

PRODLAIT : UN OUTIL PERMETTANT D'AJUSTER L'ALIMENTATION DES VACHES POUR ATTEINDRE UN OBJECTIF DE PRODUCTION FIXE PAR L'ELEVEUR

O. SIB^{1,2,3,4}, V.M.C. BOUGOUMA-YAMEOGO², M. BLANCHARD^{3,4}, E. GONZALEZ-GARCIA⁴, E. VALL^{3,4}

¹Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide (CIRDES), Unité Système de Production Agropastorales et Environnement (USPAE), 01 BP 454 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²Université Nazi Boni (UNB), Institut de Développement Rural (IDR), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

³CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France.

⁴SELMET, INRA, CIRAD, Montpellier SupAgro, Univ Montpellier, Montpellier, France

*Auteur correspondant : Tel : +226 62771937 ; Email : sibollo84@yahoo.fr/ollo.sib@cirad.fr

RESUME

Avec l'essor des mini laiteries en Afrique de l'Ouest, de nombreux producteurs s'intéressent à la production laitière. Mais, les pratiques d'alimentation des vaches ne permettent pas d'atteindre leurs objectifs de production. Cet article présente l'outil Prodlait, conçu sur le tableur Excel, pour simuler l'effet des pratiques d'alimentation sur l'évolution du poids vif des vaches au cours de la lactation en fonction de l'objectif de production de lait de l'éleveur. Prodlait, utilise six courbes de lactation théoriques, représentant des objectifs de production croissants, calcule au quotidien sur 12 mois, les besoins des vaches, la couverture des besoins et l'évolution quotidienne du poids vif. Prodlait, propose deux indicateurs de poids vif des vaches : le poids vif à 90 jours après mise-bas comparé au poids vif de forme, pour apprécier la capacité des vaches à recevoir une saillie fécondante à cette période et le poids vif à 365 jours après mise-bas comparé au poids vif de mise-bas, pour apprécier la capacité de l'éleveur à reconstituer l'état corporel des vaches au bout d'une année. Deux cas d'utilisation montrent comment les indicateurs de Prodlait permettent aux producteurs de raisonner les apports alimentaires aux périodes cruciales de la gestion de la reproduction des vaches.

Mots clés : Intervalle entre mise-bas, lactation, modèle de simulation, poids vif, pratique d'alimentation.

ABSTRACT

PRODLAIT: A LIVESTOCK FEEDING ADJUSTMENT TOOL HELPING FARMERS' DECISION-MAKING IN ACCORDANCE TO THEIR PRODUCTIVE GOALS

With the development of dairy industries in West Africa, many producers increase their interest in dairy farming. However, livestock feeding practices do not match with their production objectives. This article presents Prodlait a new simulation model performed on Excel, designed to simulate the effect of feeding practices on livestock live weight progression during lactation according to the farmer production goal. Prodlait, uses six patterns of theoretical lactation curves, representing increasing production objectives. It calculates the nutritional needs of livestock over a progressive period of 12 months looking for feeding balance to achieve the expected life weight. Prodlait, put forward two indicators: 1) the live weight at 90 days after calving and its comparison to the fitness live weight value in order to assess the actual condition of the cow for assuming a new reproduction cycle; 2) the live weight at 365 days after calving is compared with live weight of calving, to assess the ability of the farmer to achieve an adequate feeding management allowing to recover the cow live weight at a year after calving. Through two examples of using Prodlait, we showed how it could contribute helping farmers carry out ideal feeding practices during critical periods of reproductive management of the cows.

Keywords : Calving intervals, milking, simulation models, live weight, feeding systems.

INTRODUCTION

Le développement des mini laiteries en Afrique de l'Ouest incite les producteurs de lait à changer leurs pratiques pour accroître la production de lait et répondre à la demande (Corniaux *et al.*, 2007). Pour accroître la production, les producteurs peuvent agir sur plusieurs facteurs tels que la génétique, la reproduction, la santé, et surtout l'alimentation des vaches que l'on peut classer au premier rang de ces facteurs (Faverdin *et al.*, 2007 ; Meyer, 2009). Mais plusieurs récentes études conduites en Afrique de l'Ouest (Delma *et al.*, 2016a ; Kassa *et al.*, 2017 ; Sib *et al.*, 2017) ont révélé un manque de maîtrise des pratiques d'alimentation des bovins et particulièrement des vaches durant la lactation. Pendant la période de lactation, les besoins alimentaires ne sont pas couverts, ce qui impactent négativement sur l'état corporel, la reproduction et la production laitière des vaches.

