvent valablement remplacer les concentrés (Figure 14).

Sans apport de BFA (S0)



Avec apport de BFA (S1)

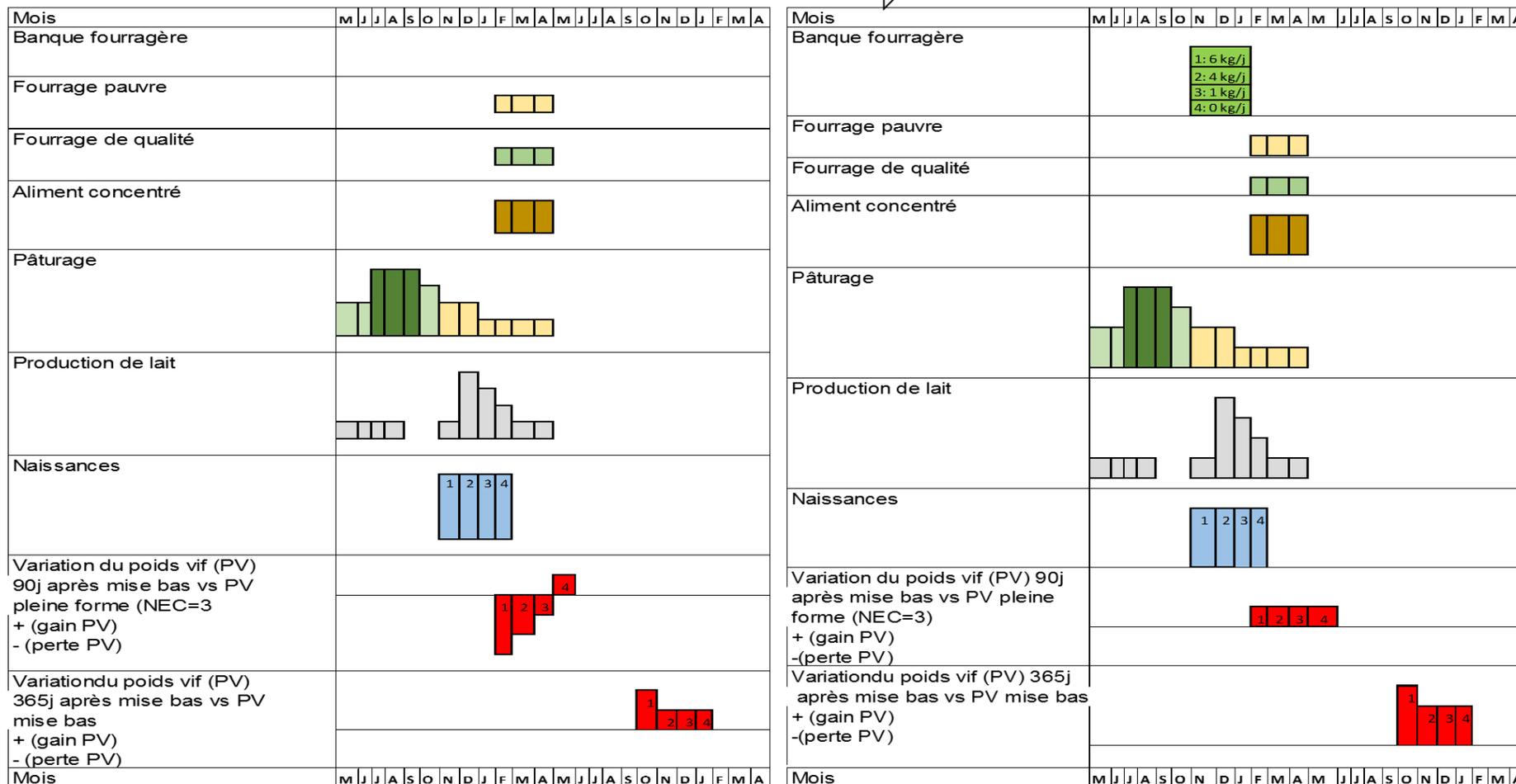


Figure 13 : Schématisation des sorties de Prodlait chez le producteur T3

BFA : banque fourragère arbustive, PV : poids vif, NEC : note d'état corporel, (1) mises-bas de novembre, (2) mises-bas de décembre, (3) mises-bas de janvier, (4) mises-bas de février

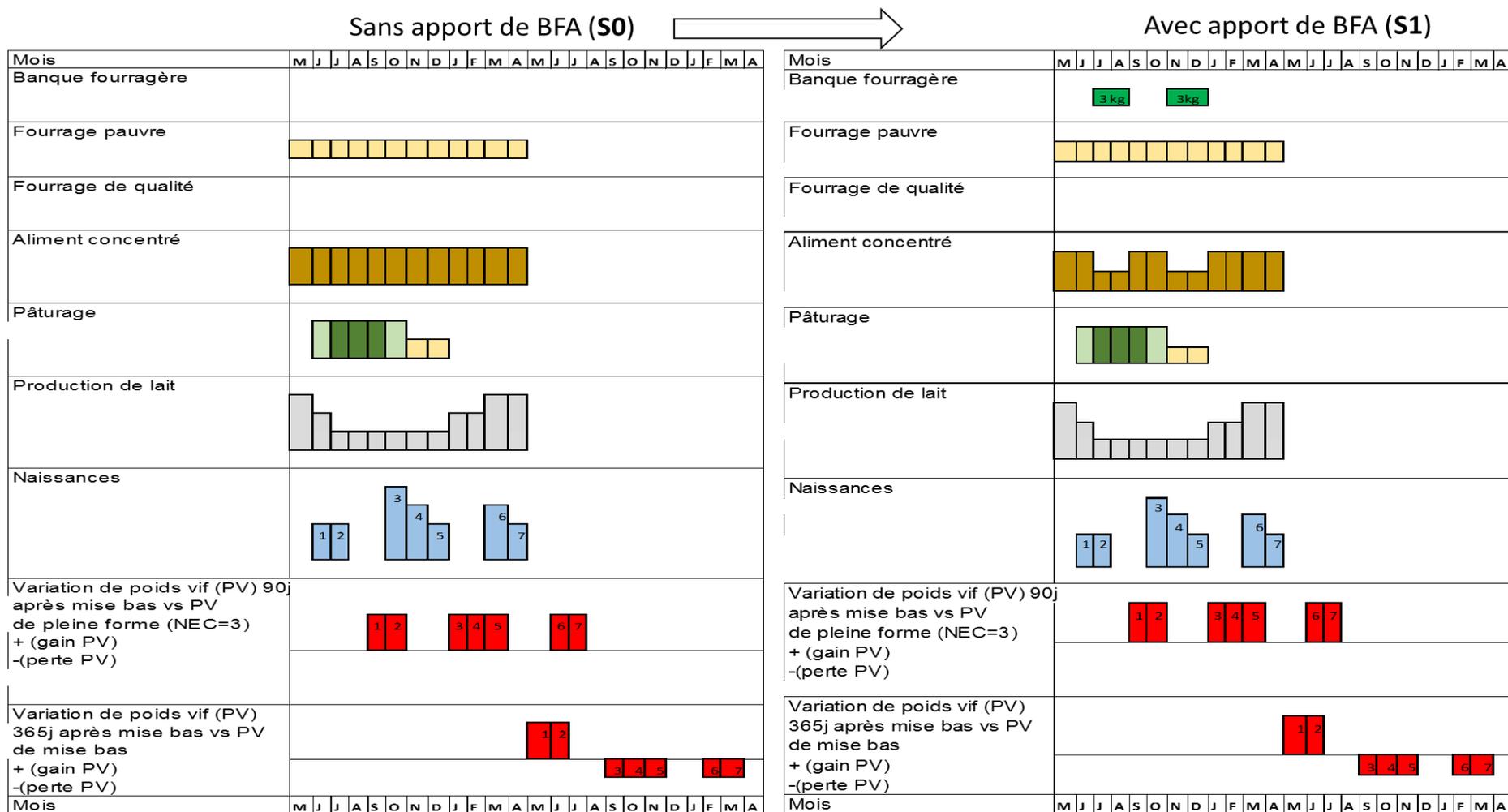


Figure 14 : Schématisation des sorties de Prodlait chez le producteur T4

BFA : banque fourragère arbustive, PV : poids vif, NEC : note d'état corporel, S0 : scénario 0, S1 : scénario 1, (1) mises-bas de juin, (2) mises-bas de juillet, (3) mises-bas d'octobre, (4) mises-bas de novembre, (5) mises-bas de décembre, (6) mises-bas de mars, (7) mises-bas d'avril

V.2.3.2 Perceptions des producteurs sur l'évaluation *ex-ante*

Le simulateur Prodlait a permis aux producteurs de redécouvrir leur mode de fonctionnement. Les points d'apprentissages révélés par ces simulations sont similaires entre les deux producteurs cependant les niveaux d'apprentissage ont divergé en fonction des pratiques conventionnelles de ces exploitations (Figure 15).

Chez le producteur T3, on note une nécessité de connaître les besoins des vaches afin de bien gérer les stocks d'aliments et de fourrages qui sont destinés aux vaches pendant la saison sèche pour vendre plus de lait à un meilleur prix d'achat.

Chez le producteur T4, la connaissance des besoins des vaches, la réduction des gaspillages d'aliments, et le ciblage des périodes d'intervention semblent être les plus importants. Cela se justifie par le fait que la complémentation est faite toute l'année, dans ces conditions pour éviter de gaspiller les aliments achetés, il est primordial de connaître les besoins des vaches afin de planifier les interventions ciblées. Ce producteur, trouve un intérêt particulier pour l'utilisation du simulateur et formule un appui pour une formule alimentaire adaptée à ses vaches.

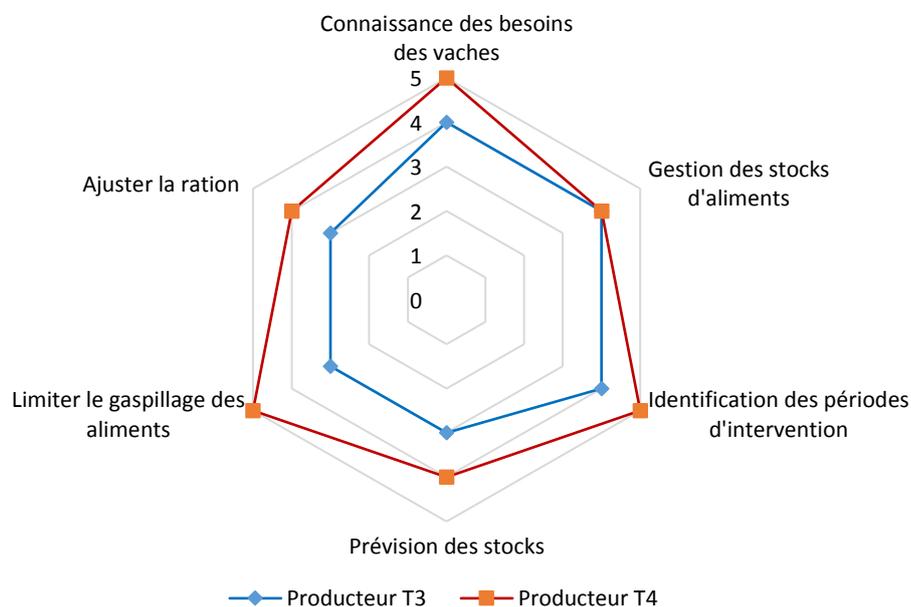


Figure 15 : Radar des perceptions des producteurs sur l'évaluation *ex-ante*

V.2.3.3 Perceptions des producteurs sur l'intérêt de la banque fourragère arbustive

La perception des banques fourragères arbustives (BFA) diffère en fonction des modes de conduite conventionnelles et de l'expérience acquise dans le domaine des cultures fourragères (Figure 16).

Chez le producteur T3, la BFA est perçue comme un moyen pour améliorer le bilan fourrager, ce qui aura un impact sur l'état corporel des vaches. Cependant, il pense que les BFA seraient plutôt intéressantes pour lui en saison sèche, car en saison des pluies, les animaux préfèrent de l'herbe fraîche au fourrage d'arbre. Pour ce producteur qui depuis quelques années s'intéresse aux cultures fourragères (légumineuses fourragères annuelles et graminées vivaces), la BFA est une nouvelle expérience qu'il souhaite agrandir.

Chez le producteur T4, la BFA est plutôt un moyen d'atténuation des charges alimentaires en concentré, c'est pourquoi la surface de la BFA expérimentale (625 m²) lui paraît trop petite pour ses attentes. Chez lui également, la période d'apport à privilégier est la saison sèche car en saison des pluies ses animaux couvrent une partie de leurs besoins au pâturage naturel même si les temps de séjours sont limités.

Les deux producteurs trouvent les BFA particulièrement intéressantes, raison pour laquelle ils auraient préféré des BFA plus grandes pour être compatibles avec leurs besoins de production. Même s'ils trouvent que l'installation et l'exploitation des BFA entraîne une augmentation du travail, ils pensent que c'est une activité qui peut bien s'insérer dans leurs pratiques actuelles.

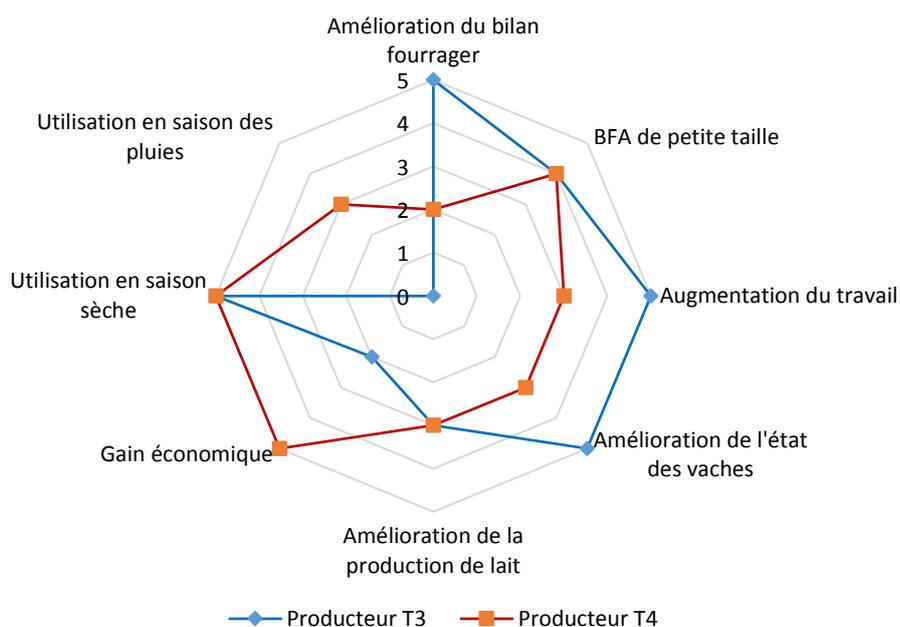


Figure 16 : Radar des perceptions des producteurs sur l'intérêt de la banque fourragère arbustive

V.2.4 Discussion

V.2.4.1 Intérêt de l'évaluation *ex-ante* à l'aide du simulateur chez les producteurs

La banque fourragère arbustive (BFA) est une technologie innovante de production de fourrages à hautes valeurs nutritives et dont l'installation requiert du temps avant d'être exploitable pour les animaux. Ce délai d'attente constitue une contrainte pour les producteurs et la recherche dans une perspective d'évaluation d'impact. D'après TECHNOPOLIS GROUP et MIOIR (2012), l'innovation est un phénomène complexe, difficile à quantifier et nécessitant souvent de longs délais avant qu'un effet puisse être mesuré. L'évaluation *ex-ante* permet de pallier cette contrainte et de visualiser avant terme les résultats attendus. Elle permet en outre de poser les bases d'une évaluation en grandeur réelle. Similairement à notre étude, Sempore *et al.* (2011) ont montré que le couplage de la modélisation à l'expérimentation en grandeur réelle permet de faciliter l'adoption de nouvelles pratiques. Les résultats de simulation ont montré que les BFA permettent d'améliorer l'état corporel et le bilan fourrager en augmentant la part des fourrages de qualités dans la ration des vaches. De même une substitution partielle des BFA aux concentrés permet de réduire le coût de production du lait. L'utilisation du modèle a permis en outre aux producteurs d'apprendre et de commenter leurs propres pratiques. Les deux producteurs ont principalement des contraintes d'alimentation de leurs vaches laitières ou allaitantes.

