

Jabnde, appui à la croissance de la filière laitière à Madagascar

Auteur : Pegorier, Laurine

Promoteur(s) : Antoine-Moussiaux, Nicolas

Faculté : Faculté de Médecine Vétérinaire

Diplôme : Master en médecine vétérinaire

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/9613>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

JABNDE, APPUI A LA CROISSANCE DE LA FILIERE LAITIERE A MADAGASCAR

***JABNDE, SUPPORT FOR THE GROWTH OF THE MILK
SECTOR IN MADAGASCAR***

Laurine PEGORIER

Travail de fin d'études présenté
en vue de l'obtention du grade
de Médecin Vétérinaire

ANNEE ACADEMIQUE 2019-2020

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

JABNDE, APPUI A LA CROISSANCE DE LA FILIERE LAITIERE A MADAGASCAR

***JABNDE, SUPPORT FOR THE GROWTH OF THE MILK
SECTOR IN MADAGASCAR***

Laurine PEGORIER

Tuteur : ANTOINE-MOUSSIAUX Nicolas, Docteur vétérinaire

Travail de fin d'études présenté
en vue de l'obtention du grade
de Médecin Vétérinaire

ANNEE ACADEMIQUE 2019-2020

Le contenu de ce travail n'engage que son auteur

JABNDE, APPUI A LA CROISSANCE DE LA FILIERE LAITIERE A MADAGASCAR

OBJECTIF DU TRAVAIL :

L'objectif de ce travail est de présenter l'outil informatique de nutrition Jabnde, de décrire l'étude réalisée sur le terrain et de présenter l'intérêt de l'utilisation du logiciel dans le contexte de Madagascar.

RESUME :

Jabnde a été créé par le CIRAD, c'est un logiciel de nutrition capable d'établir des rations individuellement. Il prend en compte les caractéristiques zootechniques des animaux et l'environnement dans lequel ils évoluent. Sa particularité est donc de considérer la température comme paramètre influençant la capacité d'ingestion, l'effet de l'activité sur les besoins énergétiques et l'influence sur l'ingestion de la valeur d'encombrement des fourrages souvent pauvres dans les pays du Sud. Les différents systèmes de rationnement rencontrés à Madagascar ont été intégrés dans Jabnde, à savoir le système où les animaux pâturent ou reçoivent un fourrage à volonté, et le système appelé « Cut and Carry » où les animaux sont à l'étable et reçoivent une alimentation limitée. Le but du logiciel est d'optimiser les rations tant au niveau nutritionnel qu'au niveau économique. Il a été testé lors de mon étude sur le terrain dans la région du Vakinankaratra, considérée comme le triangle laitier de Madagascar. Cette région produit 80% de la production laitière nationale mais a été touchée de plein fouet par la crise politico-économique de 2009. Le logiciel permettrait de préconiser aux éleveurs des systèmes de rationnement durables et économiquement rentables pour leur permettre d'augmenter la production laitière de ce pays qui est concurrencée par l'importation de poudre de lait. Jabnde serait donc utile pour diminuer les coûts de production, augmenter les revenus de nombreuses familles rurales, améliorer les rations tant en quantité qu'en qualité, soutenir les laiteries locales en demande de lait frais pour pallier à la demande en augmentation.

JABNDE, SUPPORT FOR THE GROWTH OF THE MILK SECTOR IN MADAGASCAR

AIM OF THE WORK :

The objective of this work is to present the Jabnde nutrition computer tool, to describe the study carried out in the field and to present the interest of using the software in the context of Madagascar

SUMMARY :

Jabnde was created by CIRAD, it is a nutrition software able to establish rations individually. It takes into account the zootechnical characteristics of animals and the environment in which they evolve. Its particularity is therefore to consider the temperature as a parameter influencing the ingestion capacity, the effect of the activity on energy needs and the influence of the congestion value on the ingestion of forages often poor in southern countries. The different rationing systems encountered in Madagascar have been integrated into Jabnde, namely the system where animals graze or receive fodder at will, and the system called "Cut and Carry" where animals are in the barn and receive food limited. The purpose of the software is to optimize rations both nutritionally and economically. It was tested during my field study, in the Vakinankaratra region, considered the dairy triangle of Madagascar. This region produces 80% of national milk production but was hit hard by the political and economic crisis of 2009. The software would allow breeders to recommend sustainable and economically profitable rationing systems to enable them to increase milk production by this country which is competing with the import of milk powder. Jabnde would therefore be useful in lowering production costs, increasing the incomes of many rural families, improving rations both in quantity and quality, supporting local dairies in demand for fresh milk to offset the increasing demand.

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes ayant participé au bon déroulement de mon stage et qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail de fin d'études :

Merci au Docteur Antoine-Moussiaux, mon tuteur, pour ses conseils, son implication et son encadrement.

Merci à Eric Vall de m'avoir acceptée et investie au sein du Cirad. Je remercie également Mathieu Vigne pour m'avoir intégrée, encadrée et soutenue sur le terrain.

A Philippe Lecomte pour son écoute, ses conseils, son partage d'expérience et sa disponibilité.

A l'équipe de Fifamanor, en particulier Justine, Lovalovaniaina Jean Elisée et le Docteur Philibert.

Le voyage réalisé dans le cadre du présent travail a été rendu possible grâce au soutien financier de l'Académie de recherche et d'enseignement supérieur de la Fédération Wallonie-Bruxelles, Belgique, dans le cadre de sa politique de Coopération au développement.

Table des matières

Introduction	1
1. Jabnde, un outil de rationnement pour les pays du Sud.....	2
1.1. Critères environnementaux et zootechniques nécessaires	2
1.2. Calculs des besoins individuels	4
1.3. Evaluation de l'ingestion de l'animal	7
1.4. Pâturage ad libitum et système « Cut and Carry »	9
2. Cadre de l'étude	12
2.1. La région d'Antsirabé dans les Hautes Terres	12
2.2. Le stage et ses objectifs.....	16
2.3. Les résultats obtenus	17
3. Jabnde, un avenir dans l'appui à la production laitière à Madagascar	18
3.1. Minimiser les coûts de production	18
3.2. Améliorer l'alimentation des troupeaux	19
3.3. Une demande des laiteries locales	19
Conclusion.....	21
Références bibliographiques	22

Introduction

Le logiciel de nutrition Jabnde créé par le CIRAD est utilisé dans le cadre d'une intensification écologique de la production de lait et est intégré dans le projet Africa Milk. Ce projet concerne 4 pays d'Afrique : le Burkina-Faso, le Kenya, le Sénégal et Madagascar. Il vise à développer les filières laitières locales face à la concurrence de l'importation de poudre de lait et au manque d'intégration des élevages familiaux aux économies nationales. Pour cela, une partie du projet vise une amélioration des rendements des élevages laitiers. De ce fait, lors de mon travail, Jabnde a été testé dans la région du Vakinankaratra, considérée comme le triangle laitier de Madagascar. La croissance de la production laitière dans cette province engendre un problème dans la disponibilité et l'utilisation raisonnée des ressources alimentaires nécessaires aux vaches laitières. La situation de cette région reflète bien les problématiques que l'on peut rencontrer dans un projet qui vise des impacts sociaux, économiques et environnementaux.