L'objectif de production 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, la majorité des vaches mettent bas en début de saison des pluies (Sib *et al.*, 2017) et leurs besoins alimentaires sont très élevés pendant les premiers mois de lactation (Faverdin *et al.*, 2007). Or à cette période, elles sont alimentées au pâturage et reçoivent peu ou pas de compléments alimentaires. Les besoins alimentaires n'étant pas couverts elles maigrissent, au moins jusqu'au pic de lactation qui est atteint environ deux mois après la mise-bas (Figure 1). 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. Un état corporel médiocre constitue un facteur majeur limitant la reproduction des vaches (Meyer, 2009). Les déséquilibres alimentaires

et nutritionnels sont souvent à l'origine de problèmes pathologiques responsables de l'infertilité et l'infécondité (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 serait 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 la fin de la gestation coïncide avec la saison sèche chaude comme c'est le cas dans la majorité des situations, 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'il est trop complexe pour envisager une utilisation dans une optique de conseil individuel tel LIVSIM (Rufino *et al.*, 2009) ; soit parce qu'il n'est pas adapté aux conditions d'élevage en zone tropicale tel INRATION (INRA, 2007 ; Agabriel *et al.*, 2007).

L'objectif de cet article est de présenter le simulateur Prodlait qui a été conçu pour simuler l'effet des pratiques d'alimentation sur l'évolution du poids vif des vaches au cours de la lactation en fonction de l'objectif de production de lait que l'éleveur s'est fixé.

MATERIEL ET METHODES

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 1) 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*.

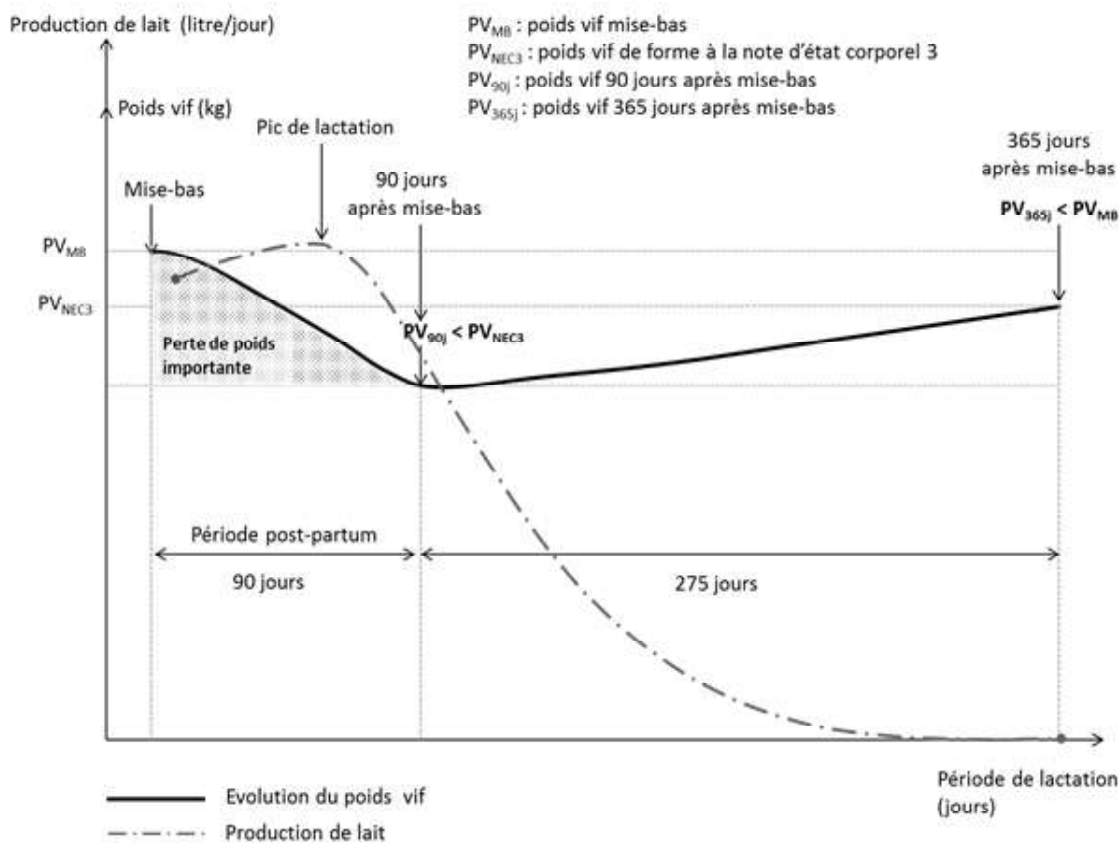


Figure 1 : Evolution théorique du poids vif et de la production de lait d'une vache dans un élevage allaitant dans les conditions du Burkina Faso, montrant un déficit de poids vif à 90 jours et à 365 jours après la mise-bas.

Theoretical evolution of body weight and milk production of a cow in suckling cattle from Burkina Faso, showing a deficit of body weight at 90 days and 365 days after calving.

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.

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 égal à : $\text{Ingéré (UF)} - \text{Besoin total (UF)}$. 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). $\text{GMQ} = \text{CdB (UF)} / 4,5$.