Chez le producteur T3, ce problème d'alimentation qui est saisonnier et qui varie d'une année à l'autre impacte la production et est à l'origine de la variation des saisons de mise bas des vaches. Dans T3, il y a quelques années, les mises-bas étaient plus regroupées en début de saison des pluies (Vall et Diallo, 2009 ; Sib *et al.*, 2017), ce qui n'est pas le cas actuellement où les mises-bas semblent se regrouper en saison sèche froide entre novembre et janvier. Ces mises-bas correspondent à des fécondations qui ont eu lieu entre avril et juin, période pendant laquelle les ressources alimentaires sont rares en milieu naturel, ce qui paraît paradoxal. Cependant cela est possible grâce à des complémentations souvent réalisées par le producteur pendant ces périodes de disette.

Chez le producteur T4, le problème d'alimentation réside plus dans la gestion des stocks et dans le rationnement des vaches. Dans T4, les ruptures des stocks sont fréquentes et la qualité des aliments achetés ne suivent pas toujours les prescriptions du producteur. Dans ces conditions, le simulateur se révèle un outil utile pour aider le producteur à planifier la gestion des ressources disponibles et à les ajuster aux besoins des vaches conformément à son objectif de production (Sib *et al.*, 2018).

Bien que pratiquée sur un échantillon de taille limitée, ces simulations ont montré l'intérêt de coupler les expérimentations en grandeur réelle à la modélisation afin de faciliter un processus de discussion autour des choix techniques (Sempore *et al.*, 2011).

Ce processus a été bien compris par les producteurs qui ont fait des propositions allant dans le sens de la conservation du surplus de fourrage des BFA produits en saison des pluies pour une utilisation en sec en saison sèche car la capacité de production des BFA est faible en saison sèche.

V.2.4.2 Limites de la méthode d'évaluation l'aide de Prodlait

Bien que l'évaluation *ex-ante* réalisée dans cette étude ait montré un intérêt des producteurs pour la démarche, le simulateur Prodlait utilisé pour cette évaluation est basé sur un système d'unité d'alimentation ancien (UF-MAD). Pour répondre aux besoins des producteurs le simulateur devrait évoluer vers les systèmes de calculs des besoins plus fins tels que le système UFL, PDI et prendre en compte les besoins en minéraux (Ca et P) indispensables dans la production et la qualité du lait.

De plus, cette évaluation ne prend pas en compte toute l'exploitation. Elle se focalise sur les vaches traites alors qu'il existe d'autres animaux sur l'exploitation et des interactions entre différents systèmes. Cette évaluation *ex-ante* des BFA, est principalement réalisée sur le plan technique notamment sur les performances de production des vaches mais ne donne pas d'indication sur les performances économiques d'un tel système.

Un module de calcul économique dans le simulateur pourrait s'avérer décisif pour les producteurs afin de mesurer la rentabilité de leur activité.

V.2.4.3 Leçons tirées de l'évaluation *ex-ante* de l'effet de l'introduction des BFA chez des producteurs de lait

L'évaluation *ex-ante* a montré que l'introduction des BFA dans le système fourrager actuel, pourrait permettre d'améliorer le bilan fourrager et d'améliorer les performances des vaches notamment l'état corporel qui est un important facteur qui influence la production de lait et la reproduction des vaches en milieu tropical (Meyer, 2009). Dans d'autres situations, les BFA permettent de réduire la part des concentrés dans la ration ce qui permet d'équilibrer les rations des vaches qui ont besoin d'une alimentation plus équilibrée en fibres (Kaasschieter, 1994), mais également de réduire les dépenses pour la production du lait.

En ce qui concerne l'utilisation des BFA, les producteurs préféreraient l'utiliser en saison sèche, ce qui paraît logique et conforme à l'objectif premier assigné aux BFA. Mais cela demande des connaissances techniques et des infrastructures pour conserver le fourrage des BFA produit en saison des pluies. Ces fourrages pourraient aussi être bien valorisés en saison des pluies comme testé dans cette évaluation car la saison sèche n'est pas la seule période de déficit nutritionnel des vaches en zone subhumide (César *et al.*, 2004). En début de saison des pluies, les espaces pâturables sont restreints par les champs jusqu'à la fin de la saison des pluies, période pendant laquelle l'herbe bien qu'abondante a une valeur azotée dérisoire (César *et al.*, 2004).

V.2.5 Conclusion partielle

L'évaluation *ex-ante* de l'introduction des banques fourragères arbustives (BFA) a montré leur intérêt pour l'amélioration des performances des vaches traitées et l'amélioration du bilan fourrager et alimentaire chez les producteurs étudiés. A travers des scénarios correspondant à chaque situation, les évaluations *ex-ante* ont permis aux producteurs et à la recherche de discuter sur l'opportunité des BFA dans leur système de production. Le simulateur Prodlait a facilité des apprentissages chez les producteurs sur les bonnes pratiques de conduites de l'alimentation des vaches. Même si la méthode d'évaluation *ex-ante* reste à améliorer, les résultats ont montré la potentialité des BFA à répondre aux besoins des producteurs de lait ce qui milite en faveur de sa vulgarisation.

CHAPITRE VI DISCUSSION GENERALE

L'alimentation des animaux a constitué depuis toujours un enjeu majeur en élevage (Thiebault, 2005). Selon la FAO (2014), l'accès à des aliments du bétail en quantité et en qualité constitue une priorité stratégique pour le développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest. C'est dans ce contexte que notre travail ambitionne d'apporter une contribution au problème d'alimentation du bétail pour améliorer durablement la productivité des élevages laitiers. Cette étude s'est déroulée en trois étapes majeures, diagnostic, expérimentation et évaluation selon la démarche de co-conception des systèmes agricoles innovants (Vall *et al.*, 2016).

D'abord le diagnostic initial des systèmes de production du lait a permis de mettre en évidence des insuffisances dans la conduite alimentaire des vaches traites. Pour proposer des solutions d'amélioration à cette situation, nous nous sommes appuyés sur des ateliers de co-conceptions regroupant les chercheurs, les producteurs et les acteurs de développement locaux dans chaque site d'étude pour examiner les solutions possibles à mettre en œuvre.

L'implication des producteurs et des acteurs de leur environnement a permis d'identifier les BFA comme une solution théoriquement possible pour améliorer le système fourrager local en introduisant une ressource pérenne pourvoyeuse de fourrage vert en saison sèche. Les BFA ont été expérimentées chez des producteurs volontaires pour étudier leur comportement, leur potentialité et leur faisabilité pour compléter la ration des vaches traites. Mais l'installation et l'atteinte du stade de maturité requièrent au minimum deux années, ce qui nous a contraint à recourir à l'usage d'un simulateur pour tester *ex-ante* l'effet de l'introduction des BFA sur la production de lait à la ferme et pour discuter avec les producteurs des améliorations à apporter dans la conduite des BFA.

Le diagnostic initial a montré une diversité des systèmes de production de lait similairement aux résultats de Hamadou *et al.*, (2003) dans la zone périurbaine de Bobo-Dioulasso. Cependant des nouvelles pratiques de production ont été détectées dans les systèmes de production. Ces pratiques innovantes semblent avoir été influencées par plusieurs facteurs à savoir : la restriction des espaces pastoraux, l'objectif économique du producteur, sa capacité à investir en capital, et également par le développement des minilaiteries (Corniaux *et al.*, 2014) et des centres de collecte de lait au-delà du périmètre urbain qui offrent de nouveaux débouchés aux producteurs. Le diagnostic a permis de mettre en évidence plusieurs types de producteurs : des allaitants à faible niveaux d'intrants et à orientation pastorale, des allaitants à orientation agropastorale et des laitiers à visée commerciale. Mais quel que soit le type, les performances de production de lait restent pénalisées par une alimentation trop pauvre en aliments et en fourrages de qualité (Kaasschieter *et al.*, 1994), par une mauvaise gestion des ressources

alimentaires produites sur l'exploitation ou achetées (Delma *et al.*, 2016a), et aussi par une saisonnalité très marquée des mises bas (Vall et Diallo, 2009).

Le diagnostic a montré que pour nourrir les vaches traites, les producteurs ont recours principalement au pâturage naturel en constante régression (Diop, 2015) en raison de l'extension des cultures, voir même en dégradation en raison de la pression de pâturage en augmentation ; aux résidus de cultures pâturés au champ ou stockés à la ferme et aux aliments concentrés achetés à des prix élevés. Les résidus de cultures sont composés majoritairement de pailles de céréales conservés au soleil dont la qualité nutritionnelle est faible et d'une très faible proportion de fanes de légumineuses plus riches sur le plan alimentaire (Sawadogo *et al.*, 1999). De plus les aliments concentrés utilisés localement (tourteaux de coton, son de maïs, etc.) sont inaccessibles à certains producteurs à cause de leur prix élevé au détail et des conditions d'accès quand il faut les acheter en gros. Dans tous les cas le recours aux aliments concentrés achetés augmente significativement le coût de production du lait.

Face à ces contraintes relatives à l'accès aux ressources de qualité, certains producteurs innovent avec la mise en place des cultures fourragères annuelles telles que le *Mucuna deeringiana* et *Vigna unguiculata* (Coulibaly *et al.*, 2017 ; Koutou *et al.*, 2016). Mais ces tentatives restent limitées et les producteurs demandent des innovations pour produire à coût limité, des fourrages en plus grande quantité, et de bonnes qualités alimentaires, pour alimenter les vaches durant la saison sèche. Dans le contexte de l'ouest du Burkina Faso et de la zone soudano sahélienne caractérisé par une longue saison sèche de 7 à 8 mois, seuls les ligneux conservent un feuillage vert pendant cette période (Klein *et al.*, 2014). L'utilité des fourrages ligneux en élevage est bien connue (Klein *et al.*, 2014 ; Place *et al.*, 2009 ; Le Houerou, 1980 ; Franzel *et al.*, 2014) mais en Afrique de l'ouest ils sont rarement cultivés à cette fin. Les ligneux fourragers sont pourtant intensivement cultivés dans d'autres régions tropicales pour subvenir aux besoins nutritionnels des animaux (Datta, 2000 ; Pentón *et al.*, 2007 ; Saddul *et al.*, 2004). Nous nous sommes donc appuyés sur l'itinéraire technique utilisé dans ces régions pour adapter les banques fourragères arbustives (BFA) à haute densité (20 000 plant/ha) au Burkina Faso.

La mise en place des BFA a été faite avec une forte implication des producteurs dans leur conception, leur installation et leur exploitation. A notre connaissance, cette introduction de BFA à haute densité en milieu réel constitue une première chez des producteurs au Burkina Faso et probablement en Afrique de l'Ouest. Elle a été conçue en utilisant des espèces fourragères reconnues pour leur capacité de production (qualité et quantité) fourragère, leur capacité à résister et à s'adapter à diverses situations contraignantes (climatiques, pédologiques etc.) : *Leucaena leucocephala* (CTA, 1987, Wencomo et Ortiz, 2009 ; González-García *et al.*,

2009 ; Prasad *et al.*, 2011) et *Morus alba* (Benavides, 1995; Pentón *et al.*, 2007 ; Noda *et al.*, 2008 ; González-García et Martín-Martín, 2016).

Pour faciliter la mise en place des BFA, nous avons sélectionné des producteurs expérimentateurs volontaires propriétaires de leur terrain pour s'affranchir des contraintes foncières du droit coutumier qui interdit le droit de planter un arbre à qui n'est pas propriétaire foncier (Mathieu *et al.*, 2003). En attendant que l'état et les organisations coutumières facilitent l'accès à la terre aux éleveurs (achat, location, prêt, etc.) pour sécuriser leur activité, des parcelles de BFA communautaires pourraient leur être profitable à condition qu'elles soient bien gérées. En outre on peut proposer aux producteurs non propriétaires des espèces fourragères annuelles (légumineuses) qui sont moins contraignantes sur le plan foncier.

Les performances de croissance et de production des BFA ont été dans l'ensemble influencées par la qualité des sols, par les pratiques agronomiques, par les attaques de termites ravageurs et par le feu. L'analyse des sols prélevés sur les différentes parcelles d'implantations a montré des compositions chimiques très faibles en éléments fertilisants (matière organique, phosphore assimilable, etc.), des pH trop acides dans certains cas (BFA3). Les sols en Afrique de l'Ouest sont d'ailleurs reconnus pauvres en phosphore qui joue un rôle important dans la nutrition des plantes (Ouédraogo *et al.*, 2015 ; Lompo *et al.*, 2009). Les pratiques agronomiques entre site ont varié en fonction de la disponibilité de la main d'œuvre pour réaliser des tâches champêtres. Cela s'est ressenti lors du creusage des lits de plantation qui étaient plus profonds dans la BFA1 de main d'œuvre salariée permanente comparativement aux autres BFA où les producteurs ont eu recours à une main d'œuvre familiale parfois insuffisante pour exécuter toutes les tâches en période de culture. L'insuffisance de la main d'œuvre a eu également un impact dans la mise en œuvre du paillage qui n'a pu être réalisé dans la BFA3. La contrainte de la main d'œuvre a été citée parmi les contraintes d'adoption des cultures fourragères par les producteurs (César *et al.*, 2004 ; Hamadou *et al.*, 2005).

Un autre facteur majeur ayant affecté les performances des BFA a été l'attaque des termites. Mais les termites n'ont pas eu le même effet dans les différents sites. Il se sont principalement attaqués à la BFA dépourvue de paillage à partir de la saison sèche car d'après Roy-Noel (1974), les principaux facteurs de répartition des termites sont le sol, l'eau, la végétation et l'homme. Les termites ont besoin de matériaux fins de types argileux pour l'édification de certaines parties de leurs termitières (Bachelier, 1973), ce qui milite en défaveur du sol de la BFA3 qui contient trois fois plus d'argile en surface que dans les BFA1 et BFA2. De plus les termites doivent vivre dans des atmosphères constamment humides pour éviter la dessiccation de leurs téguments et pour humidifier leur habitat. Pour cela en absence d'eau dans le sol, les termites

utilisent l'eau de leurs aliments, d'où la recherche de plantes vivantes ayant plus d'eau en saison sèche. L'abondance des termites dans la BFA3 interpelle également sur le choix de l'emplacement des BFA ; des études menées au Nigéria par Bachelier (1973) ont montré que l'abondance des termitières était liée à l'importance des débris végétaux dans l'environnement immédiat. La présence d'un îlot de forêt près de la BFA3 pourrait constituer un facteur de risque.