La problématique proposée est : comment fonctionne le logiciel et dans quels intérêts sera-t-il utilisé ?

Ce travail présente le principe de fonctionnement du logiciel, l'étude sur le terrain pour sa validation et enfin l'utilisation du logiciel pour qu'il soit à l'avenir un appui durable à la filière laitière à Madagascar.

Non	Double	Numero	Complétion ?	Accès au parcours de Pâturage ?	Type-Racial	Sexe	Age (ans)	Poids vif estimé	NEC (1-5)	Gestation (mois)	Lactation (semaines)	Prod. Lait actuelle estimée	PL au pic
Joliette	MSB		OUI	0	T	F	10	475	3		66	10,4	16,5
Reinette	MSB		OUI	0	T	F	5	496	3	7			13,5
Sagette	MSB		OUI	0	T	F	5	480	3	4	45	13,9	21,5
Togette	MSB		OUI	0	T	F	5	504	3	4	40	12,2	21
Ursette	MSB		OUI	0	T	F	3	466	3	3	33	13	20

Figure 2 : page de description du troupeau dans Jabnde

La page de description du troupeau permet de décrire individuellement chaque animal présent dans l'exploitation (Figure 2). En plus des informations pour identifier les animaux dans le logiciel (nom de l'animal, nom du propriétaire en cas de regroupement de troupeau en pâturage, numéro d'identification s'il existe), il est demandé de renseigner des critères zootechniques indispensables pour le calcul des besoins nutritifs individuels et de la capacité d'ingestion. Ces critères sont : le type racial (zébu, race métisse ou race taurine), le sexe, l'âge (en années), le poids vif estimé (ou mesuré si possible), la note d'état corporel (NEC) sur une échelle de 1 à 5 sachant que 1 correspond à maigre et 5 correspond à obèse, le stade de gestation (en mois), le stade de lactation (en semaines), la production laitière quotidienne estimée ou mesurée le jour de la visite, et la production laitière au pic de lactation (PL au pic). La production laitière au pic de lactation est celle de la lactation actuelle ou celle de la lactation précédente selon le stade de lactation de l'animal au moment de la visite.

Dans le logiciel 3 types de races ont été définis, ils regroupent la variété de races que l'on peut rencontrer dans les pays d'Afrique. La race « zébu » correspond aux races indigènes, la race « métisse » correspond aux races améliorées par croisement entre une race indigène et non indigène, la race « taurine » correspond aux races non indigènes. Comme nous le verrons par la suite, cette différenciation permet au logiciel de calculer des besoins différents. En effet les taux butyreux sont différents entre les races par exemple, ainsi que le poids du veau à la naissance, ce qui fait varier les besoins nutritifs.

Dans ce travail nous décrirons uniquement l'utilisation du logiciel pour les vaches laitières, mais comme montré sur la Figure 2, il peut être utilisé pour des mâles à l'engraissement, il suffit de sélectionner le sexe de l'animal en encodant les données.

La page de description du troupeau peut être utilisée pour un seul animal, pour permettre un suivi individuel durant la lactation de l'animal par exemple. La ration serait établie au fil du stade de lactation. Un graphique peut illustrer la courbe de lactation pour estimer si cette dernière correspond à la production laitière potentielle de l'animal et ainsi corriger la ration.

1.2. Calculs des besoins individuels

BESOINS INDIVIDUELS			
UFL	PDI	EAU (lct)	Kg MS (pot)
8,2	830	88	13,8
4,6	397	53	9,5
10,5	1045	77	14,7
9,8	976	75	14,6
10,5	1043	75	14,3

Figure 3 : calculs des besoins nutritifs (UFL et PDI), des besoins en eau (EAU pot) et de la capacité d'ingestion (kg MS (pot) par Jabnde

Le logiciel calcule automatiquement les besoins des animaux en fonction des renseignements zootechniques apportés (Figure 3).

1.2.1. Besoins en énergie

Les besoins énergétiques sont exprimés en UFL (unité fourragère lait). Ces besoins sont la somme des besoins d'entretien (dépendants du poids vif, de l'activité physique et de la thermorégulation), des besoins de croissance dans le cas d'un veau auxquels s'ajoutent les besoins d'engraissement chez un animal à l'engrais ou les besoins de lactation et de gestation chez une vache laitière. On obtient pour une vache laitière d'après Jacques Agabriel (2007):

$$\text{Besoins en UFL} = \text{besUFL}_{\text{entretien}} + \text{besUFL}_{\text{croissance}} + \text{besUFL}_{\text{lactation}} + \text{besUFL}_{\text{gestation}}$$

Selon cet auteur on pourrait expliquer les modalités de calculs des besoins en énergie de cette manière (détails repris dans le Tableau I) : les besoins énergétiques d'entretien dépendent de l'activité de l'animal, qui est différente si ce dernier est en stabulation libre ou en étable entravée, et de son poids métabolique (poids vif ^{0,75}). Les besoins en énergie pour la croissance sont fonction de l'âge (en mois), en particulier pour les animaux de moins de 40 mois, les besoins sont nuls si l'âge est supérieur à 40 mois. Les besoins en énergie pour la production laitière sont égaux à la quantité d'énergie contenue dans le lait. La valeur énergétique du lait dépend surtout des teneurs en matières grasses, elle est en moyenne de 0,44 UFL par kilogramme de lait à 4% de taux butyreux (TB). Les taux butyreux dépendent de la race, dans Jabnde on estime une valeur standard de matière grasse pour chaque race :

50g/kg chez le zébu, 45g/kg chez une métisse et 40g/kg chez une race taurine. Cependant la formule devrait être adaptée et prendre en compte le taux protéique dans le cas où une ration utilisée induit de faibles taux butyreux. Les besoins en énergie de gestation sont calculés à partir du stade de gestation (en semaines) et du poids du veau attendu à la naissance. Ces besoins sont réellement significatifs pendant les 3 derniers mois de gestation. Le poids du veau dépend de la race et est estimé dans Jabnde à 20kg pour un zébu, 30kg pour une métisse et 40kg pour une race taurine.

Tableau I : équations utilisées pour le calcul des besoins énergétiques (Agabriel, 2007)

Besoins d'entretien	$\text{besUFL}_{\text{entretien}} = 0,041 \times \text{PV}^{0,75} \times \text{I} ;$ <p>avec PV le poids vif et I l'indice d'activité qui vaut 1 si l'animal est entravé, 1,1 si il est en stabulation libre, 1,2 si il est mis au pâturage</p>
Besoins pour la croissance	$\text{besUFL}_{\text{croissance}} = 3,25 - (0,08 \times \text{âge})$ <p>avec l'âge en mois</p>
Besoins pour la production laitière	$\text{UFL}_{\text{production}} = 0,44 \times \text{PL}_{0,4\%} = 0,44 \times [\text{PL} \times (0,4 + 0,15 \times \text{TB})]$ <p>avec PL la production laitière quotidienne en litres</p>
Besoins pour la gestation	$\text{besUFL}_{\text{gestation}} = 0,00072 \times \text{PoidsVif}_{\text{veau}} \times \exp^{0,116 \times \text{SG}}$ <p>avec SG : semaine de gestation</p>

Toutes ces équations sont basées sur observations sur des animaux en pays tempérés. On estime que les besoins seraient en réalité plus importants dans les pays chauds en raison des dépenses énergétiques plus élevées. D'après Delaby et al (2018) ces dépenses sont dues à une activité plus intense car le pâturage est la principale source d'alimentation et à un effort de mastication plus important en raison de la pauvreté des fourrages. Les besoins d'entretien augmenteraient de 10%.