CALCUL DES BESOINS DES BOVINS DANS PRODLAIT

Formulation des objectifs de production dans Prodlait

Des enquêtes préliminaires nous ont permis de déterminer de façon empirique les pics de production de lait et la durée de la lactation d'une vache dans les élevages de l'Ouest du Burkina Faso (Sib et al., 2017). Ces données empiriques nous ont permis de définir six niveaux de

production théoriques que nous avons 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). Dans Prodlait, chaque niveau correspondant un objectif de production choisi par le producteur. Ces données empiriques nous ont aussi permis de calculer une courbe de lactation pour chaque niveau de production, en procédant par des régressions polynomiales de degré 3 sur XLSTAT (Addinsoft. Paris, France, www.xlstat.com/fr/). Chaque objectif de production a ainsi été matérialisé par une courbe de lactation dont les équations sont les suivantes :

$$Y1 = 3,167 + 3,649 \cdot 10^{-03} X - 2,195 \cdot 10^{-04} X^2 + 3,561 \cdot 10^{-07} X^3$$

$$Y2 = 3,145 + 2,43 \cdot 10^{-02} X - 3,655 \cdot 10^{-04} X^2 + 8,451 \cdot 10^{-07} X^3$$

$$Y3 = 3,40731 + 3,275 \cdot 10^{-02} X - 3,700 \cdot 10^{-04} X^2 + 7,377 \cdot 10^{-07} X^3$$

$$Y4 = 4,102 + 3,357 \cdot 10^{-02} X - 3,058 \cdot 10^{-04} X^2 + 4,948 \cdot 10^{-07} X^3$$

$$Y5 = 4,178 + 4,097 \cdot 10^{-02} X - 3,292 \cdot 10^{-04} X^2 + 5,102 \cdot 10^{-07} X^3$$

$$Y6 = 4,278 + 4,554 \cdot 10^{-02} X - 3,380 \cdot 10^{-04} X^2 + 5,015 \cdot 10^{-07} X^3$$

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

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). 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.

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

Pour couvrir ces besoins, les bovins ont besoin de l'énergie (UF), de l'azote (MAD), des minéraux et des vitamines. Dans Prodlait, nous avons choisi de raisonner en termes de

couverture des besoins en énergie pour l'entretien, le déplacement, la gestation et lactation. 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.

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 cinquième mois de gestation. Il est fonction du poids vif de la vache.

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

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

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

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

Besoin de lactation

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

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

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).

$$CI_{\text{Totale}} = CI_{\text{Entretien}} + CI_{\text{Lait}}, \text{ avec } CI_{\text{Entretien}} = 0,025 \times \text{PV} \\ \text{et } CI_{\text{Lait}} = 0,28 \times \text{Production de lait}.$$

Les hypothèses d'ingestion des concentrés 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 :

$$\text{Ingéré UF} = \text{Ingéré concentré} \times \text{Valeur énergétique concentré} + \text{Ingéré fourrage arbre} \times \text{Valeur énergétique fourrage arbre} + \text{Ingéré fourrage qualité} \times \text{Valeur énergétique fourrage qualité} + \text{Ingéré fourrage grossier} \times \text{Valeur}$$

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).

SORTIES DE PRODLAIT

Evolution du poids vif des vaches

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, $NEC = 3$.

Poids vif à 90 jours AMB

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

Si $PV \text{ à } 90 \text{ jours AMB} \geq PVNEC3$, alors on conclut que la vache est en condition optimale pour concevoir.

Si $PV \text{ à } 90 \text{ jours AMB} < PVNEC3$, 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.

Poids vif à 365 jours AMB

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

Si $PV \text{ à } 365 \text{ jours AMB} < PVMB$ on en déduit que la vache a été sous-alimentée ;

Si $PV \text{ à } 365 \text{ jours AMB} \geq PVMB$ 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.

Utilisation de Prodlait

L'utilisation de Prodlait est présentée à travers la simulation de deux scénarii dans deux

exploitations ayant des caractéristiques différentes :

un élevage allaitant à orientation agropastorale disposant de vaches locales (zébus, taurins et mérés) dont l'alimentation des vaches est basée sur le pâturage naturel en saison des pluies et l'apport de fourrages grossiers et une utilisation modérée de concentrés et du fourrage de légumineuses annuelles pour compléter son noyau laitier en saison sèche. Le niveau de production laitière actuelle est d'environ 500 litres/vache/an. Cinq vaches étaient traitées au moment de l'étude. Il écoule occasionnellement son lait à une laiterie environnante. Les intervalles entre les mises-bas sont d'environ 24 mois. L'exploitation dispose d'un foncier sécurisé. L'intégration de l'agriculture à l'élevage se fait par la mise en place de cultures de légumineuses fourragères annuelles (mucuna, niébé fourrager), l'utilisation de l'énergie animale pour les cultures et l'utilisation de la fumure organique pour fertiliser les parcelles cultivées, mais les surfaces cultivées de légumineuses fourragères annuelles de l'ordre de 0,25 ha sont trop petites pour produire de la biomasse suffisante pour compléter les vaches en saison sèche.