Un autre facteur limitant la mise en place des BFA répertorié dans cette étude a été le feu intervenu sur la BFA1. Le feu est couramment utilisé pour stimuler la repousse de l'herbe en début de saison sèche, pour nettoyer et pour défricher les espaces, pour enfumer les ruches, débusquer les rongeurs, mais les déficits de contrôle de sa propagation sont parfois à l'origine de sinistre, de gaspillages inutiles de biomasses (Caillaut, 2011). C'est ainsi qu'un départ de feu mal contrôlé a affecté la BFA1 en février 2016. Mais grâce à un paillage rapide, complété par un arrosage des plants les premières semaines, une proportion significative de souches des plants ont régénéré progressivement pour atteindre 50% de régénération en saison des pluies (juillet) pour *Morus alba* et 20% pour *Leucaena leucocephala* dont le processus de régénération a été affecté par une attaque de termites tardive.

La protection des BFA est primordiale contre l'intrusion des animaux. Dans cette étude nous avons utilisé un dispositif avec une clôture en grillage qui a certes bien fonctionné. Mais sa mise en place est chère et n'est pas durable dans la mesure où elle nécessite un entretien régulier pour être efficace. La contrainte de la clôture de protection des BFA demeure un obstacle pour bon nombre de producteurs (César *et al.*, 2004). Mais cette contrainte n'est pas insurmontable car l'expérimentation des haies vives d'épineux (*Acacia nilotica*, *Acacia senegal*, *Bauhinia rufescens*, *Ziziphus mauritiana* *Prosopis juliflora*) ont donné des résultats satisfaisants dans bien de situations en Afrique de l'Ouest (Yossi *et al.*, 2006) et pourrait constituer une alternative durable et efficace si elles sont mises en place selon un dispositif très étanche.

Dans l'ensemble, malgré les facteurs limitants identifiés, les performances de développement des BFA expérimentées au Burkina Faso ont été acceptables si on les compare à celles décrites dans la littérature. Mais en ce qui concerne *Morus alba*, nous n'avons pas trouvé dans la littérature des BFA implantées à partir des plants produits en pépinières avec des graines. Les plantations se font généralement à partir des boutures issues de plantations antérieures (Pentón *et al.*, 2007 ; Noda et Martín, 2008) et repiqués directement au champ alors que nous avons utilisé des graines pour produire des plants en pépinières dans notre cas. A Cuba, où l'utilisation de *Morus alba* est fréquente dans les BFA, Martín *et al.* (2016) ont rapporté que la multiplication de la variété YU-62 par les semences n'a pas été satisfaisante dans les conditions

cubaines. Cependant, au Burkina Faso, les BFA ont été établies à partir des graines de la variété YU-62 en provenance de Cuba, ce qui ajoute de l'originalité à notre travail.

Les rendements des BFA mesurés au Burkina Faso ont été plus faibles que ceux rapportés à Cuba et en Asie du Sud pour les deux espèces (Gonzalez-Garcia et Martin-Martin, 2016 ; Gonzalez *et al.*, 2009 ; Tewari *et al.*, 2004 ; Wencomo et Ortiz, 2009 ; Chotchutima *et al.*, 2013). Cela pourrait s'expliquer par les conditions climatiques plus sèches au Burkina, car bien qu'adaptées à plusieurs situations climatiques *Morus alba* et *Leucaena leucocephala* ont des préférences en termes de sol, de température et d'humidité (Datta, 2000 ; Bertrand 2009). Le rendement de *Leucaena leucocephala* a été plus élevé que celui de *Morus alba* ce qui est en contradiction avec l'étude de Yadava (1997) en Inde qui a obtenu des rendements similaires entre les deux espèces produites dans les mêmes conditions. En revanche, les différences de qualité fourragère des deux variétés se sont avérées non significative et cela corrobore les résultats de Yadava (1997).

Les rendements obtenus sur les trois BFA au bout de 18 mois s'établissent en moyenne à 8,2 tonnes/ha de MS pour *Leucaena leucocephala* et 1,8 tonnes/ha pour *Morus alba*. Ce niveau de rendement est plus élevé que les rendements obtenus avec les cultures fourragères annuelles telle que *Mucuna spp* (0,8 à 1,7 tonnes/ha) et *Vigna unguiculata* (0,5 à 1 tonne/ha) en milieu paysan chez les producteurs (Coulibaly *et al.*, 2012a ; Coulibaly *et al.*, 2012b). Le potentiel de production de biomasse fourragère de qualité fait des BFA, une solution intéressante pour compléter en quantité et en qualité les ressources fourragères disponibles sur les exploitations. Mais cette production est saisonnière avec une production très élevée en saison des pluies, une production faible en saison sèche froide et une production très faible saison sèche chaude. Il serait envisageable dans ces conditions d'expérimenter des espèces plus résistantes à la sécheresse comme par exemple *Faidherbia albida*, une espèce locale reconnue pour garder les feuilles vertes en saison sèche. Une autre solution serait reporter en saison sèche par séchage et stockage le fourrage produit en saison des pluies. Mais cette dernière option requiert des moyens de stockage pour bien conserver la qualité du fourrage.

Mais pour que la BFA soient profitable à un grand nombre de producteurs, il faut qu'elle soit économiquement à la portée des producteurs et que le coût de production des fourrages des BFA soit inférieur ou égal aux autres types de fourrages et aliments disponibles localement. Notre estimation du coût de production d'un kg de MS de fourrage produit sur une BFA "faite maison" (56 FCFA.kg⁻¹) est en théorie compétitif avec les fourrages produits localement (50 FCFA.kg⁻¹) et plus économique que les aliments concentrés disponibles sur le marché local (150 à 250 FCFA.kg⁻¹). De plus ce coût pourrait être abaissé si les BFA sont bien entretenues

par les producteurs, car selon des études réalisées en Inde sur *Morus alba* (Dandin et Sengupta, 1988) et sur *Leucaena leucocephala* (Tewari *et al.*, 2004) et en Thaïland sur *Leucaena leucocephala* (Chotchutima *et al.*, 2013) la production des BFA pourrait doubler en année de croisière, ce qui réduirait le coût du kilogramme de BFA de moitié, soit à 28 FCFA.

Au regard des performances obtenues et du coût de production des BFA, on peut dire que la BFA constitue une innovation intéressante pour améliorer qualitativement et quantitativement le bilan fourrager des exploitations laitières et, cela de façon durable.

Dans cette étude nous n'avons pas pu étudier finement la consommation des fourrages de BFA par les vaches traites, parce que les périodes de coupes des fourrages n'étaient pas assez longues pour étudier ces paramètres. Les deux premières coupes d'exploitation ont été réalisées en une fois pour permettre aux plants d'être aptes à supporter les coupes quotidiennes pour les vaches traites et la troisième a coïncidé avec une période de faible production, ce qui ne nous a pas permis de distribuer des quantités de BFA raisonnables aux vaches traites et étudier leurs effets. L'utilisation des BFA dans l'alimentation des vaches s'est limitée à des tests d'appétibilité qui ont montré une adaptation rapide des vaches aux fourrages. Des études plus poussées sur la consommation de ce type de fourrages, et des évaluations de leur effet sur la production de lait et sur l'état corporel des vaches nous sembleraient être des perspectives de recherches utiles pour confirmer l'intérêt des BFA dans les systèmes de production de lait du Burkina Faso. Mais leur incorporation dans les rations doit être limitée à 30 ou 40% dans le cas de fourrages de légumineuses à forte teneurs de tanins et de mimosine comme *Leucaena leucocephala* (Soltatn *et al.* 2013).

N'étant pas en mesure d'effectuer des évaluations en vraie grandeur de la consommation des fourrages de BFA et des effets de l'introduction de ce type de fourrages dans les rations sur la production de lait et sur l'évolution de l'état corporel des vaches, nous avons opté pour une évaluation *ex-ante* en couplant la modélisation à l'expérimentation des BFA chez les paysans. Des auteurs comme Sempore *et al.* (2011) ont bien montré l'intérêt de coupler la modélisation aux expérimentations de terrain dans les démarches de co-conception afin de faciliter l'adoption des innovations par les acteurs. Pour réaliser cette évaluation *ex-ante*, nous avons conçu et testé Prodlait, qui est un simulateur relativement simple qui permet d'ajuster l'alimentation d'un lot de vaches traites pour atteindre un objectif de production fixé par l'éleveur tout en suivant l'évolution de leur poids vif dans la durée. Pour produire du lait régulièrement, un critère important pour l'éleveur est la fréquence des mises-bas des vaches. Or, de nombreuses études montrent qu'en Afrique les vaches ont des intervalles entre deux mise-bas de 2 ans ou plus, en rapport principalement à des problèmes de sous-alimentation (CIPEA, 1992 ; Ouédraogo,

1995). Pour se reproduire et produire du lait les vaches ont besoin d'être en permanence dans un état corporel suffisant. Prodlait permet de simuler au jour le jour l'évolution du poids vif de la vache durant la lactation et d'ajuster son alimentation en fonction des déficits ou des excédents habituellement constatés. Grâce à deux indicateurs de poids vif à 90 jours et 365 après la mise bas, l'utilisateur a la possibilité d'agir sur l'alimentation de la vache pour la mettre en condition de fécondation 90 jours après la mise-bas, et pour veiller à ce qu'au terme d'une année la vache ait bien récupéré son poids vif de forme. Meyer (2009) indique qu'une alimentation insuffisante est l'un des facteurs majeurs affectant la période post-partum chez les bovins tropicaux en inhibant les processus biologiques qui favorisent la survenue de l'œstrus après la mise-bas. Amadou-N'Diaye *et al.* (2001) rapportent également qu'un bon état d'embonpoint autour de la période de mise bas permet de réduire l'œstrus postpartum. Si l'on souhaite avoir des intervalles de vêlage proches d'un an, il faut donc que la vache soit en œstrus et dans un bon état corporel environ 90 jours après la mise-bas pour accepter le taureau et espérer une fécondation, d'où l'intérêt de suivre l'état corporel de la vache 90 jours après la mise-bas en le comparant à son poids de forme. A 365 jours après la mise-bas il est aussi intéressant de suivre l'état corporel de la vache en comparant son poids à son poids vif de forme pour vérifier que la vache a bien récupéré son état, ce qui est un gage de durabilité du système. Ainsi Prodlait, bien que peu sophistiqué sur le plan zootechnique, apporte un plus par rapport à des outils de simulations existants tels que Altrop (Delma *et al.*, 2016), Clifs (Le Gal *et al.*, 2013), Livsim (Rufino *et al.*, 2009) en prenant en compte l'évolution du poids vif des vaches au jour le jour en fonction des rations distribuées et du temps passé au pâturage. Il permet d'explorer des stratégies d'alimentation en fonction d'un objectif de production de lait choisi par le producteur en prenant en compte le bien-être de la vache, ce qui dans une perspective de transition agro-écologique est un élément intéressant. Mais Prodlait nécessiterait bien des améliorations en prenant en compte un référentiel zootechnique moins ancien, en effectuant des calculs des émissions de l'atelier de production de lait (gaz à effet de serre, fumure...) et des calculs économiques.

L'utilisation de Prodlait en interaction avec des producteurs a permis de les faire réagir sur la pertinence de scénarios d'introduction des BFA dans leurs systèmes fourragers. Dans un cas dans un objectif de compléter les rations des vaches en début de lactation pour améliorer la couverture des besoins des vaches et réduire les pertes de poids vif. Dans un autre cas dans un objectif de substitution des aliments concentrés par les BFA dans les rations à base d'aliments concentrés, ce qui permet de réduire les coûts de production sans compromettre le poids vif des vaches

L'utilisation du simulateur a favorisé leur réflexion sur certains aspects de leurs pratiques qui pourraient être améliorés, de prendre conscience de pratiques à faire évoluer.

Cependant le travail est loin d'être terminé car les BFA ont besoin d'être suivies et entretenues pour produire plus et pendant longtemps. Il faudra veiller à pratiquer des coupes rapprochées en saison des pluies sans compromettre l'intégrité des BFA, une distribution en fonction des besoins des vaches traites, et un bon séchage et conservation en sec le cas échéant.

Une première limite qu'il convient de notifier est la faible taille de l'échantillon de producteurs ayant participé à l'étude. D'abord au niveau du diagnostic, l'échantillon de producteurs enquêtés est faible mais nous pouvons le justifier par l'objectif que nous nous sommes assigné qui était de caractériser finement le système de production lait, les pratiques d'alimentation des vaches traites, la conduite de la reproduction et les performances techniques et économiques en matière de production de lait.

Sur les banques fourragères arbustives, le coût d'installation et la lourdeur du suivi agronomique mensuel des plants (mesures de la hauteur, du diamètre, de la longueur des branches) et des paramètres pédoclimatiques pendant 18 mois nous a imposé un échantillon limité pour bien conduire les expérimentations. Enfin l'échantillon de producteurs ayant participé à l'évaluation *ex-ante*, où nous avons privilégié des cas de producteurs bien contrastés qui envisageaient l'utilisation de la BFA dans deux perspectives bien différentes (dans une logique de substitution à des aliments bétail pour réduire les charges, ou en compléments des rations dans la première partie de la lactation et en début de saison sèche).

Une autre limite est la faible participation des producteurs. Malgré le dispositif mis en place pour les impliquer à travers un diagnostic pour étudier dans le détail leurs systèmes et leurs difficultés, des réunions fréquentes pour discuter des solutions à mettre en place et pour les ajuster ; des expérimentations réalisées chez eux nécessitant leur participation ; des cahiers des charges précisant les engagements réciproques des chercheurs et des producteurs ; une évaluation participative, on a eu l'impression qu'ils se sont assez peu appropriée le processus d'innovation qu'ils demandent. Ce qui est assez surprenant. En plus des BFA qui sont une technologie assez nouvelle pour la région, les producteurs continuent d'appréhender les cultures fourragères en général comme une activité nouvelle à laquelle il faut s'accommoder. La plupart des producteurs n'ose pas faire le premier pas dans l'expérimentation d'une nouvelle pratique. Ils préfèrent imiter des références au voisinage qui ont bien réussi leur expérimentation. Même si cette posture peut se justifier par les priorités et les contraintes de chaque producteur (sécurité alimentaire, problème foncier, manque de main d'œuvre etc.) elle explique le peu d'intérêt que les producteurs accordent au processus de co-construction qui demande du temps et de

l'énergie. Pourtant les solutions clés en main ne permettraient pas de prendre en compte la spécificité de chaque producteur à cause de la diversité des systèmes de production. Pour les impliquer davantage, il faut continuer de les sensibiliser, de les former et de les responsabiliser davantage en confiant par exemple l'animation des ateliers de co-construction à des producteurs ou à des responsables des services techniques locaux. Ce dispositif peut permettre de pérenniser les interactions entre les producteurs et les acteurs même après la fin des projets.

Une autre limite concerne le simulateur qui pourrait être amélioré car dans sa version actuelle, le référentiel zootechnique utilisé (système UF-MAD) est ancien et on ne se base que sur les UF pour calculer la couverture des besoins ; pour améliorer le calcul des rations alimentaires il faudrait passer au système des UFL et des PDI et prendre en compte à la fois PDI et UFL.