1.2.2. Besoins en protéines

Les besoins protéiques, exprimés en PDI (protéines digestibles dans l'intestin, en g/j), se calculent avec la même logique que les besoins énergétiques (Jacques Agabriel, 2007):
 Besoins en PDI = $\text{besPDI}_{\text{entretien}} + \text{besPDI}_{\text{croissance}} + \text{besPDI}_{\text{lactation}} + \text{besPDI}_{\text{gestation}}$.

Le détail des paramètres utilisés sont repris dans le Tableau II. Les besoins protéiques pour l'entretien dépendent uniquement du poids vif de l'animal, ils augmentent à raison de 3,25g par kilogramme de poids vif. Les besoins en protéines pour la croissance sont significatifs pour les animaux de moins de 40 mois d'âge. Les besoins protéiques pour la production laitière sont calculés d'après les besoins d'un kilogramme de lait standard à 31g de protéines, soit 48g de PDI par kilogramme de lait. Les besoins de gestation sont significatifs durant les 3 derniers mois et dépendent du poids du veau à la mise-bas.

Tableau II : équations utilisées pour les besoins protéiques (Agabriel, 2007)

Besoins d'entretien	$\text{besPDI}_{\text{entretien}} = 3,25 \times \text{PV}$
Besoins pour la croissance	$\text{besPDI}_{\text{croissance}} = 422 - (10,4 \times \text{âge})$ avec l'âge en mois
Besoins pour la production de lait	$\text{besPDI}_{\text{lactation}} = 0,48 \times \text{PL}$
Besoins pour la gestation	$\text{besPDI}_{\text{gestation}} = 0,07 \times \text{PoidsVif}_{\text{veau}} \times \exp^{0,111 \times \text{SG}}$

1.2.3. Besoins en eau

Les besoins en eau dépendent du type racial (Tableau III), de la température ambiante, du stade de gestation (en semaines), de la production laitière et de la quantité de matière sèche ingérée modulée par la température (IngPotT°) (cf chapitre I.3.3).

Tableau III : équation utilisées dans Jabnde pour les besoins journalier en eau (en litres) (Lecomte Ph.)

Race locale (zébu)	$\text{Besoins en eau} = 1,343 \times \exp^{0,05 \times \text{T}^\circ} \times \text{IngPotT}^\circ \times \text{SG} + 0,1 \times \text{PL}$
Race métisse	$\text{Besoins en eau} = 1,3922 \times \exp^{0,0525 \times \text{T}^\circ} \times \text{IngPotT}^\circ \times \text{SG} + 0,1 \times \text{PL}$
Race taurine	$\text{Besoins en eau} = 1,445 \times \exp^{0,0546 \times \text{T}^\circ} \times \text{IngPotT}^\circ \times \text{SG} + 0,1 \times \text{PL}$

En moyenne il faut 3,5 à 4,0 litres d'eau par kilogramme de matière sèche, sachant qu'une vache laitière de 500kg selon son niveau de production peut ingérer entre 2,2 et 3,5 kg de matière sèche de fourrage par 100kg de poids vif et par jour (Rasamizafimanantsoa A et al., 2008).

1.3. Evaluation de l'ingestion de l'animal

1.3.1. Estimation de la quantité de matière sèche ingérée

Pour un utilisateur du logiciel, la capacité d'ingestion (CI) est traduite en quantité de matière sèche ingérée potentiellement par l'animal et par jour (la colonne « Kg MS (pot) » dans la Figure 3). Cette capacité d'ingestion dépend uniquement des paramètres de l'animal, à ce stade elle n'est pas influencée par l'environnement (stress, température, maladie...) ni par les caractéristiques de son alimentation. Les équations utilisées sont décrites dans le Tableau IV.

Tableau IV : équations utilisées dans Jabnde pour le calcul de la quantité de matière ingérée (MSI) par jour (en kilogramme) (Lecomte Ph.)

Animal sans production laitière	$MSI = 0,09 \times PV^{0,75}$
Vache laitière en lactation	$MSI = 0,086 \times PV^{0,75} + 0,244 \times PL + 2,52$

1.3.2. Capacité d'ingestion en UEL

Dans une autre page de calcul du logiciel la capacité d'ingestion est exprimée en unité d'encombrement lait (UEL). L'équation prend compte les caractéristiques de l'animal (le poids vif, la note d'état corporel et la production laitière potentielle (PL_{pot}) mais est aussi modulée par trois index reflétant précisément le stade physiologique de l'individu (Tableau VI) : l'index de lactation (IL), l'index de gestation (IG) et l'index de maturité (IM). En effet la capacité d'ingestion augmente avec la production laitière potentielle (0,15 UEL/kg de lait), avec le format de l'animal (0,015 UEL/kg de poids vif) et d'une certaine manière avec l'âge de l'animal, mais diminue en fin de gestation et est réduite en début de lactation.

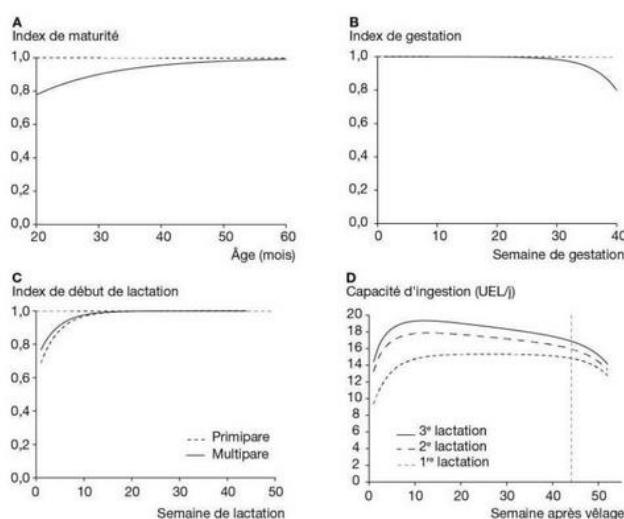


Figure 4 : évolution des index de maturité (A), de gestation (B) et de lactation (C) et de la capacité d'ingestion pour une vache avec une PL_{pot} de 9000kg au cours des 3 lactations (D) (Agabriel, 2007)

Comme démontré dans la Figure 4, on considère que la maturité de l'animal a une influence sur la capacité d'ingestion de l'animal, les primipares ont une capacité d'ingestion plus faible que les multipares, l'index de maturité augmente donc avec l'âge. L'index de gestation diminue à partir de la vingtième semaine de gestation, ce qui traduit l'effet de compression de l'utérus sur le rumen. L'index de lactation est faible au début et atteint son maximum à partir de la vingtième semaine, en effet le temps que le rumen retrouve son volume maximal après le part la capacité d'ingestion de l'animal se voit être réduite.

