ISARA-LYON
23, rue Jean Baldassini
69364, LYON CEDEX 07

CIRAD
73 Av. Jean-François Breton
34398 MONTPELLIER CEDEX 5

Evaluation prospective de systèmes de production incluant des techniques d'agriculture de conservation dans une démarche d'accompagnement d'exploitations de polyculture-élevage au Lac Alaotra (Madagascar)

Une association entre la simulation et l'optimisation
au service de l'innovation ?

Mémoire de Fin d'Etudes

41ème promotion (2012- 2013)

Soutenu le 10/09/2013

BERLIOZ Thomas
Elève ingénieur ISARA-Lyon

Enseignant Responsable :
CASAGRANDE Marion

Directeurs de Mémoire :
LE GAL Pierre-Yves
NAUDIN Krishna

Président du jury :
DAVID Christophe

Ce document ayant été réalisé par des Elèves-Ingénieurs de l'ISARA-Lyon dans le cadre d'une convention avec le CIRAD toute mention, communication ou diffusion devra faire état de l'origine ISARA-Lyon.

Summary

The ecological stake has been the cause of the introduction of conservation agriculture in Alaotra lake region. Within this approach, mixed crop-livestock farms have to deal with the trade-off around use of biomass for livestock feed and soil cover. So, innovative cropping systems need to be designed in line with farmers' strategies. We focus on the project designing process including conservation agriculture methods by experimenting the association between an optimization model and a support process based on a whole farm simulation tool, with three dairy farmers. Feeding animals during the dry season is the main constraint for dairy producer, the biomass poor availability means the use of cut grass purchased off the farm, increasing production costs. In order to improve feed autonomy, producers plan to use plant associations, annual rotation and forage preservation. Within the three studied cases we saw that cover crops from conservation agriculture system could be used to feed the cattle during the dry season. As a result for the simulation tool use, we manage to create and evaluate various scenarii for each producer, helping them for their reflection. Defining the parameters of the optimization tool to fit with the farmers' reality reveals a lot of difficulties, and it leads sometimes to results hardly understandable. The optimization tool needs a lot of modifications to be associated with the support process and it seems better to use a tool design to select conservation agriculture systems that could suit to plot characteristics and farmers' goals.

Keywords: Conservation agriculture, mixed crop-livestock farms, support process, simulation, optimization, Madagascar.

Résumé

L'enjeu écologique a été un élément déclencheur pour l'introduction de l'agriculture de conservation dans la région du lac Alaotra. Pour les exploitations de polyculture-élevage l'adoption de ces pratiques fait émerger un conflit d'utilisation de la biomasse entre fourrage et couverture du sol, nécessitant la conception de systèmes de culture innovants en cohérence avec les stratégies des agriculteurs. Nous nous sommes intéressés au processus d'élaboration de projet intégrant des techniques d'agriculture de conservation en expérimentant l'association entre un outil d'optimisation et une démarche d'accompagnement appuyée sur un outil de simulation, avec trois exploitations laitières. La principale contrainte des éleveurs est l'affouragement en saisons sèches, la faible disponibilité des fourrages implique d'avoir recours à du fourrage produit hors de l'exploitation limitant ainsi l'autonomie fourragère. Pour pallier à cette contrainte les techniques innovantes envisagées par les éleveurs sont les associations de cultures, les rotations annuelles et la conservation des fourrages. Sur les exploitations visitées on a vu la possibilité de concilier agriculture de conservation et projet de l'éleveur dans la mesure où la plante de couverture fournit de la biomasse en saison sèche. La simulation de différents scenarii a permis de tester et d'évaluer les projets des producteurs, leurs fournissant ainsi des éléments de réflexion. Le paramétrage d'optimisation s'est finalement révélé lourd pour être accordé avec la réalité de chaque producteur. De plus les situations optimisées ne sont pas toujours facilement explicables. L'optimisation à l'échelle de l'exploitation ne semble pas être la méthode la plus adaptée pour servir à une démarche d'accompagnement. Nous pencherions plus pour l'utilisation d'un outil conçu pour identifier les systèmes de culture d'agriculture de conservation qui seraient envisageables selon les caractéristiques des parcelles et en accord avec les objectifs des producteurs.