Et enfin un module économie serait un paramètre intéressant pour amener les producteurs à percevoir et évaluer la finalité de leur activité.

Aussi un module sur le niveau des émissions de fumure et des gaz à effet de serre pourrait être intéressant en complément du module économie, surtout dans une perspective agro-écologique.

CONCLUSION GENERALE

Pour traiter ce sujet de thèse sur la co-conception d'un système fourrager innovant dans les élevages laitiers de l'Ouest du Burkina Faso, nous nous étions fixés les objectifs suivants : i) diagnostiquer les pratiques de conduite d'élevage des producteurs de lait et évaluer la pertinence de l'introduction d'une BFA dans leur système fourrager, ii) expérimenter en milieu paysan, des banques fourragères arbustives (BFA) à haute densité et, iii) évaluer *ex-ante* l'effet de l'introduction d'une banque fourragère arbustive sur la production de lait à la ferme à l'aide d'un outil de simulation.

Au terme de cette thèse nous pouvons conclure que ces objectifs ont été globalement atteints. Nos hypothèses ont été en partie validées ; 1) les BFA sont une solution possible pour produire durablement du fourrage de qualité destiné à l'alimentation des vaches (H1), 2) Les BFA ont un bon potentiel et sont faisables dans les conditions pédoclimatiques de l'Ouest du Burkina pour augmenter l'autonomie fourragère des élevages laitiers (H2), 3) les BFA ont un impact théorique possible sur la production de lait et sur l'état corporel (poids vif) des vaches traites (H3).

Le diagnostic des systèmes de production a permis de faire ressortir entre autres le problème de pénurie de fourrage en saison sèche, le prix élevé des aliments concentrés qui sont à la base de la faible couverture des besoins nutritionnels des vaches en quantité et en qualité. Ce qui justifie l'opportunité des BFA, une ressource fourragère de qualité qui peut être utilisée en vert en période de pénurie, notamment en saison sèche et un ajustement de la conduite de l'alimentation des vaches pour augmenter la production de lait. L'implication des producteurs et des services techniques de l'élevage, de l'agriculture, de l'environnement, des laiteries, des chefs coutumiers et des collectivités décentralisées a permis de préciser la conduite générale pour introduire des BFA dans les systèmes de production actuels. L'expérimentation chez des producteurs volontaires, avec leur participation, a permis d'adapter l'itinéraire technique des BFA. Les résultats de la mise en place des BFA impliquant deux espèces d'arbres fourragères bien connues dans un dispositif à haute densité (20000 plants/ha) ont montré que cette technologie était faisable dans les conditions pédoclimatiques de l'Ouest du Burkina Faso, caractérisé par des sols pauvres, des conditions climatiques fluctuantes, la présence des termites ravageurs et la récurrence des feux de brousse. Ce résultat confirme donc notre hypothèse 1.

Les rendements des BFA au cours de la première année d'exploitation sont comparables à des rendements fourragers obtenus avec des cultures annuelles, et même légèrement supérieurs. De plus si l'on se base sur la bibliographie, il est raisonnable d'espérer qu'ils seront amenés à

croître avec l'âge de la BFA jusqu'à ce qu'elle atteigne la maturité. Cela montre que les BFA peuvent contribuer significativement à augmenter quantitativement et qualitativement les ressources alimentaires disponibles pour les vaches au niveau de l'exploitation. Ce qui confirme l'hypothèse 2. De plus, avec une BFA "faite maison", il est possible de faire de grosses économies d'installation, ce qui rendrait le fourrage issu d'une BFA très compétitif par rapport aux cultures fourragères annuelles.

L'évaluation en grandeur réelle des BFA n'ayant pu être réalisée, l'évaluation *ex-ante* des BFA à l'aide de Prodlait a montré qu'une utilisation raisonnée des BFA soit en complément au pâturage, aux résidus de cultures et aux aliments concentrés ou soit en substitution partielle aux concentrés pourrait permettre une amélioration des performances de production et de reproduction des vaches. Ce qui est en accord avec notre troisième hypothèse mais reste à prouver par une évaluation en vraie grandeur.

En somme, cette étude permet de confirmer la potentialité et la faisabilité d'une innovation qui n'a jamais été testée en milieu réel dans ce contexte, la banque fourragère arbustive (BFA) pour compléter l'alimentation des vaches laitières principalement en saison sèche mais également pendant les périodes de forte mobilisation de l'état corporel des vaches, avec un fourrage de qualité.

Recommandations

Pour pérenniser les BFA, il convient de :

- Travailler avec les services techniques de l'environnement et des eaux et forêts les services des ressources animales afin de faciliter l'accès des producteurs aux semences fourragères ;
- Accompagner les producteurs et les services techniques en charge du suivi des producteurs par des formations afin de promouvoir les BFA à grande échelle.

Perspectives

Plusieurs perspectives se profilent au regard des résultats obtenus dans ce travail sur les BFA :

- Editer une fiche technique bilingue (Français-Dioula) pour décrire le processus d'installation, d'exploitation et d'utilisation des BFA, les dispositions à prendre et diffuser les bonnes pratiques à mettre en œuvre pour réussir une BFA ;
- Poursuivre les recherches pour identifier d'autres variétés d'arbres fourragers potentiellement adaptées à la technologie des BFA, notamment des variétés locales ;

- Expérimenter d'autres types de protections plus accessibles en utilisant des espèces épineuses dans un dispositif de haie-vive très étanche ;
- Mettre en place des méthodes de lutte efficaces mais plus écologiques contre les ravageurs tels que les termites en utilisant des pesticides biologiques qui peuvent être fabriqués localement ;
- Etudier le rythme d'exploitation des BFA pour établir un rythme d'exploitation adapté aux BFA en fonction des conditions pédoclimatiques locales;
- Expérimenter en grandeur réelle l'effet des BFA sur amélioration des paramètres zootechniques des vaches, sur la qualité du lait produit, et sur l'efficacité globale de l'exploitation laitière ;
- Evaluation de l'impact environnemental des BFA.

Rapport-Gratuit.com

BIBLIOGRAPHIE

Achard E. et Chanono M., 2006. Exemple d'une gestion pastorale réussie au Sahel : la station d'élevage de Toukounous (Niger). *Sécheresse*, **17**(1-2) : 76-82.

Adakal H., Biguezoton A., Zoungrana S., Courtin F., De Clercq E.M., Madder M., 2013. Alarming spread of the Asian cattle tick *Rhipicephalus microplus* in West Africa another three countries are affected: Burkina Faso, Mali and Togo. *Exp. Appl. Acarol.*, **61** (3) : 383-386.

Adamou-N'Diaye M., Gbangboché A.B., Daouda I., 2003. Effet du système de production sur l'âge au premier vêlage chez la vache Borgou au Bénin. Etude rétrospective. *Tropicultura*, **21** (2) : 51-55.

Adamou-N'Diaye M., Ogodja O. J., Adjovi A., Gbangboche A. B., Hanzen C. H., 2001. Intervalle entre vêlages chez la vache Borgou au Benin. *Annales Méd. Vét.*, **145** : 130-136.

Agabriel C., Coulon Jb., Sibra C., Journal C., Hauwuy A., 1997. Facteurs de variation de la numération cellulaire du lait en exploitation. INRA/EDP Sciences. *Annales de zootechnie*, **46** (1) :13-19.

Agabriel J. (coord). 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoin des animaux- Valeurs des aliments. Tables Inra 2007, mise à jour 2010. Éditions Quæ c/o Inra, Versailles, 315 p.

Agabriel J (coord). 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoin des animaux- Valeurs des aliments. Tables INRA 2007. Editions Quæ, Versailles, 312 p.

Agricultures et territoires, 2012. Systèmes fourragers performants. Lettre fourrage N° 3, 6 p.

Alary V., Duteurtre G., Faye B., 2011. Élevages et sociétés : les rôles multiples de l'élevage dans les pays tropicaux. *INRA Prod. Anim.*, **24** (1) : 145-156.

AlaryV., Chalimbaud J., Faye B., 2007. Multiple determinants of milk production in Africa: the example of the diversity of dairy farming systems in the Mbarara area (Uganda). *Africa Development*, **32** (2) : 156–180.

Alkoiret T.I., Gbangboche A.B., 2005. Fécondité de la vache Lagunaire au Bénin : Age au premier vêlage et intervalle entre vêlages. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **58** (1-2) : 61-68.

Alliance for a Green Revolution in Africa, 2014. Africa Agriculture Status Report: Climate Change and Smallholder Agriculture in Sub Saharan Africa. Nairobi, Kenya, 218 p.

Ancey V. 1998. La hausse des prix de bétail et l'économie de l'élevage au Burkina Faso, Paris, France, Club du Sahel, 37 p.

Annen E.L., Collier R.J., McGuire M.A., Vicini J.L., Ballam J.M., Lormore M.J. 2004. Effect of modified dry period lengths and bovine somatotropin on yield and composition of milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87 : 3746–3761.

Attonaty J.M. 1980. « Qu'est-ce que le système fourrager ? », Perspectives agricoles spécial système fourrager, janvier, pp : 20-27.

Awa D.N., Njoya A., Mopaté Y.L., Ndomadji J.A., Onana J., Awa A.A., Ngo Tama A.C., Djoumessi M., Dika Loko B., Béchir A.B., Delafosse A., Maho A., 2004. Contraintes, opportunités et évolution des systèmes d'élevage en zone semi-aride des savanes d'Afrique centrale. *Cahiers Agricultures*, 13(4) :331-340.

Ba A., 2011. *Exploitation du cheptel bovin dans la zone cotonnière au Mali-Sud. Thèse de doctorat unique.* Ecole Nationale Supérieure d'agronomie SupAgro Montpellier, CIRAD, IER, 170 p.

Bachelier G., 1973. Faune des sols et termites. In : Les sols ferrallitiques, T. IV. Initiations et Documents Techniques, n° 21, O.R.S.T.O.M. Paris, 107-142.

Badinand F., 1983. Relation fertilité - niveau de production – alimentation. Bulletin de Technologie. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 53 : 73-77.

Badolo H., 2009. Monographie de la région des Hauts Bassins. Ministère de l'Economie et des Finances, Ouagadougou, (Burkina Faso), 154 p.

Bagré T.S., Samandoulougou S., Traoré M., Illy D., Bsadjo-Tchamba G., Bawa-Ibrahim H., Bouda S.C., Traoré A.S., Barro N., 2015. Détection biologique des résidus d'antibiotiques dans le lait et produits laitiers de vache consommés à Ouagadougou, Burkina Faso. *J. Appl. Biosci*, 87 :8105–8112.

Bationo B.A., Kalinganire A., Bayala J., 2012. Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi-arides de l'Afrique de l'Ouest: aperçu de quelques systèmes candidats. ICRAF. Technical Manual, No 17. Nairobi: World Agroforestry Centre, 50 p.

Bayala I., 2006. Synthèse du suivi zootechnique et sanitaire des élevages laitiers du périurbain de Bobo-Dioulasso (Zone Ouest du Burkina). Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide (CIRDES). Rapport d'activité Programme

Concerté de Recherche-Développement sur l'Elevage en Afrique de l'Ouest (PROCORDEL),
Unité de Recherche sur les productions animales (URPAN), 57 p.

Bayala J., Dianda M., Wilson J., Ouedraogo S.J., Sanon K., 2009. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. *New Forests*, **38** (3). 309-322.

Bayala J., Kalinganire A., Tchoundjeu Z., Sinclair F., Garrity D., 2011. Conservation agriculture with trees in the West African Sahel – a review. ICRAF Occasional Paper No. 14. Nairobi: World Agroforestry Centre, 72 p.

Bayala J., Ky-Dembele C., Kalinganire A., Olivier A., Nantoumé H., 2014. A review of pasture and fodder production and productivity for small ruminants in the Sahel. ICRAF Occasional Paper No. 21. Nairobi: World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya, 85p.

Benavides I., 1995. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agrofor. Am.* **2**(7) : 27-30

Bengaly K., Meurs C.B.H., Berckmoes W.M.L., 1993. La productivité des bovins et des ovins dans les exploitations agricoles de Fonsébougou. DRSPR/Sikasso, Mali, 48p.

Bernoux M.C., Chenu E., Blanchart A., Eglin T., Bispo M., Bardy, King D., 2011. Le programme GESSOL 2: Impact des pratiques agricoles sur les matières organiques et les fonctions des sols. *Etud. Gestion Sols*, **18**(3) : 137-145.

Blanchard M., Vayssieres J., Dugué P., Vall E., 2013. Local technical knowledge and efficiency of organic fertilizer production in South Mali: diversity of practices. *Agroecol. Sustain. Food Syst.*, **37** : 672-699.

Bonfo B., Fané A., Steinmann P., Hetzel M., Traoré A.N., Simbé C.F., Alfaroukh I.O., Nicolet J., Akakpo J.A., Farah Z., Zinsstag J., 2003. Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus au Mali et leurs implications en santé publique. Etudes et recherches sahéliennes, N°8-9 janvier- juin, pp : 19-27.

Bosma R H., Bengaly M., Defoer T., 1993. “Pour un système de production durable : plus de bétail. Le rôle des ruminants au Mali-Sud, dans le maintien du taux de matière organique dans les sols”. In : Powell J.M., Fernandez-Rivera S., Williams T.O., Renard C., Livestock and sustainable nutrients cycling in mixed farming system of Sub-Saharan Africa. vol. II. Actes de conférence, 22-26 novembre. ILCA, Addis Ababa, 568 p.

- Botoni/Liehoun E., Daget P., César J., 2006.** Activities of pasture, biodiversity and pastoral vegetation in the Western zone of Burkina Faso [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **59** (1-4) : 31-38.
- Bourzebda Z., Bourzebda F., Guellati M.A., Grai F., 2006.** Evaluation des paramètres de la gestion de la reproduction dans un élevage bovin du nord est algérien. *Sciences & Technologie*, **24** : 13-16.
- Bouwman A.F., Lee D.S., Asman W.A.H., Dentener F.J., van der Hoek K.W., Olivier J.G.J., 1997.** A global high-resolution emission inventory for ammonia. *Global Biogeochemical Cycles*, **11** : 561-87.
- Brisson J., Lefebvre D., Gosselin B., Petit H., Evans E., 2003.** Nutrition, alimentation et reproduction. Symposium sur les bovins laitiers. CRAAQ, Québec, 66 p.
- Brunschwig P., 2013.** Les bonnes pratiques d'alimentation minérale pour les vaches en lactation. Institut de l'Élevage, Collection l'Essentiel, Paris, 6 p.
- Caillaut S., 2011.** *Le feu, la brousse et la savane. Modélisation spatiale de la dynamique des paysages soudaniens (Burkina Faso)*. Thèse de doctorat, Université de Caen Basse Normandie, France, 377 p.
- César J., Ehouinsou M., Gouro A., 2004.** Production fourragère en zone tropicale et conseils aux éleveurs. PROCORDEL, CIRDES-INRAB-CIRAD, 48 p.
- Charron G., 1986.** Les productions laitières : les bases de la production. Ed. Lavoisier (Paris), 347 p.
- Chave J. Rejou-Mechain M., Burquez A., Chidumayo E., Colgan M.S., Delitti W.B.C., Duque A., Eid T., Fearnside P.M., Goodman R.C., Henry M., Martinez – Rizar A., Mugasha W.A., Muller-Landau H.C., Mencuccini M., Nelson B.W., Ngomanda A., Nogueira E.M., Ortiz-Malavassi E., Pelissier R., Ploton P., Ryan C.M., Aldarriaga J.G., Vieilledent G., 2015.** Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biol.*, **20**, 3177–3190.
- Chotchutima S., Kangvansaichol K., Tudsri S., Sripichitt P., 2013.** Effect of Spacing on Growth, Biomass Yield and Quality of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) for Renewable Energy in Thailand *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, **3** : 48-56.
- CIPEA (Centre international pour l'élevage en Afrique), 1992.** Rapport annuel et synthèse des programmes (Le CIPEA en 1991) CIPEA, Addis-Abeba (Ethiopie), 106 p.