un élevage laitier à visée commerciale utilisant des vaches de races croisées avec des races laitières importées (Prim'Holstein, Montbéliarde, Burnes des Alpes) et connecté à une laiterie pour l'écoulement du lait produit. Le niveau de production laitière actuelle des vaches est autour de 1300 litres/vache/an. L'intervalle vêlage-vêlage est d'environ 15 mois. Cinq vaches étaient traitées au moment de l'étude. L'alimentation est basée sur les concentrés (SPAI et SPA) dont l'accès est difficile à certaines périodes de l'année et un usage restreint du pâturage. Dans cet élevage, il a été observé que les quantités d'aliments offerts aux vaches sont trop élevées et ne prennent pas en compte l'état physiologique des vaches. L'exploitation dispose d'un foncier sécurisé et est caractérisée par une faible intégration entre agriculture et élevage qui se résume à l'utilisation de la fumure organique, mais en quantité faible, et l'utilisation de la traction animale pour les cultures.

Présentation des scénarii

Le scénario 0 correspond à la situation de référence construite à partir des variables collectées à l'échelle de l'exploitation sur les systèmes de cultures et d'élevage (Tableau 1) et le scénario 1 correspondant au scénario d'amélioration. Le scénario 1 se caractérise dans l'exploitation à orientation agropastorale par l'utilisation de fourrage d'une banque fourragère arbustive à base de *Leucaena leucocephala* et de *Morus alba* implantée dans l'exploitation pour la complémentation des vaches. Dans l'exploitation laitière à visée

commerciale, le scénario 1 se caractérise par une baisse des quantités de concentrés et des fourrages grossiers distribués. Les scénarios 0 et scénario 1 ont été simulés dans chaque exploitation afin d'analyser les effets induits des changements de pratiques d'alimentation sur l'évolution du poids vif des vaches allaitantes. Dans ces scénarii, les mises-bas ont été fixées au mois de mai pour rester dans la logique des producteurs qui souhaitent que les mises-bas interviennent à cette période pour que les vaches ayant mi-bas bénéficient de bonnes conditions du milieu.

Tableau 1 : Incorporation des fourrages d'arbres et ajustement de la ration des vaches, dans un élevage à orientation agropastorale et dans un élevage à visée commerciale à travers deux scénarios.

Incorporation of tree forage and adjustment of the cows ration, in an agropastoral dairy farm and in in a ommercial dairy farm through two scenarios.

Paramètres	Elevage à orientation agropastorale		Elevage à visée commerciale	
	Scénario 0	Scénario 1	Scénario 0	Scénario 1
Maïs (ha)	4	4	1	1
Sorgho (ha)	2	2	1	1
Mucuna (ha)	0,25	0,25	0	0
Niébé (ha)	0,25	0,25	0	0
Banque de protéine (ha)	0	0,0625	0	0
Andropogon + Bracharia (ha)	0,25	0,25	0	0
Stockage de tourteau de coton (kg)	1 000	1 000	7 000	7 000
Stockage de son de maïs/riz (kg)	1 000	1 000	10 900	10 900
Stockage de coque de coton (kg)			5 000	5 000
Stockage de paille de céréales (kg)	8 000	8 000	0	0
Stockage de fanes de légumineuses (kg)	1 000	1 000	0	0
Stockage foin d'andropogon + bracharia (kg)	750	750	0	0
Nombre de vache	5	5	5	5
Date de mise-bas	mai	mai	mai	mai
Poids moyen des vaches	250	250	450	450
Objectif de production	2	2	6	6
Période de complémentation	mars-avril	toute l'année	toute l'année	toute l'année
Fourrage de qualité (kg MS/vache/j)	0,45	0,45	0	0
fourrage d'arbre fourrager (kg MS/vache/j)	0	1,2 kg (juin-août) ; 0,6 kg (septembre - janvier) 0,3 kg de (février- mai)	0	0
Aliments (kg MS/vache/j)	1,8	1,8	4,5	2,7
Fourrage grossier (kg MS/vache/j)	1,8	1,8	4,5	2,7
Durée de pâturage (heure/j)	11	11	3	3

RESULTATS

GAIN DE POIDS VIF DES VACHES COMPLÉMENTÉES PAR LES FOURRAGES D'ARBRES DANS L'ELEVAGE A ORIENTATION AGROPASTORALE

Dans le scénario 0, les vaches ont été complémentées de mars à avril avec 1,8 kg de matière sèche (MS) de concentrés, 0,45 kg MS de fourrages de qualité et 1,8 kg MS de fourrages grossiers (Tableau 1). En plus de ces offerts,

dans le scénario 1, les vaches ont reçu 1,2 kg MS par jour d'un mélange de fourrage vert de *Leucaena leucocephala* et de murier (*Morus alba*) de juin à août, 0,6 kg MS de septembre à janvier et 0,3 kg MS de février à mai. Ce qui a eu pour conséquence un gain de poids vif soutenu par rapport au scénario 0. La différence entre le poids vif des vaches à 90 jours après la mise-bas (AMB) et le poids vif de forme NEC = 3 a été positive dans le scénario 1 pour l'ensemble du lot de vaches contrairement au scénario 0

ou PV 90 jours AMB - PVNEC3 < 0 (Figure 2), car les vaches ont été complétées avec du fourrage de bonne qualité avant et après la mise-bas. De même, PV 365 jours AMB - PVMB > 0 dans le scénario 1 avec 73 kg de gain de poids vif collectif et plus de 10 kg de gain de poids vif individuel, comparé à celle du scénario 0 ou PV 365 jours AMB - PVMB < 0 (Figure 2). Dans le scénario 0, nous avons enregistré 71 kg de poids vif perdu pour l'ensemble du lot et plus de 10 kg de poids vif perdu par vache.