Mots clef : Agriculture de conservation, exploitation polyculture-élevage, démarche d'accompagnement, simulation, optimisation, Madagascar.

Remerciements

Je tiens à remercier Pierre-Yves Le Gal et Krishna Naudin pour leur investissement dans l'encadrement de ce stage et pour la qualité de leurs corrections.

Je remercie Marion Casagrande pour ses conseils de rédaction et pour son suivi. Merci également à Marie Mawois de m'avoir lancé sur la piste de ce stage.

Un grand merci à Guillaume Bruelle qui m'a beaucoup aidé pour l'utilisation de l'outil d'optimisation et m'a communiqué sa joie de vivre lors des moments de détente, bien que non encadrant une partie de la réussite de cette l'étude lui incombe. Merci aussi à Mamy qui m'a permis de mieux comprendre le fonctionnement des exploitations du lac.

Je remercie Eric Scopel et Eric Penot pour l'aide qu'ils m'ont apportée pendant la phase de terrain et pour leur sympathie.

Merci beaucoup Haja pour sa traduction, sa débrouillardise et son implication dans le travail.

Merci à l'équipe de BVLac pour les moyens qu'ils ont mis à disposition et pour l'accueil dans la région du lac. Et merci aux opérateurs AVSF et BRL pour s'être impliqués dans cette étude et m'avoir aidé dans la sélection de l'échantillon. Merci à Aingo, et à messieurs Clément et Paul pour leur convivialité à la case de passage.

Merci à Helene pour le temps qu'elle a consacré à la correction orthographique.

Merci à Cinderella, Jennifer, Jess, Joachim, Rivo, Stéphane, Haja pour tous les bons moments passés ensemble à Ambatondrazaka. Merci à Mélissa pour sa jovialité et son enthousiasme pendant la phase de rédaction.

Enfin, un grand merci à tous les producteurs qui ont accepté de me recevoir sur leur exploitation. J'ai particulièrement apprécié la gentillesse et la confiance dont ils ont fait preuve à mon égard. Je souhaite de tout cœur avoir pu leur être utile pour la construction de leurs projets d'évolution

Table des abréviations

Pour définir les assolements, nous avons utilisé la nomenclature suivante :

- Maïs+dolique : Une association de maïs et dolique.
- Riz/vesce : Une succession annuelle, la première culture est cultivée pendant la saison humide, la deuxième en contre-saison.
- Stylosanthes//riz : Une succession pluri-annuelle, ici le stylosanthes est cultivé en année n et le riz en année n+1.

Les abréviations utilisées dans ce rapport sont, par ordre alphabétique :

- AC : Agriculture de conservation
- CS : Contre-saison
- kMGA : 1000 MGA
- HN : Herbes naturelles
- MGA : Malagasy Ariary. Le taux de change est de 1€ pour 2914 MGA (mai 2013).
- TAC : Technique d'agriculture de conservation
- tMV : Tonne de matière verte
- tMS : Tonne de matière sèche
- Vl : Vache laitière
- SCV : Système de cultures sur couvert végétal

Sommaire

I. Introduction ---- 1

II. Contexte ---- 2

A. Contexte régional ---- 2

B. La place de l'élevage ---- 4

C. Conception de nouveaux systèmes de culture ---- 5

D. La démarche d'accompagnement ---- 6

E. Objectif de l'étude ---- 8

III. Matériel et méthode ---- 10

A. Description des outils ---- 10

1) CLIFS: Crops LIvestock Farm Simulator ---- 10

2) GANESH : Goals oriented Approach to use No till for a better Economic and environmental sustainability for Small Holders ---- 11