CIPEA, 1984. Bulletin du CIPEA N°20, 44 p.

Corniaux C. et Duteurtre G., 2014. Les minilaiteries dans le paysage laitier Ouest africain. In Corniaux, Duteurtre, Broutin, 2014: Filières laitières et développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest. Paris: Éditions Karthala, 242 p.

Corniaux C., Bonfoh B., Diallo A., Pocard-Chapuis R., Vias G., 2007. Collection and distribution network of milk in African Sudano-Sahelian cities [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **60** (1-4) : 21-28.

Corniaux C., Duteurtre G., Broutin C. 2014. Filières laitières et développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest - L'essor des minilaiteries. Karthala, 252 p.

Corniaux C., Vatin F., Ancy V., 2012. Lait en poudre importé versus production locale en Afrique de l'Ouest : vers un nouveau modèle industriel ? *Cah. Agric.*, **20** : 18-24.

Coulibaly D., 2008. *Changements socio-techniques dans les systèmes de production laitière et commercialisation du lait en zone péri-urbaine de Sikasso, Mali.* Thèse de doctorat, AgroParisTech, Paris, France, 399 p.

Coulibaly D., Ba A., Dembele B., Sissoko F., 2017. Développement des systèmes de production innovants d'association maïs/légumineuses dans la zone subhumide du Mali. *Agron. Afr.*, **29**(1) : 1-10.

Coulibaly D., Moulin C.H., Pocard-Chappuis R., Morin G., Sidibé S.I., Corniaux C., 2007. Evolution of feeding strategies of livestock farming in the milk supply basin of the town of Sikasso in Mali [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **60** (1-4) : 103-111.

Coulibaly K. 2012. *Analyse des facteurs de variabilité des performances agronomiques et économiques des cultures et de l'évolution de la fertilité des sols dans les systèmes cultureux intégrant les légumineuses en milieu soudanien du Burkina Faso : approche expérimentale chez et par les paysans.* Thèse de doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo- Dioulasso, Burkina Faso., 139 p.

Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Nacro H.B., Sedogo M.P., 2012. Premiers résultats sur l'intensification écologique et démarche participative en zone cotonnière à l'ouest du Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, **24** (2) : 129–141.

Coulibaly K., Vall E., Autfray P., Bacye B., Somda I., Nacro H.B., Sedogo M.P., 2012. Co-conception d'itinéraires techniques de culture pure du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) et du

mucuna (*Mucuna deeringiana* [Bort], Merrill) dans la zone cotonnière ouest du Burkina Faso : intérêts et limites. *J. Agric. Environ. Int. Dev.*, **106** (2) : 139-155.

Coulon J. B. et Remond B., 1991. Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. *INRA Prod. Anim.*, **4**(1) : 49-56.

Coulon J.B., Chilliard Y., Rémond B., 1991. Effets du stade physiologique et de la saison sur la composition chimique du lait de vache et ses caractéristiques technologiques (aptitude à la coagulation, lipolyse). *INRA Pro. Anim.*, **4**(3) : 219-228.

Coulon J.B., Landais E., Garel J.P., 1990. Alimentation, pathologie et productivité de la vache laitière : interrelations à l'échelle de la carrière. *Ann. Rech. Vét.*, **21** : 33-47.

Coulon J.B., Roybin D., Cristofini B., 1990. Production laitière et fonctionnement des exploitations : facteurs de variations dans les exploitations du Pays de Thônes (Haute-Savoie). *INRA Prod. Anim.*, **3** (4) : 287-298.

Courtet Leymarios F., 2009. Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation. Thèse de doctorat vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, 113 p.

Courtin F., Rayaissé J.B. Tamboura I., Serdébéogo O., Koudougou Z., Solano P. Sidibé I, 2010. Updating the Northern Tsetse Limit in Burkina Faso (1949–2009). Impact of Global Change. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **7** : 1708-1719

Cuvelier C., Dufrasne I., 2015. L'alimentation de la vache laitière : Aliments, calculs de rations, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle. Université de Liège, 105p.

Croisier M., Croisier Y., 2014. Alimentation animale : conduite de l'alimentation des vaches laitières. Editions Educagri, Dijon, 121 p.

Cuvelier, Hornick, Beckers, Froidmont, Knapp, Istasse, Dufsane. 2015. L'alimentation de la vache laitière Physiologie et Besoins, Centre Wallon de Recherches Agronomiques, Université de Liège, pp : 26-28.

Davidson S., 1987. Adopting Leucaena - achievement and a new problem. *Rural Res.* **134** : 22-27.

- Delgado C.L., Rosegrant M.W., Meijer S., 2001.** Livestock to 2020: The revolution continues. Communication présentée à la Réunion annuelle de l'International Agricultural Trade Research Consortium (IATRC), Auckland, New Zealand, 39 p.
- Delma B.J., Bougouma-Yameogo V., Nacro H.B., Vall E., 2016a** Fragilité des projets d'élevage familiaux dans les exploitations de polyculture-élevage au Burkina Faso. *Cah. Agric.*, **25**, 35005.
- Delma B.J., Bougouma-Yameogo V., Nacro H.B., Vall E., 2016b.** Altrop, un calculateur des rations des bovins pour l'accompagnement des projets d'élevage familiaux. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10** (3) : 966-982.
- Denis J.P, Thiongane A.I., 1973.** Caractéristiques de la reproduction chez le zébu, étudiées au centre de recherches zootechniques de Dabra. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **26**: 49-60.
- Delteil L., Brechet C., Fournier E., Leborgne M-C., 2015.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage Tome 1. Edition Educagri 3^e Eds, 287 p.
- Diarisso T., Corbeels M., Andrieu N., Djamen P., Douzet J-M., Tittonell P., 2015.** Soil variability and crop yield gaps in two village landscapes of Burkina Faso. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **105** : 199–216.
- Diop A.T., Ickowicz A., Diène M., Nzimulinda J.C., 2009.** Production laitière dans la zone sylvopastorale du Sénégal : étude des facteurs de variation et modes de gestion par les populations locales. *Rev. Élev. Méd. vét. Pays trop.*, **62** (1) : 39-47.
- Dugue P., Vall E., Lecomte P., Klein H.D., Rollin D., 2004.** Evolution des relations entre l'agriculture et l'élevage dans les savanes d'Afrique de l'ouest et du centre : un nouveau cadre d'analyse pour améliorer les modes d'intervention et favoriser les processus d'innovation. *OCL*, **11** (4-5) : 268-276.
- Durand J.L., 2007.** Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques. *Fourrages*, **190** : 181-195.
- Duru, M., Nocquet J., Bourgeois A., 1988.** Le système fourrager : un concept opératoire. Exposé présenté aux Journées A.F.P.F., 251-272.
- Duteurtre G., 1998.** *Compétitivité prix et hors-prix sur le marché des produits laitiers d'Addis-Abeba (Ethiopie): la production fermière face à ses nouveaux concurrents, Thèse de doctorat en agroéconomie*, Ecole Nationale Supérieur Agronomique de Montpellier, CIRAD, Montpellier, 361 p.

Duteurtre G., 2007. Trade and development of the dairy breeding in West Africa: a synthesis [in French]. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **60** (1-4) : 209-223.

Duteurtre G. et Corniaux C., 2013. Étude relative à la formulation du programme d'actions détaillé de développement de la filière lait en zone UEMOA. Rapport UEMOA-CIRAD, 75 p.

FAO, 2014. Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'ouest. Bureau régional pour l'Afrique, Accra, 49 p.

FAO, FIDA et PAM., 2015. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2015. Objectifs internationaux 2015 de réduction de la faim : des progrès inégaux. Rome, FAO, 66 p.

Faure G. et Kleene P., 2004. Lessons from New Experiences in Extension in West Africa: Management Advice for Family Farms and farmers' governance. *J. Agri. Educ. Ext.*, **10** (1) : 37-49.

Faverdin P., Delaby L., Delagarde R., 2007. L'ingestion d'aliments par les vaches laitières et sa prévision au cours de la lactation. *INRA Prod. Anim.*, **20** (2) : 151-162.

Faye B., 2001. Le rôle de l'élevage dans la lutte contre la pauvreté. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, **54** : 231-238.

Feller C., 1995. La matière organique du sol : un indicateur de la fertilité. Application aux zones sahéenne et soudanienne. *Agric. Dev.*, **8** : 35-41.

Fontès J. et Guinko S., 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative du ministère de la Coopération française. Toulouse : ministère de la Coopération française, Toulouse, 68 p.

Franzel S., Carsan S., Lukuyu B., Sinja J., Wambugu C., 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. *Cur. Opin. Environ. Sustain.*, **6** : 98-103.

Friggens N.C., Disenhaus C., Petit H.V. 2010. Nutritional sub-fertility in the dairy cow: towards improved reproductive management through a better biological understanding. *Animal*, **4**(7) : 1197-1213.

Gagara M.H., 2005. Performances de reproduction des produits des croisements des races locales avec les races européennes. Mémoire de fin de cycle TSES, ENESA. 68 p.

Gnanda I.B., Bougouma-Yameogo V.M.C., Wereme/N'diaye A., Ouedraogo T., Kabore A., Lodoun B., Sinon B., 2015. L'embouche bovine dans les élevages du Plateau Central du

Burkina Faso : Résultats économiques d'une démarche de validation d'un référentiel technico-économique sur la spéculation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(6) : 2648-2662.

González-García E., Cáceres O., Archimède H., Santana H., 2009. Nutritive value of edible forage from two *Leucaena leucocephala* cultivars with different growth habits and morphology. *Agrofor. Syst.*, **77** : 131–141.

González-García E. et Martín-Martín G., 2016. Biomass yield and nutrient content of a tropical mulberry forage bank: effects of season, harvest frequency and fertilization rate. *Grass and Forage Sci.*, **72**(2) : 248-260.

Grubben G.J.H., 2004. Légumes : Ressources végétales de Afriques tropicales 2. Fondation Prota/ Backhuys Publishers/CTA wageningen, Pays-Bas, 737 p.

Gueye N., 1987. *Rôle des termites dans des plantations forestières du Cap-vert (mbao, Sénégal)*. Thèse de doctorat : Université Paris 6, 159 p.

Guha A., Rasineni G., Reddy A., 2010. Drought tolerance in mulberry (*Morus spp.*): a physiological approach with insights into growth dynamics and leaf yield production. *Exp. Agric.*, **46**(4) : 471-488.

Hamadou S. et Sanon Y., 2005. Synthèse bibliographique sur les filières laitières au Burkina-Faso. Dakar: Réseau de recherche et d'échanges sur les politiques laitières, Document de travail N°3. 53 p.

Hamadou S., Kamuanga M., Abdoulaye A.T., Lowenberg-Deboer J., 2005. Facteurs affectant l'adoption des cultures fourragères dans les élevages laitiers périurbains de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Tropicultura*, **23** (1) : 29-35.

Hamadou S., Marichatou H., Kamuanga M., Kanwé A. B., Sidibé A. G., 2003. Diagnostic des élevages laitiers périurbains : Typologie des exploitations de la périphérie de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *J. Agric. Environ. Int. Dev.*, **97** : 69-92.

Hamadou S., Tou Z., Toe P., 2008. Le lait, produit de diversification en zone périurbaine à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Cah. Agric.*, **17**(5) : 473-478.

Han S.H. et Ndiaye A.B., 1996. Dégâts causés par les termites (*Isoptera*) sur les arbres fruitiers dans la région de Dakar (Sénégal). *Actes Collect. Insectes Soc.*, **10** :111-117.

- Hanzen C., Rao A.-S., Theron L., 2013.** Gestion de la reproduction dans les troupeaux bovins laitiers. E. I. S. M. V. de Dakar. *Rev. Afr. Sante Prod. Anim.*, **11**(5) : 91-105.
- Hatfield R. et Davies J., 2006.** Global review of the economics of pastoralism. Nairobi, International union for conservation of nature (IUCN), 47 p.
- Herrero M., Thornton P.K., Notenbaert A.M., Wood S., Msangi S., Freeman H.A., Bossio D., Dixon J., Peters M., van de Steeg J., Lynam J., Parthasarathy Rao P., Macmillan S., Gerard B., McDermott J., Seré C., Rosegrant M., 2010.** Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, **327**(5967) : 822-825.
- Hiernaux P., Adamou K., Zezza A., Ayantunde A.A., Federighi G., 2016.** Milk offtake of cows in smallholder farms of semiarid Sahel: low yields with high value! *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, **69** (4) : 143-153.
- Hostiou N. et Dedieu B., 2009.** Diversity of forage system work and adoption of intensive techniques in dairy cattle farms of Amazonia. *Agronomy for Sustainable Development*, **29** : 535-544.
- IEPC, 2001.** Initiative élevage pauvreté et croissance. Rapport principal : proposition pour un document national, Burkina Faso, 142 p.
- INRA., 2007.** INRAtion-Version professionnelle intégrale. 4.0 ed. Educagri éditions :Theix.
- INSD, 2016.** Annuaire statistique 2015 de la région des Hauts Bassins. 233 p.
- Ivory D.A., 1989.** Major characteristic, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. In: Shrubs and Tree Fodders for Farming Animals. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia, 24-29 July 1989, IDRC, Ottawa, Canada, pp : 22-38.
- Jarrige R. Éd., 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, 476 p.
- Jones R.M et Jones R.J., 1984.** The effect of *Leucaena leucocephala* on liveweight gains, thyroid size and thyroxine levels of steers in south-eastern Queensland. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.*, **24** : 4-9.
- Jouquet P., Chaudhary E., Kumar A.R.V., 2018.** Sustainable use of termite activity in agro-ecosystems with reference to earthworms. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, **38**(1) : 3.
- Kaasschieter G.A., Coulibaly Y., Kané M., 1994.** Supplémentation de la paille de mil (*Pennisetum thyphoides*) avec le tourteau de coton : effets sur l'ingestion, la digestibilité et la sélection. Rapports du projet Production Soudano-Sahélienne (PSS) N°4, Wageningen, 17 p.

Kagoné H., 2004. Etat des lieux de la transhumance dans la zone d'influence du fleuve Niger. Rapport de synthèse, 24 p.

Kalandi M., Sow A., Guigma W.V.H., Zabre M. Z., Bathily A., Sawadogo G. J., 2015. Evaluation de la qualité nutritionnelle du lait cru dans les élevages traditionnels de Kaolack au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(2) : 901-909.

Kassa K.S., Ahouhou S., Dayo G.K., Salifou C., Issifou M.T., Dotché I., Gandonou P.S., Yapi-Gnaoré V., Koutinhouin B., Mensah G.A., Abdou Karim Youssao I., 2016. Performances de production laitière des races bovines de l'Afrique de l'Ouest. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **10**(5) : 2316-2330

Kationo D.E.K., 2012. Production et valorisation du fourrage de *Mucuna* dans l'alimentation des ruminants domestiques. Mémoire de fin d'étude. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 53 p.