L'équation pour définir la capacité d'ingestion d'après Agabriel (2007) est donc : $CI = [13,9 + (0,015 \times (PV-600)) + (0,15 \times PL_{pot}) + (1,5 \times (3-NEC))] \times IL \times IG \times IM$. En 2018, Delaby et al. estiment que cette équation devrait prendre en compte un index supplémentaire spécifique de la teneur en protéines de la ration.

Tableau VI : équations des index influençant la capacité d'ingestion (Agabriel, 2007)

Index de lactation	$IL = a + (1-a) \times (1 - \exp^{-0,25 \times SL})$ avec $a = 0,6$ chez une primipare et $0,7$ chez une multipare
Index de gestation	$IG = 0,8 + 0,2 \times (1 - \exp^{-0,25 \times (40-SG)})$
Index de maturité	$IM = 0,1 + 1,1 \times (1 - \exp^{-0,08 \times \text{âge}})$ avec l'âge en mois

La capacité d'ingestion est dépendante de la production laitière potentielle (Tableau V) et non de la production réelle. La production potentielle dépend de la génétique, du rang de lactation, du stade de lactation en semaines (SL) et du stade de gestation (SG) également en semaines. Il faut connaître la production au moment du pic de lactation (PL_{max}).

Tableau V : équations utilisées pour le calcul de la production de lait potentielle (Agabriel, 2007)

Production laitière potentielle d'une primipare	$PL_{pot} = PL_{max} \times [1,084 - (0,7 \times \exp^{-0,46 \times SL}) - (0,009 \times SL) - (0,69 \times \exp^{-0,16 \times (45-SG)})]$
Production laitière potentielle d'une multipare	$PL_{pot} = PL_{max} \times [1,047 - (0,69 \times \exp^{-0,90 \times SL}) - (0,0127 \times SL) - (0,50 \times \exp^{-0,12 \times (45-SG)})]$

1.3.3. Effet de la température sur la capacité d'ingestion

Chaque race réagit différemment à la température ambiante. L'effet est différent selon la race (Tableau VII), les races indigènes étant plus adaptées au stress thermique, l'effet sur l'ingestion est différent de celui estimé chez les races indigènes. La température est prise en compte dans les calculs si la température est supérieure ou égale à 25°C.

Tableau VII : calcul de la capacité d'ingestion de matière sèche par jour modulée par la température (IngPotT°) (Lecomte Ph.)

Race locale	$\text{IngPotT}^\circ \text{ (en kg/jour)} = \text{MSI} \times (1 - T^\circ \times 0,01)$
Race métisse	$\text{IngPotT}^\circ \text{ (en kg/jour)} = \text{MSI} \times (1 - T^\circ \times 0,015)$
Race taurine	$\text{IngPotT}^\circ \text{ (en kg/jour)} = \text{MSI} \times (1 - T^\circ \times 0,012)$

Pour plus de précision il faudrait prendre en compte la température et l'hygrométrie car c'est la combinaison de la température et de l'humidité qui a un effet négatif sur l'ingestion et donc sur la croissance et la production laitière. Un index a été créé par l'Inra en 2018, l'index température-humidité pour évaluer le stress thermique que peuvent rencontrer les animaux. Bouraoui et al (2002) estiment que la production laitière et l'ingestion diminuent quand le THI passe de au-delà de 68 (22°C et 45% d'humidité) chez une vache Holstein. La quantité de lait produite diminue de 0,41 kg/jour par unité de THI au-dessus de 68, et entre un THI de 68 et 78 l'ingestion diminue de presque 10%.

1.4. Pâturage ad libitum et système « Cut and Carry »

Dans les pays du Sud, deux systèmes de rationnement peuvent être rencontrés, soit les animaux sont en permanence à l'extérieur en pâturage, soit ils sont en stabulation. Dans le cas d'animaux à l'étable l'éleveur doit récolter les fourrages et les apporter à l'auge, c'est ce qu'on appelle le système « Cut and Carry ». Après avoir sélectionné les ressources alimentaires dont dispose l'animal dans sa ration ou au pâturage dans la base de données du logiciel, où toutes les caractéristiques nutritionnelles de chaque ressources sont enregistrées, il suffit de choisir la situation que l'on rencontre chez l'éleveur : pâturage (ou alimentation à volonté) ou système « Cut and Carry ».

Si l'animal est au pré ou s'il reçoit un fourrage à volonté à l'auge, le logiciel estime que le fourrage principal pâturé est ingéré au maximum de la capacité d'ingestion de l'animal

Paturage libre ou distribution à volonté du fourrage de base

						Retour	Apports individuels de compléments								Initialiser	Optimiser	Suivant				
							PRIX <i>En kg M Brute //</i>														
							50	10	1200			MGA/kg									
							F	F	C				Global								
							Matière en oriza // P		Régime // Ragra	Provenance Qualité I			Glt tot MS Ing	Bilan individuelle UFL	+/-	Bilan individuelle PDI	-/-	Cout MGA/l	MGA/ litres	CH4 g/l	Manur e (kgMS /l)
Nom	Douaire	CL	Poids	Ing. Pot. Corr. J T KgMS	Fbase ingéré J VEF KgMS	Couv. UFL	+/-	Couv. PDI	+/-												
Joliette	OIV	MSD	10,4	475	13,8	11,2	-1,7	-316	9,8	11,2	↑	-1,7	-316	690	66,4	39,1	5,8				
Reinette	OIV	MSD	480	496	9,5	7,7	-0,1	-46	9,5	7,7	↓	-0,1	-46	473	40,8	40,8	4,0				
Sagette	OIV	MSD	13,9	480	14,7	12,0	-3,5	-498	14,7	12,0	↑	-3,5	-498	736	53,0	39,5	6,2				
Taquette	OIV	MSD	12,2	504	14,6	11,9	-2,9	-432	14,6	11,9	↓	-2,9	-432	732	60,0	41,5	6,2				
Urssette	OIV	MSD	13,0	466	14,3	11,6	-3,8	-510	14,3	11,6	↑	-3,8	-510	716	55,1	38,4	6,1				
NON																					

Alimentation limitée "Cut & Carry"

						Apports individuels de fourrages & compléments				Initialiser		Optimiser		Suivant				
						En kg M Brute //				MGA/kg brut								
						PRIX												
						50 10 1200												
						F F C												
						Mélange au choix H F												
						Régime(s) / Régime												
						Provenance Qualité I												
						Qté tot MS ing												
												Global						
												Bilan individu UFL +/- Bilan individu PDI +/-						
												Cout MGA/l MG A/l CH 4 g/j Manu e (kgMS //)						
Nom	Complexes Azote D N 4	Douaire	CL	Poids		Ing. Max. Corr. T° KgMS												
Joliette	OUI	MSD	10,4	476	13,8	10,0	10,0	4,0		13,4	→	1,8	●	286	●	5400 ###	###	5,34
Reinette	OUI	MSD		495	9,5	8,5	10,0	1,0		9,5	→	1,8	●	216	●	1725	###	4,29
Sagette	OUI	MSD	13,9	480	14,7	9,0	10,0	6,0		14,4	→	0,9	●	331	●	7750 ####	###	5,24
Tayette	OUI	MSD	12,2	504	14,6	10,0	10,0	4,0		14,4	→	0,1	●	140	●	5400 ###	###	5,34
Ursette	OUI	MSD	13,0	466	14,3	8,0	10,0	6,0		13,6	→	0,3	●	297	●	7700 ####	###	4,83
NON																		

Figure 5 : page utilisée dans le cas d'un système « Cut and Carry » (Jabnde)

10

MS) avec comme fourrage de référence une herbe feuillue de prairie coupée au stade pâturage au cours du premier cycle avec une valeur d'encombrement de 1 UE/kg MS.