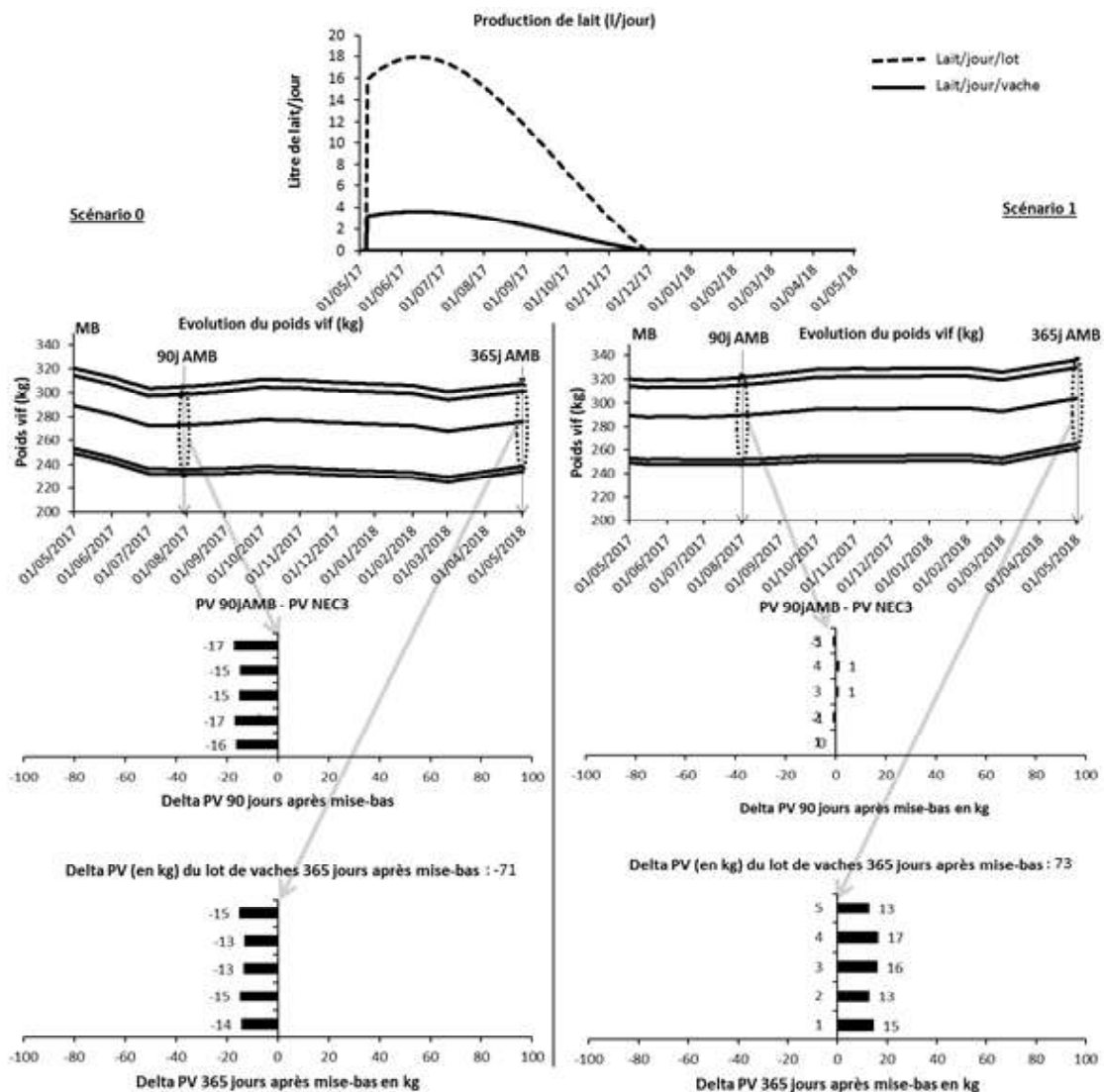


Figure 2 : Apport de fourrages de qualité constitués de fourrages d'arbre de *Leucaena leucocephala* et de murier (*Morus alba*) dans l'élevage allaitant à orientation agropastorale et leurs effets sur les variations de poids vif à 90 jours et à 365 jours après la mise-bas.

Supply high quality forage of Leucaena leucocephala and Mulberry (Morus alba) from shrub forage bank in agropastoral dairy farm and effects of those forage in cattle live weight at 90 and 365 days after calving.