Klein H.D., Grimaud P., 1998. L'amélioration des ressources fourragères en Afrique subsaharienne subhumide. In Cultures fourragères et développement durable en zone subhumide, actes de l'atelier régional de Korhogo, 26 au 29 mai, 1997, CIRDES/IDESSA/CIRAD-EMVT, pp : 23-29.

Klein H.-D., Rippstein G., Huguenin J., Toutain B., Guerin H., Louppe D., 2014. Les cultures fourragères. Quae, Versailles, France, 267 p.

Koutou M., Sangaré M., Havard M., Vall E., Sanogo L., Thombiano T., Vodouhe D.S., 2017. Adaptation des pratiques d'élevage des producteurs de l'Ouest du Burkina Faso face aux contraintes foncières et sanitaires. *Agronomie Africaine*, **28** (2) : 13-24.

Landais E., 1992. Les trois pôles des systèmes d'élevage. *Cahiers Recherches Développement*, **32** (2) : 3-5.

Lapierre H., Ouellet D., Fournier A., Pellerin D., 2014. Comment maximiser l'utilisation de l'azote des vaches laitières : répercussions environnementales et monétaires ? 38e symposium sur les bovins laitiers : choix d'aujourd'hui pour les défis de demain. Centre BMO, Saint-Hyacinthe, 5 novembre 2014, CRAAQ, pp : 35-53.

Le Gal P.Y., Andrieu N., Cialdella N., Dugué P., Penot E., Moulin C.H., Monteil C., Douhard F., Ryschawy J., 2013. Accompagner les exploitations de polyculture élevage dans leurs projets d'évolution : la démarche CLIFS. Séminaire ACTA-INRA. Les systèmes de

polyculture – élevage dans les territoires. Les systèmes de polyculture – élevage dans les territoires. Toulouse, 4 et 5 juin 2013, pp :23-24.

Le Houérou H.N., 1980. Les fourrages ligneux en Afrique état actuel des connaissances. Papiers présentés au Colloque sur les Fourrages Ligneux en Afrique, Addis-Abeba, 8-12 Avril, 1980, et autres contributions, 492 p.

Lemaitre G., 1970. Session Beaurepaire : le système fourrager, E.D.E. Maine et Loire, 8 p.

Lhoste P., Havard M., Vall E. 2010. La traction animale. Agricultures tropicales en poche, Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux : Versailles, 223 p.

Lhoste P., Soltner D., Dolle V., Rousseau J., 1993. Zootechnie des régions chaudes: Les systèmes d'élevage, collection manuel et précis d'élevage. CIRAD, 288 p.

Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z., Ouandaogo N., 2009. Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de paille de maïs. *Tropicultura*, **27**(2) : 105-109.

Martín G.J.; Pentón G.; Noda Y., Contino Y.; Díaz M.; Ojeda F., Iménez F.A. López O., Agramonte D., Milera M., Prieto M., 2014. Comportamiento de la morera (*Morus alba* L.) y su impacto en la producción animal y la crianza de gusanos de seda en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, **48**(1) :73-78.

Martín-Martín G.J., Noda L.Y., Olivera C.Y., Pentón F.G., 2016. Uso de estimuladores en la supervivencia y desarrollo foliar de propágulos de *Morus alba*. Use of stimulators in the survival and leaf development of *Morus alba* propagules. *Pastos y Forrajes*, **39**(1) :14-18.

Masselin S., Sauvant D., Chapoutot P., Milan D., 1987. Les modèles d'ajustement des courbes de lactation. *Ann. Zootech*, **36** :171-206.

Metzger R., Centres J. M., Laurent T., Lambert J.C., 1995. L'approvisionnement de villes africaines en lait et produits laitier. FAO, Rome, Italie, 84 p.

Meyer C. et Denis J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Editions QUAE, 314 p.

Meyer C., 2009. Influence de l'alimentation sur la reproduction des bovins domestiques. Document de travail. CIRAD, 52 p.

Meynard J.-M. et Dourmad J.-Y., 2014. L'innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. *INRA Prod. Anim.*, **27** (2) : 77-88.

- Milleville P., Combes J, Marchal J., 1982.** Systèmes d'élevage de l'Oudalan. Étude de cas. ORSTOM Ouagadougou, 129 p.
- Moussa Garba M., 2016.** *Application de l'échographie à l'étude de la dynamique folliculaire lors de l'œstrus induit chez la vache Azawak au Niger.* Thèse de doctorat, Université de Liège, 147 p.
- MRA (Ministère des Ressources Animales), 2008.** Les statistiques du secteur de l'élevage au Burkina Faso. Rapport annuel d'activités, 124 p.
- MRA (Ministère des Ressources Animales), 2012.** Rapport annuel d'activités (Année 2011). Ministère des Ressources Animales, 37 p.
- Mugerwa S., 2015.** Infestation of African savanna ecosystems by subterranean termites. *Ecol. Complex*, **21** : 70–77.
- Mullen B.F., Shelton H.M., Gutteridge R.C., Basford K.E., 2003.** Agronomic evaluation of *Leucaena*. Part 1. Adaptation to environmental challenges in multi environment trials. *Agrofor. Syst.*, **58** : 77–92.
- Mulumba J.B.K., Somda J., Sanon Y., Kagoné H., 2008.** Elevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest. Potentialités et défis. CSAO/OCDE/CEDEAO, 163 p.
- Murgueitio E., Barahona R., Chará J.D., Flores M.X., Mauricio R.M., Molina J.J., 2015.** The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. *Cuban J. Agric. Sci.*, **49**(4) : 541-554.
- National Research Council. 2001.** Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Rev. Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C, 401 p.
- Ndiaye A.B., 1998.** *Contribution à l'étude des termites ravageurs d'arbres fruitiers au Sénégal : inventaire systématique, études écologiques et dégâts.* Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, 113 p.
- Ndiaye O. et Sanwidi M., 2011.** Sécurité alimentaires et organisations intermédiaires : évaluation et identification des besoins de renforcement des capacités des organisations paysannes dans six pays de l'UEMOA et de la CEDEAO. Rapport pays : Burkina Faso, Collectifs Stratégies Alimentaires, Projet WAF/6349. 54 p.

- Nianogo A.J., Sanfo R, Kondombo S.D. Neya S.B., 1996.** Le point sur les ressources génétiques en matière d'élevage au Burkina Faso. *Animal Genetic Resources Information* (AGRI), FAO/UNEP, 13-31.
- Noda Y. et Martín G., 2008.** Efecto de la densidad de siembra en el establecimiento de morera para su inclusión en sistemas ganaderos. *Zootecnia Trop.* **26**(3) :339-341
- Orasmaa T., 2017.** Fostering locality in global value chains: Potential of small-scale milk processors to increase local milk sourcing, create employment and reduce milk powder imports in Burkina Faso. Master thesis, University of Copenhagen, 92 p.
- Ouédraogo I.S., 1995.** Étude sur la production laitière en zone périurbaine de Ouagadougou. Mémoire d'ingénieur du développement rural, Université de Ouagadougou/IDR, 92 p.
- Ouédraogo J., Nacro H.B., Ouédraogo E., Youl S., Sedogo M.P., 2015.** Amélioration de la disponibilité du phosphore par la gestion de la macrofaune du sol: cas d'un lixisol en zone semi-aride du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **8**(4) :1838-1846.
- Pagabeleguem S., Sangaré M., Bengaly Z., Akoudjin M., Belem A.M.G., Bouyer J., 2012.** Climate, Cattle Rearing Systems and African Animal Trypanosomosis Risk in Burkina Faso. *PLoS ONE*, **7**(11) : e49762.
- Paterson R.T., Samur C., Sauma G., 1982.** *Leucaena leucocephala* para la complementación de pastos existentes. Producción. *Animal Tropical*, **7** : 9-14.
- Pentón G., Martín G., Pérez A., Noda Y., 2007.** Comportamiento morfoagronómico de variedades de morera (*Morus alba L.*) durante el establecimiento. Morphoagronomic performance of mulberry (*Morus alba L.*) varieties during the establishment. *Pastos y Forrajes*, **30**(3) : 315-325.
- Place F., Roothaert R., Maina L., Franzel S., Sinja J., Wanjiku J., 2009.** The impact of fodder trees on milk production and income among smallholder dairy farmers in East Africa and the role of research. ICRAF Occasional Paper No. 12. Nairobi: World Agroforestry Centre, 55 p.
- Pradère J. P., 2007.** Performances et contraintes de l'élevage au Mali. Projet d'appui à l'agriculture africaine : Amélioration des politiques agricoles dans les pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre, FIDA, la France, OCDE et Hub Rural de Dakar – Version provisoire, 73 p.
- Pradère J.-P., 2014.** Améliorer la santé animale et la productivité de l'élevage pour réduire la pauvreté. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, **33** (3) : 723-734.

- Prasad J.V.N.S., Korwar G.R., Rao K.V., Mandal U.K., Rao G.R., Venkateswarlu B., Rao S.N., Kulkarni H.D., Srinivas I., 2011.** Optimum stand density of *Leucaena leucocephala* for wood production in Andhra Pradesh, Southern India. *Biomass bioenergy*, **35** : 227-235.
- Prost L., 2008.** Modéliser en agronomie et concevoir des outils en interaction avec des futurs utilisateurs : le cas de la modélisation des interactions génotype-environnement et de l’outil Diagvar. Paris, France, AgroParisTech, 348 p.
- Quin J., He N., Wang Y., Xiang Z., 2012.** Ecological Issues of Mulberry and Sustainable Development. *J. Resour. Ecol.* **3** (4) : 330-339.
- Ramaherijoana P., 1987.** Performances de production laitière des vaches demi sang Frison-zébu au centre de recherche zootechnique et fourragère de Kianjsoa. Mémoire de fin d’étude d’ESSA, élevage, Antananarivo, Université de Madagascar, 95 p.
- Reiche A., Delaby L., Colette S., Gallard Y., 2015.** « Quelle vache laitière pour quel système ? – Influence du type de vaches et du niveau des apports nutritifs sur les performances des vaches laitières – Cas particulier des primipares », Mémoire de fin d’études, AgroCampus Ouest et INRA de Rennes, 20 p.
- Rémond B. et Bonnefoy J.C., 1997.** Performance of a herd of Holstein cows managed without the dry period. *Annale de Zootechnie.*, **46** : 3-12.
- Rivière R., 1991.** Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Collection Manuels et précis d'élevage. Paris : La Documentation Française. Collection Manuels et précis d'Eleavage, 529 p.
- Robinson T.P., Thornton P.K., Franceschini G., Kruska R.L., Chiozza F., Notenbaert A., Cecchi G., Herrero M., Epprecht M., Fritz S., You L., Conchedda G., See L., 2011.** Global livestock production systems. FAO, ILRI, Rome, Italy, 152 p.
- Roger F., Thonnat J., Hendriks P., Domenech J., 2004.** Les systèmes de suivi et de surveillance des maladies et le rôle des acteurs de santé animale publics et privés : l’expérience de l’Afrique. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, **23** (1) : 137-145.
- Roy-Nöel J., 1974.** Recherche sur l’écologie des Isoptères de la presqu’île du Cap-Vert (Sénégal). I°- Introduction et milieu. *Bull. IFAN*, **36**, (3) : 527-609.
- Rufino M. C., Herrero M., Van Wijk M. T., Hemerink L., de Ridder N., Giller K. E., 2009.** Lifetime productivity of dairy cows in smallholder farming systems of the Central Highlands of Kenya. *Animal*, **3** : 1044–1056.

- Saddul D., Jelan Z.A., Liang J.B., Halim R.A., 2004.** The potential of mulberry (*Morus alba*) as a fodder crop: the effect of plant maturity on yield, persistence and nutrient composition of plant fractions. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.*, **17**(12) : 1657-1662.
- Samandoulougou S., Ilboudo A.J., sanon/Ouédraogo G., Tindano K., Compaore H., Ouedraogo A., Savadogo A., TRAORE A. S., 2016.** Utilisation de médicaments vétérinaires en production bovine et aviaire et sécurité sanitaire des aliments d'origine animale au Burkina Faso. *The International Journal of Multi-disciplinary Sciences*, **4** (1) : 50–79.
- Sanon H.O., Drabo A, Sangare M., Kiendrebeogo T., Gomgnibou A., 2014.** Caractérisation des pratiques d'embouche bovine dans l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(2) : 536-550.
- Sauvant D. Nozière P., 2016.** Quantification of the main digestive processes in ruminants: the equations involved in the renewed energy and protein feed evaluation systems. *Animal*, **10**(5) :755-70.
- Sauvant D. Nozière P., 2013.** La quantification des principaux phénomènes digestifs chez les ruminants : les relations utilisées pour rénover les systèmes d'unités d'alimentation énergétique et protéique. *INRA Prod. Anim.*, **26** (4) : 327-346.
- Sauvant D.; Perez J.M.; Tran G., 2004.** Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA Editions Versailles, 306 p.
- Savadogo M., Van Keulen H., Zemelink G., Nianogo A.J., 1999.** Contribution of crop residues to ruminant feeding in different agroecological zones of Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. Vet. Pays trop.*, **52** (3-4) : 255-262.
- Sempore A.W., Andrieu N., Bayala I., 2011.** Coconception d'innovations agropastorales assistées par un modèle à l'échelle de l'exploitation. Cas de l'embouche bovine. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **64** (1-4) : 51-60.
- Sepchat B., D'hour P., Agabriel J., 2017.** Production laitière des vaches allaitantes : caractérisation et étude des principaux facteurs de variation. *INRA Prod. Anim.*, **30** (2) : 139-152.
- Serieys F., 1997.** Le tarissement de la vache laitière. 2ème Ed. France Agricole, Paris 224 p.
- Shelton H.M., 2000.** Légumineuses fourragères tropicales dans les systèmes d'agroforesterie. *Unasyva*, **51** : 25-32.

- Sib O., Bougouma-Yameogo V.M.C., Blanchard M., Gonzalez-Garcia E., Vall E., 2017.** Dairy production in Western Burkina Faso in a context of emergence of dairies: Diversity of breeding practices and proposals for improvement [in French]. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **70** (3) :81-91.
- Sib O., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., González-García E., Vall E., 2018.** Prodlait : un outil permettant d’ajuster l’alimentation des vaches pour atteindre un objectif de production fixé par l’éleveur. *Agron. Afr.* **30** (2) : 157-168.
- Sib O., González-García E., Bougouma-Yaméogo V.M.C., Blanchard M., Vall E., 2018.** Co-conception, installation, et premiers résultats d’exploitation de banques fourragères arbustives, composées de *Morus alba* et de *Leucaena leucocephala* plantées à haute densité, dans des élevages bovins laitiers de l’ouest du Burkina Faso. Sous presse.
- Sokouri D., Gbodjo Z., N'goran K.E., Soro B., 2014.** Performances de reproduction et production laitière de croisés Montbéliarde x N'Dama du ‘‘Projet Laitier Sud’’ (Côte d’Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* **8**(3) : 925-936.
- Soltan Y.A, Morsy A.S., Sallam S.M.A, Lucas R.C., Louvandini H., Kreuzer M., Abdalla A.L., 2013.** Contribution of condensed tannins and mimosine to the methane mitigation caused by feeding *Leucaena leucocephala*, *Archives of Animal Nutrition*, **67**(3) : 169-184.
- Soltner D., 2001** La reproduction des animaux d’élevage, 3ème édition, collection sciences et techniques (Ed), Lavoisier, 272 p.
- Soulard F., 1994.** L’élevage laitier au Niger. Etude technico-économique de deux systèmes d’élevage améliorés. Mémoire de fin d’études. Institut Supérieur Technique D’outre-mer, 129 p.
- Sraïri M.T., Benyoucef M.T., Kraiem K., 2013.** The dairy chains in North Africa (Algeria, Morocco and Tunisia): from self-sufficiency options to food dependency? *SpringerPlus*, **2** :162.
- Tahiri A., Amissa Adima A., Adje A.F., Amusant N., 2011.** Effet pesticide et screening des extraits de *Azadirachta indica* (A.) Juss., sur le termite *Macrotermes bellicosus* Rambur. *Bois For. Trop.*, **1** (310) : 79-88.
- Technopolis Group & Mioir, 2012.** Evaluation des activités d’innovation – Guide sur les méthodes et pratiques. Etude financée par la Commission Européenne, Direction Générale de la Politique Régionale, 72 p.