B. Association des outils ---- 13

1) Modification de GANESH pour s'approcher de CLIFS ---- 14

2) Modification de GANESH pour s'accorder aux situations des éleveurs ---- 15

C. Descriptif de l'échantillon ---- 15

IV. Résultat ---- 20

A. Description de la démarche pour l'agriculteur N ---- 20

1) Situation initiale ---- 20

2) Questionnements du producteur ---- 27

3) Situations simulées ---- 28

4) Construction de scénario alternatif pour N avec GANESH ---- 33

5) Conclusion sur l'association des deux outils pour le cas de N ---- 41

B. Résultat de l'association des outils pour la démarche d'accompagnement, illustré sur le cas de G. ---- 41

C. Présentation des résultats de R ---- 44

V. Discussion ---- 48

A. Les limites et intérêt de l'utilisation de l'optimisation pour la démarche d'accompagnement. ---- 48

B. Possibilité de couplage de la démarche avec un autre outil ---- 49

VI. Conclusion ---- 51

VII. Bibliographie ---- 52

VIII. Annexes ---- 55

Tables des illustrations

Figure 1: Situation géographique du lac Alaotra. ---------- 2
Figure 2: Mise en valeur des unités de paysage. ---------- 3
Figure 3: Les différentes étapes de la démarche d'accompagnement. ---------- 8
Figure 4: Exemple de courbe de production laitière permise par une ration. ---------- 11
Figure 5: Intégration de GANESH dans la démarche d'accompagnement. ---------- 14
Figure 6: Situation géographique des exploitations visitées. ---------- 16
Figure 7: Bilan fourrager de la situation actuelle de N (en kgMV). ---------- 25
Figure 8: Comparaison économique de la situation initiale 2 vl et du projet foin (2000 l/lactation) de N. - 32
Figure 9: Répartition d'utilisation des différents types de biomasse produite en année 2 de l'optimisation, cas de N. ---------- 38
Figure 10: Comparaison des quantités d'aliments consommées par les vaches, entre la situation initiale de G et la même situation optimisée avec GANESH. ---------- 42
Figure 11: Comparaison des quantités d'aliments consommées par les vaches, entre le projet 10vl de G et la même situation optimisée avec GANESH. ---------- 43

Tableau 1: Présentation des exploitations participant à la démarche. 17
Tableau 2: Assolement de la situation initiale de N. 21
Tableau 3: Ration de la situation initiale de N (en kg/vache/jour). 23
Tableau 4: Résultats économiques de la situation initiale de N (en kMGA/an). 25
Tableau 5: Bilan de la situation initiale de N. 26
Tableau 6: Descriptif des différents scénarii simulés pour N. 28
Tableau 7: Résultat économique de la situation initiale avec 2 vaches laitières de N. 29
Tableau 8: Comparaison des scénarii de N sur le décalage des dates de vêlage. 31
Tableau 9: Atouts et contraintes des scénarii projets de N. 33
Tableau 10: Assolement optimisé avec GANESH, cas de N. 34
Tableau 11: Stratégie d'alimentation de la 1ère année d'optimisation, cas de N (en kgMV/jour/vache). 35
Tableau 12: Stratégie d'alimentation de la 2ème année d'optimisation, cas de N (en kgMV/jour/vache). 36
Tableau 13: Stratégie d'alimentation de la 3ème année d'optimisation, cas de N (en kgMV/jour/vache). 36
Tableau 14: Optimisations selon différents prix de provendes, cas de N. 37
Tableau 15: Comparaison des résultats économiques entre les 3 années d'optimisation, la situation initiale 2vl et le projet foin (en kMGA/an), cas de N. 39
Tableau 16: Comparaison des aliments maïs+dolique et brachiaria de GANESH. 40
Tableau 17: Comparaison des optimisations avec ou sans contrainte sur la culture de fourrage, cas de G. . 42
Tableau 18: Bilan de la situation initiale de R 44
Tableau 19: Description des scénarii projet de R 45
Tableau 20: Comparaison projet SCV et la même solution optimisée, cas de R. 46