La colonne « Fbase ingérée/VEF » correspond à la quantité de fourrage ingérée (en kg de MS) selon la valeur d'encombrement du fourrage. La valeur d'encombrement d'un fourrage prend en compte les caractéristiques de ce dernier (famille botanique, espèce végétale, stade végétatif, composition, méthode de conservation...) (Agabriel, 2007). La valeur d'encombrement d'un aliment est donc une fonction inverse de son ingestibilité: plus un fourrage est grossier, plus il sera encombrant dans le rumen et moins il sera ingéré par l'animal.

Les colonnes « Couv UFL » et « Couv PDI » indiquent si l'ingestion du fourrage de base couvre à elle seule les besoins UFL et PDI de l'animal. Une valeur négative indique que les apports nutritifs du fourrage de base ne comblent pas les besoins de l'animal et à l'inverse, une valeur positive indique que les besoins sont couverts. Les indicateurs colorés (rouge, jaune, vert) donnent un aperçu de l'importance de la différence entre apports et besoins. Les colonnes dans la partie bilan individuel UFL et PDI quant à elles illustrent la couverture des besoins par la ration totale une fois les quantités de matière brute de chaque ressource de la ration encodées. Pour l'instant le logiciel ne permet que d'encoder 5 constituants de ration différents.

La colonne « Qté tot MS ing » correspond à la quantité totale de matière sèche ingérée. Les flèches indiquent si on peut augmenter ou non la quantité à ingérer, en comparant avec l'ingestion potentielle corrigée par la température. Une formule calcule ensuite le rapport entre les quantités de matière sèche apportées et la capacité maximale de l'animal et trois zones de valeurs ont été définies : excès, +/- équilibré et déficit par rapport à la capacité d'ingestion. La flèche horizontale apparaît quand le rapport est compris entre 0,85 et 1,05. En ajoutant des quantités de concentrés ou de fourrages secondaires au fourrage de base, la quantité ingérée de ce dernier diminue par principe de substitution. En effet la consommation en matière brute d'un autre fourrage ou d'un aliment concentré entraîne une diminution des quantités brutes du fourrage de base ingérées, généralement inférieure à l'augmentation de quantité brute d'un autre élément, l'ensemble étant ensuite traduit en matière sèche (Agabriel, 2007).

Le logiciel renseigne également le coût de la ration par jour et par litre de lait, ainsi que la quantité de méthane et de fumure produites par jour. Les équations ne seront pas précisées dans ce travail car elles sont encore à vérifier.

2. Cadre de l'étude

2.1. La région d'Antsirabé dans les Hautes Terres

La validation du logiciel a été réalisée pendant mon stage à Antsirabé, capitale administrative de la région du Vakinankaratra sur les Hautes Terres de Madagascar. Cette région fait partie du triangle laitier avec 5 autres régions (Figure 6). Dans ce triangle laitier la majorité de la production laitière du pays y est produite, environ 90%. La production nationale représente environ 50 millions de litres par an (Pleurdeau, 2009).

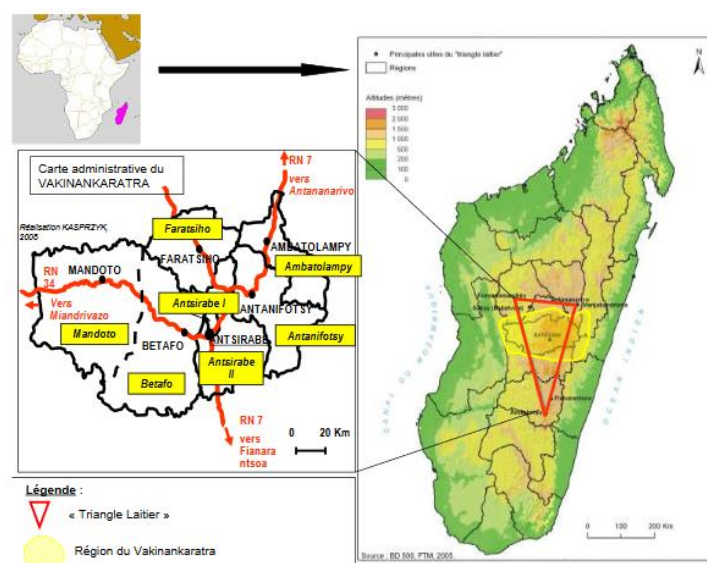


Figure 6 : carte de Madagascar et représentation du triangle laitier (Pleurdeau, 2009).

Cette région des Hautes Terres rencontre des températures plus fraîches que le reste du pays (22°C en moyenne en saison chaude contre 12°C de moyenne en saison froide avec des minimums à 0°C), à cause de son relief avoisinant les 1 500 - 1 800 mètres d'altitude, et une pluviométrie favorables à l'élevage et aux cultures rizicoles. Des industries agro-alimentaires comme la brasserie STAR et la minoterie KOBAMA permettent une fourniture en sous-produits de transformation utilisés par les éleveurs.

La région du Vakinankaratra s'étend sur 19 205 km² et comptabiliserait 20 000 vaches laitières avec environ 10 000 éleveurs laitiers (Pleurdeau, 2009). En 2006, la surface fourragère était estimée à seulement 4 500 hectares, ce qui reflète bien l'importance des cultures vivrières par rapport aux cultures pour le bétail pour ces populations rurales. Peu d'études sur ce secteur ont été réalisées, les chiffres n'ont pas été mis à jour récemment, les derniers datent de 2009-2010. On estime que la productivité des vaches est relativement faible, environ 2 500 litres/vache/an (Rasamizafimanantsoa A et al., 2008). Une exploitation laitière possède entre 0,5 et 3 hectares (Penot et al. 2016).

Les races laitières rencontrées sont principalement la Rana, la normande, la frisonne, la pie-rouge norvégienne ou des races métisses (Duba, 2010). Les races améliorées ont été introduites dans les années 1970 par les norvégiens. Les exploitations sont de petite taille et surtout familiales, un éleveur détient entre 5 et 9 vaches. La plus grosse exploitation dans le secteur d'Antsirabé est Fifamanor, la ferme de Tiko étant fermée depuis la crise politique et financière en 2009. Dans cette région, les vaches laitières contrairement aux zébus élevés pour la viande représentent une certaine richesse qu'il faut préserver. Les animaux sont donc en stabulation majoritairement pour éviter le vol de bétail. Cette technique d'élevage en étable concerne tout de même de plus en plus les élevages de zébus à cause du risque de vol, rituel de passage du jeune homme vers l'âge adulte.