PV : poids vif ; NEC : Note d'état corporel ; AMB : Après mise-bas.
 PV : weight; NEC: Body condition score; AMB: After calving.

AJUSTEMENT DU POIDS VIF DES VACHES SUITE A UNE BAISSSE DES QUANTITES DE CONCENTRES ET DE FOURRAGES GROSSIERS DISTRIBUES DANS L'ELEVAGE LAITIER A VISEE COMMERCIALE

Dans le scénario 0, les vaches ont reçu 4,5 kg MS de concentrés composés d'un mélange de tourteaux de coton et de son de maïs et 4,5 kg MS de coque de coton par jour. L'ajustement dans le scénario 1 a consisté à réduire les quantités distribuées à 2,7 kg MS le mélange tourteau de coton et de maïs et à 2,7 kg MS les

coques de coton (Tableau 1). A 90 jours AMB, la différence entre le poids vif et le poids vif de forme NEC = 3 dans le scénario 0 a montré un gain de poids vif par vache d'environ 30 kg en moyenne. Par contre, dans le scénario 1, on a enregistré un gain de poids vif de 16 kg en moyenne par vache (Figure 3). A 365 jours AMB, le gain de poids vif par vache par rapport au poids vif de forme NEC = 3 était élevé. Il correspondait à environ 130 kg de gain de poids vif par vache en moyenne dans le scénario 0 alors que dans le scénario 1, le gain de poids vif individuel a été deux fois moins, 70 kg en moyenne.

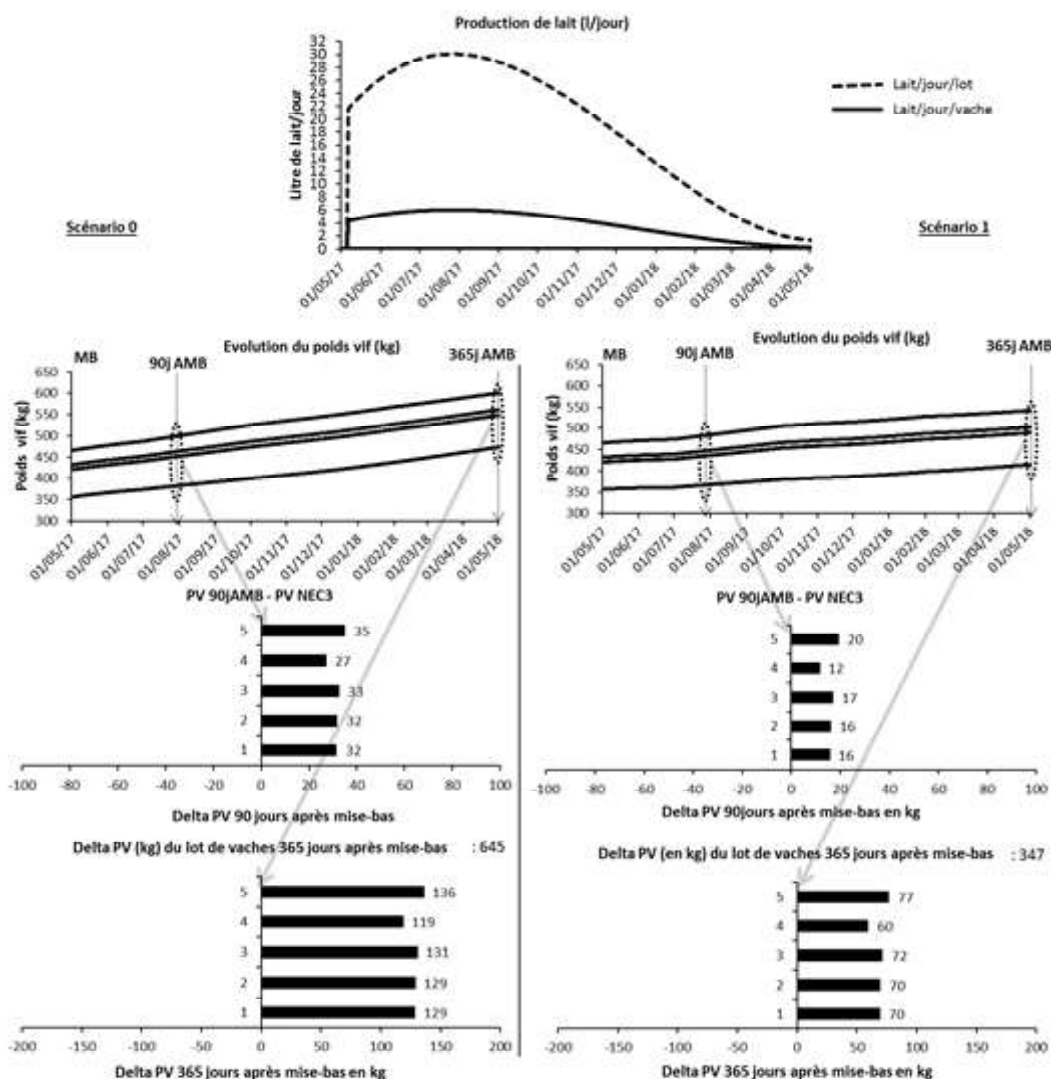


Figure 3 : Ajustement des quantités d'aliment et de fourrage distribués dans un l'élevage laitier à visée commerciale, montrant une réduction du gain de poids vif excessif à 90 jours et à 365 jours après la mise-bas.