- Tellah M., Mbaindingatoloum F.M., Mopate Logtene Y., Boly H., 2015.** Age au premier vêlage et intervalle entre vêlages de quatre races bovines en zone périurbaine de N'Djaména, Tchad. *Afrique Science*, **11** (3) : 229-240.
- Tewari S.K., Katiyar R.S., Balak Ram, Misra P.N., 2004.** Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo*. *Biomass Bioenergy*, **26** : 229-234.
- Thibault C., Levasseur M.C., 2001.** La reproduction chez les mammifères et l'homme. INRA-QUAE éditions, collection Universités francophones, 928 p.
- Thiébaud S., 2005.** L'apport du fourrage d'arbre dans l'élevage depuis le Néolithique. *Anthropozoologica*, **40** (1) : 95-108.
- Thorpe W., Muriuki H.G., Omere A., Owango M.O. Staal S., 2000.** Development of smallholder dairying in Eastern Africa with particular reference to Kenya. Paper prepared for the UZ/RVAU/DIAS/DANIDA-ENRECA Project Review Workshop 10-13 January, Bronte Hotel, Harare, Zimbabwe, 10 p.
- Tittonell P., Van Wijk M.T., Rufino, M.C., Vrugt J.A., Giller K.E., 2007.** Analysing trade-offs in resource and labour allocation by smallholder farmers using inverse modelling techniques: A case study from Kakamega district, western Kenya. *Agri. Syst.*, **95** (1-3) : 76-95.
- Toe O., 2001.** Population bovine des fermes en zone périurbaine de Ouagadougou et sa production laitière. Mémoire de fin d'études, cycle TSES, ENESA. 55 p.
- Toutain B., Compaore A., Ouadba J.M., Kagone H., Diallo S. 2001.** Mission d'appui scientifique « transhumance ». Rapport provisoire de mission, 11-31 mai 2001. Montpellier : Cirad-Emvt, 74 p.
- Toutain B., Klein H.-D., Lhoste P., Duteurtre G., 2009.** Histoire et avenir des cultures fourragères en Afrique tropicale. *Fourrages*, **200** : 511-523.
- Touze J.P., Ballandonne J.C., Pflimlin A., 1979.** Observation de quelques systèmes fourragers pour vaches laitières dans l'Orne, ITEB-EDE Orne, CR d'essai n° 79, 104 p.
- Traoré A., Tamboura H.H., Bayala B., Rouamba D.W., Yaméogo N., Sanou M., 2004.** Prévalence globale des pathologies majeures liées à la production laitière bovine en système d'élevage intra-urbain à Hamdallaye (Ouagadougou). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **8** (1) : 3-8.

- Vaitchafa P., 1996.** Etude de la production laitière sur les paramètres de reproduction chez la femelle zébu dans les petits élevages traditionnels en zone péri-urbaine. Thèse de doctorat vétérinaire Université Cheick Anta Diop, Dakar, 36 p.
- Vall E. et Bayala I., 2004.** Note d'état corporel des zébus soudaniens. CIRDES/CIRAD. Production Animale en Afrique de l'Ouest. Burkina Faso. Fiche technique N°12, 8 p.
- Vall E. et Diallo, MA., 2009.** Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux aux pâturages (Ouest du Burkina Faso). *Natures Sciences Sociétés* 17 : 122-135.
- Vall E., 2004.** Proposition de zonages agropastoraux de l'Ouest du Burkina Faso et de la province de Houet. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso : Cirdes-Urpan, 46 p.
- Vall E., 2009.** Diversité, pratiques agropastorales, relations d'échanges et de conflits, productivité et sécurité alimentaire dans les exploitations agropastorales de la province du Tuy (Burkina Faso). Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en Zone subhumide, Bobo- Dioulasso, Burkina Faso, 53 p.
- Vall E., Chia E., Andrieu N., Blanchard M., Koutou M., Coulibaly K., 2016.** La co-conception en partenariat de systèmes agricoles innovants. *Cah. Agric.*, 25 : 1500.
- Vall E., Dugue P., Blanchard M., 2006.** Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cah. Agric.*, 15 : 72-79.
- Vall E., Salgado P., Corniaux C., Blanchard M., Dutilly C., Alary V., 2014.** Changements et innovations dans les systèmes d'élevage en Afrique. *INRA Productions Animales*, 27 (2) : 161-174.
- Wambugu C., Place F., Franzel S., 2011.** Research, development and scaling up the adoption of fodder shrub innovations in East Africa. *Int. J. Agric. Sustain.*, 9 :100-109.
- Wencomo H.B. et Ortiz R., 2009.** Comportamiento de 23 accesiones de *Leucaena* spp. en condiciones de establecimiento. *Pastos y Forrajes*, 33 (3), 17 p.
- Yadava N.J., 1997.** Biomass productivity and nutrient content of *morus alba* and *Leucaena leucocephala* based silvipastoral systems. Thesis Master of Science, University of Horticulture et Forestry Nauni, Solan. (h.p.) 173230 India, 121 p.
- Yossi H., Kaya B., Traoré C.O., Niang A., Butare I., Levasseur V., Sanogo D., 2006.** Les haies vives au Sahel. Etat des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement. ICRAF Occasional Paper no. 6. Nairobi : World Agroforestry Centre, 60 p.

Zongo M., Bayala B., Pitala W., Meyer C., Boly H., Sawadogo L., 2012. Induction d'œstrus et insémination artificielle chez les zébus Azawak et zébus Goudali au Burkina Faso. État des lieux et perspectives pour l'élevage. *Tropicultura*, **32** (1) : 54-61.

WEBOGRAPHIE

Addinsoft – Paris, France. <https://www.xlstat.com/fr/> (consulté en 2017).

Bertrand G., 2009. *Caractérisation des réponses adaptatives a la contrainte hydrique dans le sud-est de l'Amazonie chez trois espèces fourragères cultivées en monoculture et en association : Brachiaria brizantha, Leucaena leucocephala et Arachis pinto.* Thèse de doctorat : Université Paris-Est. Available from: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00504177>.

CTA, 1987. Leucaena, l'arbre champion toutes catégories. Spore 8. CTA, Wageningen. The Netherlands. Permanent link to cite or share this item: <http://hdl.handle.net/10568/58685>.

Dandin S.B. et Sengupta K., 1988. Mulberry cultivation as high bush and small trees in hilly regions. Central sericultural research and training institute, Srirampura, Mysore 570008, India, 24 p. www.csrtimys.res.in/sites/default/files/ebooks/1988-1.pdf.

Datta R.K., 2000. Mulberry cultivation and utilization in India. FAO *Electronic conference on mulberry for animal production (Morus-L)*. <http://www.fao.org/DOCREP/005/X9895E/x9895e04.htm#TopOfPage>. (Consulté le 20 septembre 2017).

Diop A.T., 2015. Les systèmes de productions d'élevage en Afrique de l'Ouest: éléments de caractérisation et tendances évolutives. ISRA/Animal Change/PPT. (Consulté le 18/09/2017). <http://www.animalchange.eu/Docs/Senegal2015/S05.pdf>.

Dongmo A.-L., Vall E., Diallo M.A., Dugue P., Njoya A., Lossouarn J., 2012. Herding territories in Northern Cameroon and Western Burkina Faso: spatial arrangements and herd management. *Pastoralism Research Policy and Practice*, 2:26. doi:10.1186/2041-7136-2-26.

Froment P., 2007. Note d'état corporel et reproduction chez la vache laitière. Thèse de doctorat vétérinaire. École nationale vétérinaire d'Alfort, <http://www.memoireonline.com> Consulté le 19/05/2015 14:54.

Guenot A. et Huchet-Bourdon M., 2014. Rôle du coton sur la filière maïs au Burkina Faso. *Économie rurale, Agricultures, alimentations, territoires*, 107-119. URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/4353> ; DOI : 10.4000/economierurale.4353.

Hanzen C., 2015. La maîtrise des cycles des petits ruminants. Cours Université de Liège. https://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/.../R10_Maitrise_cycles_petits_rumin_2016.pdf.

Hanzen CH., Theron L., RAO A-S., 2013. Gestion de la reproduction dans les troupeaux bovins Laitiers *RASPA* Vol.11 N 91 0 S. <http://hdl.handle.net/2268/152344>.

Lhoste, P., 2001. L'étude et le diagnostic des systèmes d'élevage. Atelier de Formation des agronomes SCV Madagascar, 33 pp. <http://agroecologie.cirad.fr>.

Mathieu P., Lavigne Delville Ph., Paré L., Zongo M., Ouédraogo H., Baud J., Bologo E., 2003. Sécuriser les transactions foncières dans l'ouest du Burkina Faso. Book/Report, ISBN 978-1-84369-472-4, Dossier N°117, 36 p. <http://pubs.ied.org>.

Mémento de l'agronome. 2002. Technology & Engineering. Ministère des affaires étrangères, France, books.google.bf/books?isbn=2876145227 (consulté le 03/07/2016), 1692 p..

Meyer C., ed. sc., 2018, Dictionnaire des Sciences Animales. [On line]. Montpellier, France, Cirad. [02/09/2018]. <URL : <http://dico-sciences-animales.cirad.fr/> >.

Nallet C., 2015. Identifier les classes moyennes africaines: Diversité, spécificités et pratiques de consommation sous contrainte. Note de l'IFRI, Programme Afrique Subsaharienne. ISBN : 978-2-36567-481-2, 45 p. www.ifri.org.

Ngom D., Diatta S., Akpo L.E., 2009 : Estimation de la production fourragère de deux ligneux sahéliens (*Pterocarpus lucens* Lepr. Ex Guill. & Perrot et *Grewia bicolor* Juss) au Ferlo (Nord Sénégal). *Livest. Res. Rural Dev.*, **21**, (120). Retrieved January 10, 2018, from <http://www.lrrd.org/lrrd21/8/ngom21120.htm>.

OCDE/FAO (2016), « Lait et produits laitiers », dans Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2016-2025, Éditions OCDE, Paris. DOI: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-11-fr.

Pupin P., Lamer J-C., Chermat A., 2011. La lettre synthèse élevage bovin. https://www.syntheseelevage.com/media/lettre_se_bovin__019683500_1425_08032012.pdf

Siemens M. et Vander Veldt K., 2006. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. 18 p. www.uwex.edu/ces/cwas/livestock/documents/Bodyslid.pdf. [Consulté le 20 novembre 2017].

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire du diagnostic des systèmes d'élevage en voie d'intensification

Caractéristiques générales de l'exploitation

Nom enquêteur :		Date :	N°UP :
Village :		Quartier :	
Nom :		Prénom :	
Age 25-30 <input type="checkbox"/> 30-40 <input type="checkbox"/> 40-50 <input type="checkbox"/> >50 <input type="checkbox"/>		Sexe : M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>	
Ethnie : Mossi <input type="checkbox"/> Peul <input type="checkbox"/> Bwaba <input type="checkbox"/>		Religion :	
Date arrivée au village (année) :		Chef d'exploitation depuis (année) :	
Nombre de personnes à nourrir :		Nombre actifs (≥12 ans) :	
Activité principale : Eleveur <input type="checkbox"/> Agriculteur <input type="checkbox"/> Agro-éleveur <input type="checkbox"/>		Autres activités :	
Scolarisé : oui / non	Niveau :	Alphabétisé : oui / non	Langue :
Membre GP ? : oui / non	Nom GP ? :	Autre GP : oui / non	Nom GP :

Eligibilité du producteur

1) Pour vérifier que l'activité est présente sur l'exploitation depuis un certain nombre d'années et que le producteur compte bien la maintenir dans les années à venir :

Parlez-nous de l'histoire de votre élevage laitier ?
Quel est l'objectif de cet élevage laitier ?
A qui vendez-vous le lait ?

Comptez-vous le maintenir dans les années à venir ?

2) Pour savoir si le producteur envisage des évolutions de son projet d'élevage pour solutionner certaines contraintes ou bien pour saisir des opportunités

Avez-vous l'intention d'améliorer votre activité ?
Quelles difficultés rencontrées et solutions mises en œuvre ?
Quelles opportunités et quelles stratégies pour la saisir ?

Souhaitez-vous modifier votre mode de conduite des troupeaux ? Si oui dans quels sens : transhumance, alimentation, reproduction, santé ?
Quel est votre niveau d'investissements en élevage : Pourquoi ? Quel objectif ?
Quelles sont vos nouveaux projets d'élevage : embouche, lait, petits ruminants ?

3) Pour vérifier que le producteur est a priori intéressé par les innovations proposées par le projet (banque de protéines et/ou management simplifié du troupeau) :

Etes-vous intéressé par la mise en place d'une banque de protéine ?
Etes-vous intéressé à adopter des modes de management simplifiés du troupeau ?

Si l'éleveur est volontaire et répond aux critères (présence noyau laitier en activité, projets de changements, intéressé par les innovations proposées) alors le diagnostic se poursuivra.