Dans cette région le climat est favorable à la polyculture et les conditions climatiques permettent de cultiver du fourrage toute l'année ce qui permet une production laitière continue contrairement aux autres régions où on trouve une production plus saisonnière. La saison de forte production est celle de la saison des pluies, dite saison chaude, de novembre à mars. La saison sèche, la plus froide, s'étend d'avril à octobre. Bien que la disponibilité en fourrage soit possible toute l'année dans les Hautes Terres, les vaches sont rationnées différemment selon les saisons (Figure 7). A Madagascar, 4 types de fourrages sont utilisés (Duba, 2010): les graminées, les légumineuses (trèfle, vesce, luzerne), les fourrages à racines tubérisées (radis, patate douce) et les résidus de récoltes vivrières (paille de riz, d'orge).

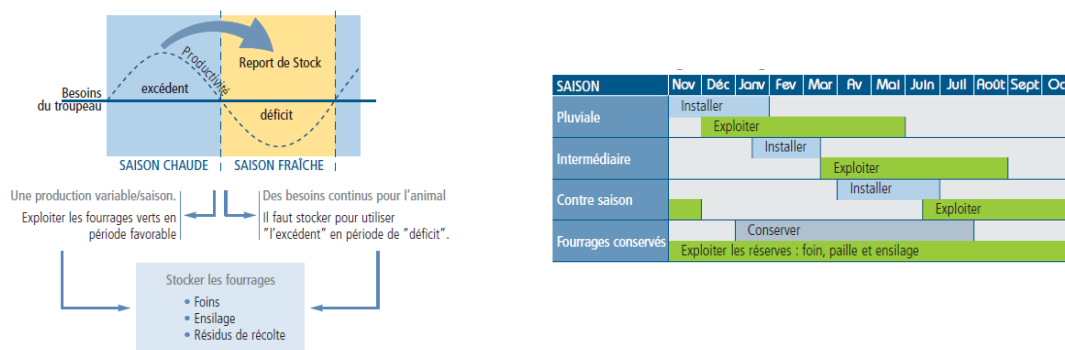


Figure 7 : Représentation de l'exploitation saisonnière des fourrages (Rasamizafimanantsoa A et al., 2008)

Pendant la saison des pluies le pâturage naturel ou cultivé est l'alimentation principale. Les plantes fourragères rencontrées pendant cette saison sont surtout le maïs et les graminées (le pennisetum, les brachiarias et le chloris principalement). En saison sèche les éleveurs utilisent les résidus de cultures vivrières comme la paille de riz ou d'orge, des graminées cultivées sur *tanety* comme l'avoine, ou des graminées cultivées dans les rizières à la contre-saison comme le ray-grass (Figures 8 et 9). Les *tanety*s sont des collines en amont des rizières où sont cultivées des cultures dites pluviales. Ces terres sont souvent moins fertiles que les rizières. Comme illustré dans la Figure 9, les rizières peuvent être cultivées en culture fourragère en saison sèche. Mais en réalité très peu de rizières sont propices à ce genre de rotation, en effet il est nécessaire de drainer la rizière avant d'y planter du fourrage. Le drainage manuel est fastidieux, il faut donc des rizières qui se drainent naturellement.

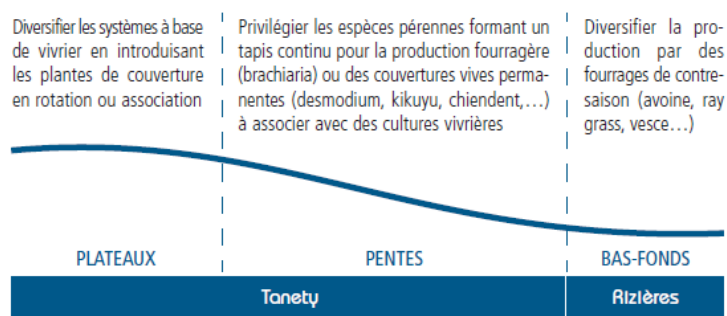


Figure 8 : Cultures à privilégier selon la situation de la parcelle (Rasamizafimanantsoa A et al., 2008)

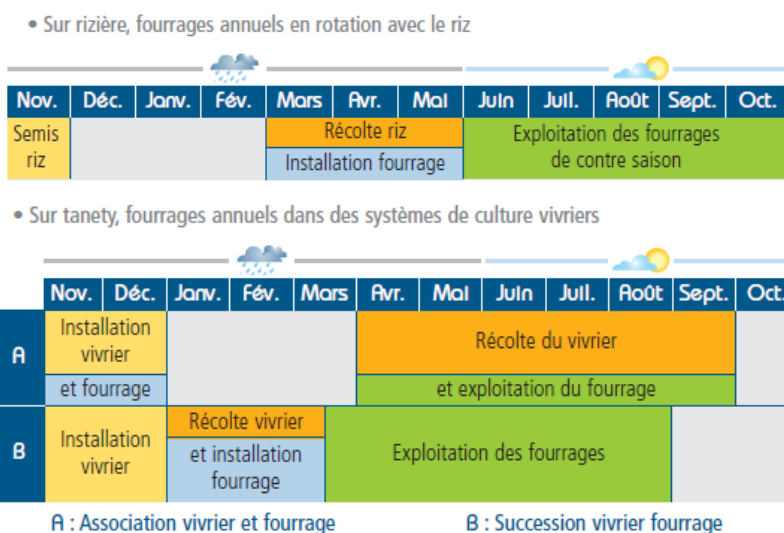


Figure 9 : Exemples d’organisation des cultures fourragères et vivrières (Rasamizafimanantsoa A et al., 2008)

Les techniques de conservation des fourrages sont peu répandues car elles demandent une charge de travail supplémentaire. Les fourrages sont en général coupés et distribués frais, sauf les pailles qui peuvent être stockées au sec pour être utilisées toute l’année. La technique d’ensilage est promue par le Fifamanor pour conserver le maïs et le pennisetum. L’ensilage de maïs est conservé en silo, l’ensilage de pennisetum peut être conservé en balles enrubannées de plastiques. Très peu d’éleveurs ont les moyens de construire des silos en bétons et de se fournir en bâches plastiques.

En complément des fourrages les éleveurs utilisent des drèches de brasserie, disponibles grâce à la brasserie STAR à proximité, et des concentrés. Cette utilisation est très variable d’une exploitation à l’autre, elle dépend de leurs revenus ainsi que de leur accompagnement par un organisme d’appui ou une coopérative. Seule la coopérative ROVA fournit de la provende commerciale à certains éleveurs (Duba, 2010), l’entreprise TIKO n’étant plus en activité. D’autres fabriquent leur propre provende à partir de formules élaborées par Fifamanor. Ces formules de provende sont élaborées selon les fourrages distribués aux animaux et elles utilisent par exemple des tourteaux d’arachide, du maïs, du son de blé ou de riz, de la poudre de coquillages, des minéraux...