Adjustment of feed and forage supply to cattle in commercial dairy farm, showing a live weight balance at 90 and 365 days after calving.

PV : poids vif ; NEC : Note d'état corporel ; AMB : Après mise bas.
 PV: live weight; NEC: Body condition score; AMB: After calving.

DISCUSSION

AMELIORATION DE LA PRODUCTION DE LAIT GRACE AU SUIVI DU POIDS VIF DES VACHES

Les résultats de la simulation des scénarios ont montré dans le scénario 1 à 90 jours et à 365 jours après la mise-bas (AMB) une amélioration du poids vif des vaches dans l'élevage allaitant à orientation agropastorale et une diminution du poids vif dans l'élevage laitier à visée commerciale.

Dans l'élevage allaitant à orientation agropastorale, le gain de poids pourrait s'expliquer par l'apport en fourrage d'arbre de qualité à partir du vêlage des vaches ce qui n'est pas le cas dans le scénario 0 où les vaches reviennent d'une période de sous-alimentation en saison sèche entre février et avril. Sanogo (2011) avait également obtenu une amélioration de l'état d'embonpoint des vaches dans un élevage similaire au Mali qui pratique le pâturage en saison des pluies et une stabulation en saison sèche avec l'utilisation des fourrages de légumineuses associés aux concentrés et aux fourrages grossiers. L'amélioration du poids vif obtenue à 90 jours AMB est un indicateur de performance, car un état d'embonpoint adéquat autour de la période de mise-bas (Amadou-N'Diaye *et al.*, 2001) permet de réduire la durée de l'anoestrus post-partum. Faverdin *et al.* (2007) ont rapporté qu'après la mise-bas, la vache mobilise ses réserves pour produire le lait pendant les premières semaines et que le profil hormonal qui accompagne l'anoestrus post-partum affecte l'appétit de la vache, d'où la perte de poids. Aussi, Meyer (2009) a rapporté que l'alimentation est l'un des facteurs majeurs qui affectent la période post-partum chez les bovins tropicaux et inhibent la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus, d'où anoestrus. Prodlait permet, par anticipation, de comparer le poids vif de la vache à 90 jours après la mise-bas au poids vif de forme NEC = 3 et de corriger cette situation. Les résultats obtenus pour le scénario 1 sur ce type d'élevage permettent de garantir, à priori, une meilleure performance de reproduction des vaches. Ce qui se traduirait par un intervalle vêlage-vêlage plus réduit et une production laitière régulière répondant ainsi à l'objectif recherché par les éleveurs.

Dans l'élevage laitier à visée commerciale, la simulation du scénario 0 a montré des gains de poids vifs des vaches très élevés à 90 jours

(+30 kg) et à 365 jours (+100 kg) AMB qui pourraient être dus aux grandes quantités d'aliments et fourrages distribués. La diminution des quantités distribuées dans le scénario 1 n'a pas eu d'effet dégradant sur l'état des vaches. Bien au contraire, elle a permis de contrôler l'état d'engraissement des vaches de sorte à éviter les carences et les excès qui affectent les performances des vaches (Meyer, 2009). Les résultats obtenus pour le scénario 1 dans l'élevage laitier à visée commerciale montrent que Prodlait permet d'ajuster la ration alimentaire des vaches pour leur permettre d'atteindre des performances optimales.

Ces résultats ont montré que Prodlait, un outil simple qui 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 les performances individuelles des vaches en tenant compte du potentiel génétique, et du niveau d'alimentation des vaches. Dans LIVSIM, le potentiel de production de lait est défini par le poids à la maturité alors que Prodlait utilise des courbes de niveau de production de lait des vaches. LIVSIM prend en compte le rythme de croissance des génisses futures laitières dans le rendement laitier de la vache. La reproduction des vaches dans LIVSIM résulte d'un phénomène discret déclenché de façon aléatoire. Ce modèle s'intéresse au cycle de vie global de la vache et ne donne pas d'information sur un cycle de lactation. Par contre, Prodlait contrôle la reproduction des vaches à partir d'un cycle de production grâce à ses indicateurs qui sont le poids vif de forme à 90 jours après la mise-bas (AMB) et le poids vif à 365 jours AMB. Il prend en compte les pratiques et les indicateurs admis par les producteurs pour proposer un pilotage adéquat de la production de lait de leurs vaches. Il leur permet de cibler les périodes propices pour intervenir et d'ajuster les offerts 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.

Un tel outil pourrait être utile pour les agents techniques et les vulgarisateurs pour appuyer le développement de la production laitière et aider les éleveurs 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.