Caractéristiques du système d'élevage

Structure du troupeau

Age (années)	Femelles	Mâles
0-1		
1-2		
2-3		
3-4		
4-5		
5-6		
6-7		
7-8		
8-9		
9-10		
>10		

Mouvement dans le troupeau : sorties et entrées (de Gataage 2014 à Gataage 2015)

Saisons	Naissances	Ventes	Montant vente (Fcfa)	Mortalités	Dons
Gataage 2014					
Ndungu 2014					
Yaamde 2014					

Dabbunde 2014					
Ceedu 2014					
Gataage 2015					

Allotement

	Nombre de lot	Effectifs	Spécialisation
Gataage 2014			
Ndungu 2014			
Yamde 2014			
Dabbunde 2014			
Ceedu 2014			
Gataage 2015			

Caractéristiques des 10 principales vaches (Reproduction, Production de lait)

Vaches	Age à la première mise-bas	Intervalle entre mises-bas	Production de lait
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Affouragement des vaches allaitantes Gataage 2014 (mai, juin)

Nombre mise bas:		
Nombre de femelles gestantes:		
Pâturage :		
Localisation :		
Durée de séjour :		
Affouragement	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
SPAI	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
Problèmes de santé	Maladies :	
	Soins :	
	Coût :	

Production de lait

Nombre de vache en lactation	
Nombre de vache traites	
Production totale/jours (litre)	
Autoconsommation/litre	
Type de transformation	Lait caillé : Yaourt : Autres :
Prix du litre	
Destination de la vente	

Ndungu 2014 (juin-septembre)

Nombre mise bas		
Nombre de femelles gestantes		
Pâturage :		
Localisation :		
Durée de séjour :		
Affouragement	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
SPAI	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
Problèmes de santé	Maladies : Soins : Coût :	

Production de lait

Nombre de vache en lactation	
Nombre de vache traites	
Production totale/jours (litre)	
Autoconsommation/litre	
Type de transformation	Lait caillé : Yaourt : Autres :
Prix du litre	
Destination de la vente	

Yaamde 2014 (octobre-novembre)

Nombre mise bas		
Nombre de femelles gestantes		
Pâturage :		
Localisation :		
Durée de séjour :		
Affouragement	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :

	Type 3 :	Quantité/j :
SPAI	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
Problèmes de santé	Maladies : Soins : Coût :	

Production de lait

Nombre de vache en lactation	
Nombre de vache traites	
Production totale/jours (litre)	
Autoconsommation/litre	
Type de transformation	Lait caillé : Yaourt : Autres :
Prix du litre (Fcf)	
Destination de la vente	

Dabundé 2014/15 (novembre-février)

Nombre mise bas		
Nombre de femelles gestantes		
Pâturage :		
Localisation :		
Durée de séjour :		
Affouragement	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
SPAI	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
Problèmes de santé	Maladies : Soins : Coût :	

Production de lait

Nombre de vache en lactation	
Nombre de vache traites	
Production totale/jours (litre)	
Autoconsommation/litre	
Type de transformation	Lait caillé : Yaourt : Autres :
Prix du litre	
Destination de la vente	

Ceedu 2015 (novembre-février)

Nombre mise bas		
Nombre de femelles gestantes		
Pâturage :		
Localisation :		
Durée de séjour :		
Affouragement	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
SPAI	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
Problèmes de santé	Maladies :	
	Soins :	
	Coût :	

Production de lait

Nombre de vache en lactation	
Nombre de vache traites	
Production totale/jours (litre)	
Autoconsommation/litre	
Type de transformation	Lait caillé : Yaourt : Autres :
Prix du litre	
Destination de la vente	

Gataage 2015 (mai, juin)

Nombre mise bas		
Nombre de femelles gestantes		
Pâturage :		
Localisation :		
Durée de séjour :		
Affouragement	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
SPAI	Type 1 :	Quantité/j :
	Type 2 :	Quantité/j :
	Type 3 :	Quantité/j :
Problèmes de santé	Maladies :	
	Soins :	
	Coût :	

Production de lait

Nombre de vache en lactation	
Nombre de vache traites	
Production totale/jours (litre)	
Autoconsommation/litre	
Type de transformation	Lait caillé : Yaourt : Autres :
Prix du litre	
Destination de la vente	

Stock de fourrages et aliments pour le bétail (quantité : Grand plateau/Petit plateau/tombereau/remorque)

Saisons	Tiges Coton	Paille maïs	Paille Sorgho/Mil	Paille riz	Fanes Arachide	Fanes Niébé	Cultures Fourragères	Foin Brousse	Tourteaux Coton	Sons Céréales	Autres
Gataage 2014											
Ndungu 2014											
Yaamde 2014											
Dabbunde 2014											
Ceedu 2014											
Gataage2015											

Caractéristiques du système de culture

Plan parcellaire de l'exploitation 2014/15

Positionner les champs (les **numéroter**), **indiquer** leur **surface**, leur **distance** à la maison, les **infrastructures** présentes sur le champ ou de la maison principale (maison, puits ...)

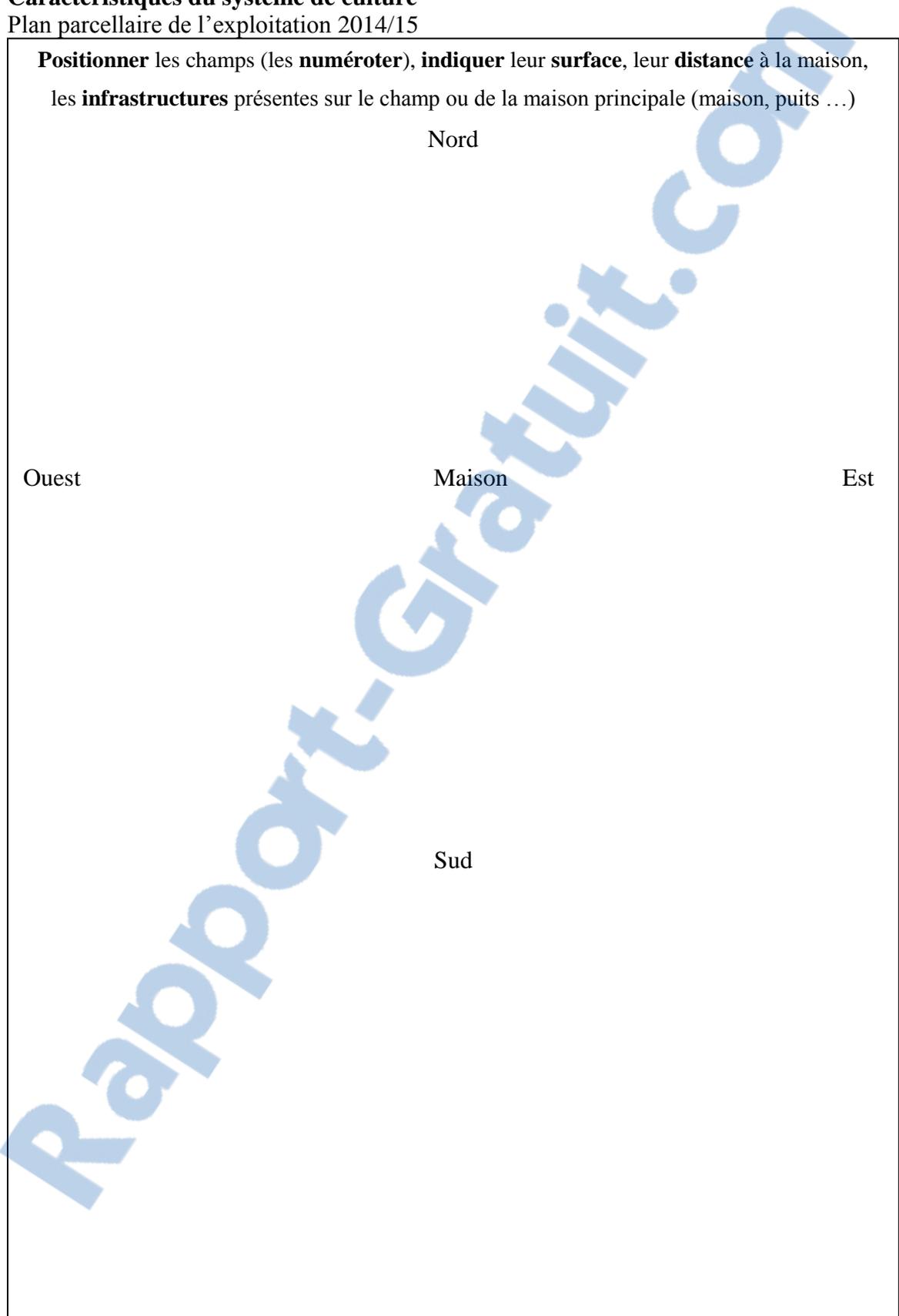
Nord

Ouest

Maison

Est

Sud



Productions végétales

Cultures	Surface (ha)	NPK (sac)	Urée (sac)	Fumure organique	Herbicide (oui/non)	Production (kg)	Autoconsommation (kg)	Vente (kg)
Coton								
Maïs								
Sorgho								
Mil								
Arachide								
Niébé								
Riz								
Sésame								
Autres								

Annexe 2 : Fiche de suivi des exploitations

Tableau II : Prévisionnel

Village : Nasso

Chef d'exploitation

Prévisions	Gataage (Mai-Juin)	Ndungu (Juil-Août-Sept)	Yaamde (Octobre)	Dabbunde (Nov-Déc-Janv)	Ceddu (Fev-Avril-Mai)
Type et quantité de fourrages stockés					
Période d'utilisation					
Type et quantité d'aliments stockés					
Période d'utilisation					
Catégories d'animaux ciblés					
Objectifs de production attendus					

Tableau III : Inventaire du troupeau

Village :

Chef d'exploitation :

Catégories	Total	Mâles				Femelles			
		<1	[1-5]	[6-10]	>10	<1	[1-5]	[6-10]	>10
Atelier lait									
Atelier d'embouche									
Bovins de trait									
Bovins d'élevage									

Tableau V : Stocks de fourrages et d'aliments

Village :

Chef d'exploitation :

Fourrages et Aliments	Paramètres	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Fourrages																
Pailles de maïs	Qté															
	Prix															
Pailles de sorgho	Qté															
	Prix															
Paille de riz	Qté															
	Prix															
Fanes de niébés	Qté															
	Prix															
Fanes d'arachide	Qté															
	Prix															
Fanes de mucuna	Qté															
	Prix															
Foin naturel	Qté															
	Prix															
Andropogon gayanus	Qté															
	Prix															
Loudetia togoensis	Qté															
	Prix															
Pennisetum pedicellatum	Qté															
	Prix															
Oriza barthii	Qté															
	Prix															
Rafles de maïs	Qté															
	Prix															
Rafles de sorgho	Qté															
	Prix															
Balle de maïs (issue décorticage)	Qté															
	Prix															
Coques de coton	Qté															
	Prix															
	Qté															

Cosses séchées du niébé	Prix																		
Aliments																			
Tourteaux de coton	Qté																		
	Prix																		
Drêches de sorgho	Qté																		
	Prix																		
Son de maïs	Qté																		
	Prix																		
Son de riz vrai	Qté																		
	Prix																		
Farine basse de riz	Qté																		
	Prix																		
Faidherbia albida (gousses)	Qté																		
	Prix																		
Acacia sieberiana (feuilles)	Prix																		
	Qté																		

Tableau VI : Distribution des Fourrages et des aliments

Village :

Chef d'exploitation :

Fourrages et Aliments		A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	
Fourrages																	
Pailles de maïs	Heure																
	Offert																
	Refus																
Pailles de sorgho	Heure																
	Offert																
	Refus																
Paille de riz	Heure																
	Offert																
	Refus																
Fanes de niébés	Heure																
	Offert																
	Refus																
Fanes d'arachides	Heure																
	Offert																
	Refus																
Fanes de mucuna	Heure																
	Offert																
	Refus																
Foin naturel zone soud-sahel	Heure																
	Offert																
	Refus																
Andropogon gayanus	Heure																
	Offert																
	Refus																
	Heure																

Loudetia togoensis	Offert																		
	Refus																		
Pennisetum pedicellatum	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Oriza barthii	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Rafles de maïs	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Rafles de sorgho	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Balle de maïs (issue décorticage)	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Coques de coton	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Cosses séchées du niébé	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Aliments																			
Tourteaux de coton	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Drêches de sorgho	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Son de maïs	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Son de riz vrai	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Farine basse de riz	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Faidherbia albida (gousses)	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		
Acacia sieberiana (feuilles)	Heure																		
	Offert																		
	Refus																		

Tableau VII : Suivi de l'alimentation au pâturage

Village :

Chef d'exploitation :

Pâturages	Paramètres	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Pâturage journalier	Zone de pâturage															
	Heure de départ															
	Heure de retour															
Pâturage matinal	Zone de pâturage															
	Heure de départ															
	Heure de retour															
Pâturage nocturne	Zone de pâturage															
	Heure de départ															
	Heure de retour															

Tableau VIII Production laitière

Chef d'exploitation :

Village :

Paramètres	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Report produc journalière															
Part autoconsommée															
Part Vendue															
Prix															
Part transformée et type de transformation															

Tableau IX : Energie / travail :

Chef d'exploitation :

Village :

Activités	Paramètres	Gataage	Ndungu	Yaamde	Dabbunde	Ceedu
Préparation du sol pour la culture fourragère	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					
	Salariés temporaires					
	Durée/j					
Implantation et entretien des cultures fourragères	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					

	Salariés temporaires					
	Durée/j					
Récolte des fourrages	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					
	Salariés temporaires					
	Durée/j					
Ramassage et transport des résidus de culture	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					
	Salariés temporaires					
	Durée/j					
Stockage de pailles de brousse	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					
	Salariés temporaires					
	Durée/j					
Affouragement des animaux à l'étable	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					
	Salariés temporaires					
	Durée/j					
Distribution de l'aliment	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					
	Salariés temporaires					
	Durée/j					
Gardiennage des animaux au pâturage	Nb personne					
	Main d'œuvre familiale					
	Salariés permanents					
	Salariés temporaires					
	Durée/j					
	Nb personne					

Abreuvement des animaux	Main d'œuvre familiale													
	Salariés permanents													
	Salariés temporaires													
	Durée/j													
Traite des vaches	Nb personne													
	Main d'œuvre familiale													
	Salariés permanents													
	Salariés temporaires													
	Durée/j													
Transport du lait au marché	Nb personne													
	Main d'œuvre familiale													
	Salariés permanents													
	Salariés temporaires													
	Durée/j													
Entretien des équipements d'élevages	Nb personne													
	Main d'œuvre familiale													
	Salariés permanents													
	Salariés temporaires													
	Durée/j													

Tableau IV Suivi des vaches

Village :

Chef d'exploitation :

Numéro + RMB	Paramètres	Chef d'exploitation :													
		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	PT (Cm)														
	NEC														
	Santé et traitements														
	Mise bas														
	Traite (oui /non)														
	Qté traite (L)														
	Heure de traite														
	Poids veau (Kg)														

PT : Périmètre thoracique, NEC : Note d'état corporel, RMB : Rang de mise bas

Annexe 3 : Fiche de pesée du veau

Village :

Eleveur :

Nom de la vache-mère :			Rang de mise bas :			
Date de naissance du veau :						
Semaines	Poids tétée	avant	Poids tétée	après	Quantité de lait trait	Observations
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Annexe 4 :Fiche de mesure des plantes

Banque fourragère arbustive :Date :... ; Mortalité par espèce : LL () ; MA () ; GS () ; AL() ; SS () ; Observations et pratiques agronomiques.....

Espèces	N°	Hauteur	Diamètre	Nombre de branches	Longueur des branches (B) au milieu du feuillage (cm)			
		(cm)	(mm)		B1	B2	B3	B4
<i>Leucaena leucocephala</i>	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
	26							
	27							
	28							
	29							
	30							
	31							
	32							
	33							
	34							
	35							
	36							
	37							
	38							
	39							
	40							
	41							

	42							
	43							
	44							
	45							
	46							
	47							
	48							
	49							
	50							
<i>Morus Alba</i>					B1	B2	B3	B4
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
	26							
	27							
	28							
	29							
	30							
	31							
	32							
	33							
	34							
	35							
	36							
	37							
	38							

	39							
	40							
	41							
	42							
	43							
	44							
	45							
	46							
	47							
	48							
	49							
	50							
<i>Gliricidia sepium</i>					B1	B2	B3	B4
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
<i>Albizia lebeck</i>	N°				B1	B2	B3	B4
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
<i>Samanea saman</i>	N°				B1	B2	B3	B4
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							

LL (*Leucaena leucocephala*), GS (*Gliricidia sepium*), AL (*Albizia lebeck*), SS (*Samanea saman*)