L’élevage et l’agriculture sont en relation étroite grâce à l’utilisation des sous-produits de culture mais aussi par l’utilisation de fumier valorisé comme fertilisant pour les cultures vivrières. Très peu d’engrais chimiques sont utilisés car leurs coûts sont très élevés. Les

litières sont surtout faites de paille de riz ou de feuilles voire de tiges de maïs ou de patate douce.

2.2. Le stage et ses objectifs

Le stage s'inscrit dans le projet Africa Milk dans la tâche intitulée « Co-design and simulation workshops for technical innovations ». Il s'intègre plus précisément dans l'étape d'exploration de différents scénarios d'intensification agro-écologiques de la production laitière et son but est de simuler différents types de rationnement en utilisant un modèle informatique pour aboutir à la sélection de modes de rations prometteurs.

Dans un premier temps les objectifs du stage étaient :

- 1) Adapter l'outil de rationnement (Jabnde) au contexte de Madagascar, c'est-à-dire ajouter la liste des ressources alimentaires avec leurs caractéristiques UFL, UE, PDIE, PDIN... et mettre à jour Jabnde sous Excel 2016 ;
- 2) Vérifier que les sorties de Jabnde correspondent aux hypothèses de calculs ;
- 3) Utiliser l'outil pour élaborer avec un échantillon de producteurs (une vingtaine) des schémas de rationnement innovants possibles (c'est-à-dire s'inscrivant dans une perspective d'intensification agro-écologique)

L'étude de terrain s'est déroulée du 30 septembre au 24 novembre 2019. Les résultats alimenteront ensuite la tâche 3.2 du projet Africa Milk : expérimentations des solutions prometteuses.

Le premier objectif consistait à encoder les ressources utilisées dans la ration des vaches laitières à Madagascar. Pour cela nous avons rassemblé les différentes ressources avec le maximum de valeurs nutritives connues (matière sèche, valeurs UFL, PDI, UEL, ainsi que la cellulose brute, la protéine brute, le calcium et le phosphore) et en précisant les références complètes dans la feuille « Fourrages concentrés » du logiciel. Les ressources sont classifiées dans différentes catégories : végétation, graminées cultivées, foin, concentré, sous-produits...

Le deuxième objectif qui consiste en la vérification des sorties du logiciel nécessite des données de troupeau. Le but est de vérifier si le logiciel estime correctement les quantités de matière sèche ingérées, s'il y a accord entre la ration distribuée et la ration estimée par le

logiciel. Pour cela j'ai collecté des données de troupeau de la ferme de Fifamanor (centre de développement rural et de recherche appliquée) et de deux éleveurs suivis par une technicienne du Fifamanor. Les informations sont collectées toutes les semaines chez les deux éleveurs sélectionnés. La production laitière et le poids sont des paramètres utilisés pour trouver une corrélation entre la couverture des besoins nutritionnels et l'état de l'animal et de sa production.

2.3. Les résultats obtenus

La situation du troupeau de Fifamanor ne permettant pas de tester correctement la ration, j'ai dû travailler sur les données des années précédentes. Malheureusement ces données n'étaient pas suffisamment précises et ne permettaient pas de vérifier les estimations du logiciel. Les rations encodées aboutissaient à des quantités de matière sèche ingérée incohérentes, trop élevées par rapport à la capacité des animaux.

Les données collectées concernant la ration et les historiques des animaux chez les 2 éleveurs sont basées sur le discours de l'éleveur. Seuls le poids et la production laitière quotidienne sont mesurés chaque semaine. La quantité des composants de la ration est estimée, car aucun moyen de pesée n'est disponible, et la composition et les valeurs nutritives des provendes commerciales sont inconnues. Chez un éleveur, les informations sur les animaux (gestation, semaine de lactation, pic de lactation) ont été obtenues grâce à des documents tenus au fil des années alors que chez l'autre ces informations étaient déclaratives. Au total je n'ai travaillé que sur les informations collectées pour une quinzaine de vaches.

Pour pouvoir encoder les rations il a fallu modifier le logiciel. La page « Cut and Carry » a donc été créée pour pouvoir modifier la quantité du fourrage principal de la ration, ce qui n'était pas permis par la page « pâturage libre ou distribution à volonté de fourrage de base » (Figures 4 et 5). Grâce aux essais d'encodage de rations réelles nous avons pu apporter quelques modifications au logiciel et déceler que la quantité totale de matière sèche ingérée et les bilans individuels UFL et PDI étaient différents entre la situation du pâturage ou alimentation à volonté et le système « cut and carry ».

3. Jabnde, un avenir dans l'appui à la production laitière à Madagascar

3.1. Minimiser les coûts de production

Depuis la dernière crise politique sur la filière laitière en 2009 le principal centre de collecte TIKO dirigé par l'ancien président du pays a fermé, il collectait 50% de la production de la région du Vakinankaratra. Dans certains secteurs le prix du litre de lait a chuté de 600 Ariary à 100-150 Ariary (Duba, 2010). Les éleveurs ont dû s'adapter en rationnant leurs animaux de manière à diminuer la production car le marché était saturé et il était important de réduire les charges et les pertes. En 2010, Duba a démontré que dans le triangle laitier l'élevage laitier représente entre 10 et 20% du revenu des familles. Aujourd'hui le prix de vente du litre de lait varie entre 1 600 et 2 000 Ariary (entre 37 et 46 centimes d'euros) avec un coût de production du litre de lait allant de 186 à 507 Ariary (Béliers et Lançon, 2020).

Afin de répondre à l'intérêt de minimiser les coûts de production pour améliorer les revenus des éleveurs le logiciel est capable d'optimiser la ration. Il peut établir un équilibre nutritionnel avec un coût de production optimal. La recherche d'un optimum étant manuellement assez fastidieuse le tableur peut l'effectuer automatiquement en recourant à solveur interne qui recourt à la programmation linéaire et dans un système d'équations minimise le coût de la complémentation sous contraintes d'équilibre en énergie (balance UFL ≥ 0) et en protéines (balance PDI ≥ 0) et de quantité maximale de matière sèche potentiellement ingérée (Qté Tot MS \leq Ing Pot).

Le logiciel est donc capable de réduire les quantités des ressources considérées comme trop chères par rapport au fourrage par exemple. Très peu d'éleveurs évaluent correctement leur coût de production, le logiciel leur permettra de mieux comprendre les enjeux économiques à revoir leur ration. Ils auraient tout intérêt à maintenir un modèle d'élevage extensif et de valoriser les ressources naturelles plutôt que d'investir dans une complémentation commerciale souvent très coûteuse.

3.2. Améliorer l'alimentation des troupeaux

Jabnde doit permettre de sélectionner des rations prometteuses, permettant de d'augmenter la production laitière à moindre coût. Pour cela il faudrait encoder une ration qui couvre les besoins d'une production laitière potentielle si cette dernière est supérieure à la production laitière quotidienne. On cherchera ainsi à tirer le maximum de la capacité de production de l'animal tout en minimisant les charges.