LIMITES DE PRODLAIT

Prodlait raisonne uniquement en termes de couverture des besoins en énergie. Il serait pertinent de compléter la prise en compte des besoins nutritionnels des animaux en intégrant les besoins en énergie (UFL), 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).

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.

CONCLUSION

Prodlait est un outil spécifique de pilotage de la production laitière adapté aux exploitations de polycultures dans les conditions du Burkina Faso. Il permet de suivre l'évolution du poids vif des vaches et d'ajuster la ration en fonction des déficits et des excès. Il permet, grâce à ses indicateurs, de corriger les sous-nutritions épisodiques et particulièrement après la mise-bas, période cruciale dans la gestion de la reproduction des vaches. Il permet de tester de nouveaux scénarios d'alimentations des vaches et mieux gérer les stocks d'aliments pour limiter le gaspillage des aliments. C'est un outil simple, facile à utiliser avec des sorties compréhensibles par les producteurs et efficace dans une démarche de conseil. Il serait plus performant s'il prenait en compte l'énergie ingérée directement dans le niveau de production de lait, les valeurs d'encombrements des différents aliments offerts, les besoins en PDI, en minéraux (Ca_{abs} et P_{abs}) et une évaluation

économique. Malgré ces lacunes, il convient bien pour piloter efficacement la production de lait et évaluer les effets de l'introduction de nouvelles pratiques dans la conduite d'alimentation des vaches allaitantes. Il pourrait servir de base pour alimenter une discussion constructive sur les pratiques actuelles des producteurs de lait en Afrique de l'Ouest.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par le projet STRADIV de Agropolis Fondation et la subvention de Thèse a été assurée par le programme CIRAD/AIRD. Les auteurs remercient les institutions de recherches (CIRDES, IDR, CIRAD) qui les accompagnent, le DP ASAP, les producteurs de Koumbia, du Camp peul de Nasso et du réseau de la laiterie Bonnet Vert pour la bonne collaboration.

REFERENCES

- Adamou-N'Diaye M., Ogodja O. J., Adjovi A., Gbangboche A. B., Hanzen C. H., 2001. Intervalle entre vêlages chez la vache Borgou au Bénin. *Annales Méd. Vét.*, 145 : 130 - 136. <http://hdl.handle.net/2268/8975>.
- Addinsoft. Paris, France, www.xlstat.com/fr/ (consulté en 2018).
- Agabriel J., 2007. *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. Besoin des Animaux-Valeurs des Aliments*. Tables INRA 2007. Editions Quae : Versailles.
- Corniaux C., Bonfoh B., Diallo A., Pocard-Chapuis R., Vias G., 2007. Réseaux de collecte et de distribution du lait dans les villes d'Afrique soudano-sahélienne. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 60 (1 - 4) : 21 - 28. DOI: <https://doi.org/10.19182/remvt.9973>
- 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.
- 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. Agri.*, 25 : 35005. DOI: 10.1051/cagri/2016019
- 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.5>
- 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) : 20 p. DOI: doi.org/10.1080/13892240485300061
- 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. Prod_Anim_2007_20_2_06.pdf (pdf)
- Froment P., 2007. Note d'état corporel et reproduction chez la vache laitière. Doctorat vétérinaire, Ecole National Vétérinaire d'Alfort, 126 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. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (6) : 2648 - 2662. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.11>
- 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
- INRA, 2007 : *INRAtion-Version Professionnelle Intégrale* (4^e Edition). Educagri éditions : Theix.
- Jarrige R. Ed., 1988. *Alimentation des bovins, ovins et caprins*. INRA, Paris, 476 p.
- Kassa K. S., Ahounou S., Dayo G. K., Salifou C., Issifou M. T., Dotché I., Gandonou P. S., Yapi-Gnaoré V., Koutinhoun B., mensah G. A., Youssao I. A. K. 2016. Performances de production laitière des races bovines de l'Afrique de l'Ouest. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (5): 2316-2330 <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.29>
- 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.
- Meyer C., 2009. Influence de l'alimentation sur la reproduction des bovins domestiques. Document de travail. CIRAD, 52 p.
- Rivière R., 1991. *Manuel d'Alimentation des Ruminants Domestiques en Milieu Tropical*. IEMVT, Collection Manuel et Précis d'Élevage, La Documentation Française : Paris.
- 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731109004248>.
- Sanogo O. M., 2011. Le lait, de l'or blanc ? Amélioration de la productivité des exploitations mixtes cultures-élevage à travers une meilleure gestion et alimentation des vaches laitières dans la zone de Koutiala, Mali. Thesis, Wageningen University, Wageningen, 158 p.
- Sib O., Bougouma-Yaméogo V. M. C., Blanchard M., Gonzalez-Garcia E., Vall E., 2017. La 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. Méd. Vét. Pays Trop.*, 70 (3) : 81 - 91, Doi: 10.19182/remvt.31521.
- Siemens M., 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].
- 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. DOI: 10.1016/j.agsy.2007.04.002
- Vall E. et Bayala I., 2004. Note d'état corporel des zébus soudaniens. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Procordel, Cirdes, 8p.