Une autre utilisation pourrait être envisagée : celle d'estimer les quantités de matières sèches des fourrages cultivés consommées par un troupeau sur une saison, pour permettre à l'éleveur de gérer les superficies à réserver pour son élevage par rapport aux cultures vivrières. Dans le cas où une partie des fourrages est achetée, il pourra évaluer le budget à réserver pour les frais occasionnés. Sachant le rendement de matière sèche à l'are de certains fourrages on peut évaluer la superficie à cultiver : par exemple d'après Rasamizafimanantsoa et al. (2008) le maïs produirait 300 à 400 kg d'ensilage par are, le raygrass au stade de montaison produirait 80 à 150kg de matière sèche par are. Il serait possible d'estimer et de gérer les stocks de fourrages secs, d'ensilage et de résidus de culture. Finalement l'éleveur se verra proposer un plan de rationnement et de culture pour le long terme, avec une ration différente par saison et non par semaine ou mois comme j'ai pu le rencontrer sur le terrain.

La croissance et la densité démographique sont un frein à l'intensification agricole. A l'avenir les éleveurs devront certainement changer de mode de gestion des cultures. Non seulement les éleveurs devront raisonner leur approvisionnement et leur stock de fourrage pour la saison sèche en envisageant des techniques de conservation (foin et ensilage) mais ils devront également rentabiliser au maximum leurs surfaces cultivables en envisageant des cultures en associations (Figure 9, schéma A). Le principe des cultures en association consiste à cultiver du fourrage en couverture des cultures vivrières. Ce système appelé SCV (culture sur couverture permanente des sols) est d'ailleurs testé dans la région du Vakinankaratra depuis 2003 (Mouret, 2012).

3.3. Une demande des laiteries locales

En 2018, la production laitière nationale était évaluée à 120 millions de litres (120 000 tonnes), dont 100 millions produits par le triangle laitier. Pourtant les importations de poudre de lait représentent environ 5 000 tonnes, ce qui représente 38 000 tonnes de lait (Béliers et

Lançon, 2020). Le lait local peut être compétitif à la poudre de lait au niveau prix : le lait frais est commercialisé selon les zones de productions entre 900 000 et 1 300 000 Ariary la tonne (entre 210 et 302 euros), contre 1 252 000 Ariary (290 euros) la tonne de poudre de lait. La poudre de lait est principalement transformée par des agro-industriels alors que le lait frais est transformé à 90% par des laiteries locales de type artisanal. La demande en lait dans le pays est en forte croissance à cause de l'évolution des modes alimentaires et de la croissance démographique. De plus, la poudre de lait ré-engraisser à l'huile de palme présenterait une moindre qualité nutritionnelle que le lait frais, et qu'en a l'effet du lait dit « ré-engraissé » sur la santé du consommateur aucune étude n'a été réalisée (SosFaim)

Les deux principales laiteries qui se chargent de la collecte et de la transformation dans le secteur d'Antsirabé sont Sodimilk et Socolait (anciennement Nestlé SA). Socolait récolte jusqu'à 11 000 kg de lait par jour et Sodimilk seulement 1 500 kg par jour avec pour objectif d'en récolter jusqu'à 2 500 kg. Ces laiteries commercialisent du lait frais, du yaourt, du beurre et du fromage. Elles ne transforment pas de lait en poudre donc dépendent entièrement de la production locale.

Les responsables souhaiteraient soutenir les éleveurs en les aidants à planifier et anticiper les besoins en fourrage surtout pendant la saison sèche pour maintenir une production continue. Un partenariat a donc été établi avec ces deux laiteries dans le projet Africa Milk et des plateformes d'échanges sont en création pour permettre de soutenir les éleveurs dans différentes innovations.

Conclusion

Jabnde est un outil adapté au contexte d'alimentation des pays du Sud grâce à la simulation de différents types de rationnement et à la considération des paramètres physiologiques individuels et des paramètres environnementaux. Son objectif final est d'établir des rations prometteuses pour améliorer la production laitière en utilisant des rations équilibrées et peu coûteuses pour l'éleveur. Le pays s'est remis d'une crise économique sans précédent en 2009 et la filière laitière a montré une certaine résilience. Malheureusement des contraintes démographiques et environnementales freinent l'intensification de cette filière pour l'instant principalement familiale et l'importation de poudre de lait augmente depuis ces dernières années. Jabnde apportera un soutien aux éleveurs pour réorganiser le rationnement de leur troupeau en rentabilisant leurs surfaces cultivables sans pénaliser les cultures vivrières indispensables pour ces familles. Un pays comme Madagascar a tout intérêt à booster sa production laitière pour répondre à la demande du consommateur et pour améliorer les revenus de l'ensemble des acteurs de la filière laitière, de l'éleveur au transformateur local.

Références bibliographiques :

Livres :

Agabriel Jacques, 2010. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables Inra 2007. 424 p. Editions Quae

Delaby Luc ; Nozière Pierre ; Sauvant Daniel, 2018. Alimentation des ruminants. 731 p. Editions Quae

Rasamizafimanantsoa A. Herman, Rakotonirainy Heriarivony Jaona, Randrianaivoarivony Jean-Marc, Rahetlah B. Volatsara, Razafimpamo H. Lucile, Razanamparany Célestin, Narcisse Moussa, Michellon Roger, Rakotondramanana, Husson Olivier, Lecomte Philippe, Naudin Krishna, Tillard Emmanuel, Randrianasolo Jery, Séguy Lucien, Thomas Patrick, et al., 2008. Conduite des systèmes de culture sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières : guide pour les Hautes Terres de Madagascar. La Plaine des Cafres : ARP, 90 p

Articles scientifiques :

Bélières Jean-François, Lançon Frédéric, 2020. *Etude diagnostic relative au potentielle de croissance de la chaine de valeur lait et produits dérivés.*

Bourauoui R., Lahmar M., Majdoub A., Djemali M., Belyar R., 2020. *The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate.*

Mémoires/Thèses :

Duba Gaëlle, 2008. Modélisation et typologie des élevages laitiers dans le Vakinankaratra, Madagascar. Montpellier : UM2, 80 p. Mémoire de master 2 : Biologie géosciences agroressources et environnement.

Mouret Pauline, 2012. Evaluation participative des stratégies d'évolution d'exploitations laitières dans la région Vakinankaratra-Madagascar. Paris : AgroParisTech, 56 p. Mémoire d'ingénieur : Productions et innovations dans les systèmes techniques végétaux

Pleurdeau Grégoire, 2009. Diagnostic technico-économique des potentialités de développement des centres de collecte de lait Union de coopérative ROVA - Madagascar. Montpellier : UM2, 51 p. Mémoire de master 2 : Biologie géosciences agroressources et environnement

Articles scientifiques publiés dans un périodique :

Penot E., Duba G., Salgado P., Dugué P., 2016. Adaptability of dairy farms in the highlands of the Vakinankaratra province of Madagascar: Impacts of the 2009 crisis [in French]. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., 69 (1): 19-31

Singh S.V., Upadhyay R.C., Ashutosh A., 2008. Impact of temperature rise on bovine production performance under limited available feed resources. Journal of Farming Systems research and development, 14, 140-143

Site internet :

Article de sosfaim sur la poudre de lait importée dans les pays d'Afrique.

<https://www.sosfaim.be/une-poudre-qui-alimente-la-controverse-plus-quelle-ne-nourrit-les-africains/>