II. Introduction

La constante croissance démographique de l'espèce humaine implique d'augmenter le volume de production agricole sur une surface relativement constante. Si au cours du dernier siècle la productivité des pays développés à considérablement augmentée, elle a beaucoup moins évolué dans les pays les moins avancés qui disposent aujourd'hui d'une marge de manœuvre pour améliorer leur productivité agricole (Faye et Alary, 2001). A la différence des précédentes révolutions vertes, la prochaine devra prendre en compte les préoccupations environnementales pour ne pas pénaliser les capacités de production des générations futures (Snapp et al., 2010). Parmi les différentes options possibles on peut citer l'agroécologie qui vise à introduire des principes d'écologie dans les systèmes agricoles. Cette approche s'appuie sur une double remise en question, d'une part l'utilisation intensive d'intrants externes à l'exploitation et d'autre part la dissociation entre la protection de la nature et la production alimentaire (Stassart et al., 2012).

Sur le territoire malgache le Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM), appuyé par le centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et par l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), s'implique dans la recherche et la diffusion de l'agriculture de conservation (AC) pour lutter contre les phénomènes d'érosion et améliorer les performances technico-économiques de l'agriculture. L'AC est une conception agroécologique du système de production, basée sur trois principes : (I) la non perturbation du sol, (II) le maintien d'une couverture végétale permanente, (III) la mise en place de rotations culturales (FAO, 2001). Le fonctionnement du système est assuré par une plante d'intérêt destinée à être autoconsommée ou vendue et une plante de couverture produisant de la biomasse utile à la couverture du sol, la gestion des adventices et la régénération de la fertilité (Séguy et al., 2012). Pour un polyculteur-éleveur qui doit affourrager ses animaux, l'AC fait émerger un conflit entre l'utilisation de la biomasse la couverture du sol et l'alimentation du troupeau (Naudin et al. Soumis).

Cette étude porte sur la conception de systèmes de production intégrant des techniques d'agriculture de conservation (TAC) pour des exploitations de polyculture-élevage en utilisant deux techniques de modélisation : la simulation et l'optimisation. Elle s'est déroulée à Madagascar dans la région du lac Alaotra, sur un terrain où les agriculteurs sont encadrés depuis 2002 par des opérateurs d'un projet de développement pour la mise en œuvre de systèmes de culture en AC. Nous commencerons par décrire le contexte régional et la place de cette étude dans l'élaboration de dispositif d'accompagnement. Nous décrirons ensuite le fonctionnement et les intérêts des deux outils pour ensuite décrire la réalisation de leur couplage. Puis nous testerons la démarche d'accompagnement sur différentes exploitations en utilisant les deux outils au service de l'introduction de système innovant intégrant des techniques d'AC. Enfin nous discuterons, de l'intérêt des outils pour la démarche d'accompagnement.

III. Contexte

A. Contexte régional

La zone d'étude se situe autour du lac Alaotra, à 230 km au nord-est d'Antananarivo (figure 1). Le lac Alaotra se situe dans une région tropicale semi-humide, à une altitude d'environ 750 m. Cette région présente un fort intérêt pour l'agriculture malgache car elle dispose d'un excellent potentiel de production rizicole avec des rendements jusqu'à 7 t/ha (Domas et al., 2008). La région s'est spécialisée dans la production du riz qui est maintenant l'activité économique majeure. Cela a conduit à une forte immigration et donc à une intensification de la production agricole qui s'est caractérisée par la mise en culture des parcelles en coteaux (tanety), l'accentuation du déboisement et l'abandon de la jachère (Penot, 2009). Cette intensification est en partie responsable des phénomènes d'érosion qui impliquent non seulement la perte de sol, et donc de fertilité des tanety, mais aussi l'ensablement des réseaux d'irrigation en contre-bas (Droy, 1998) ce qui compromet la productivité des rizières irriguées (Garin, 1998).

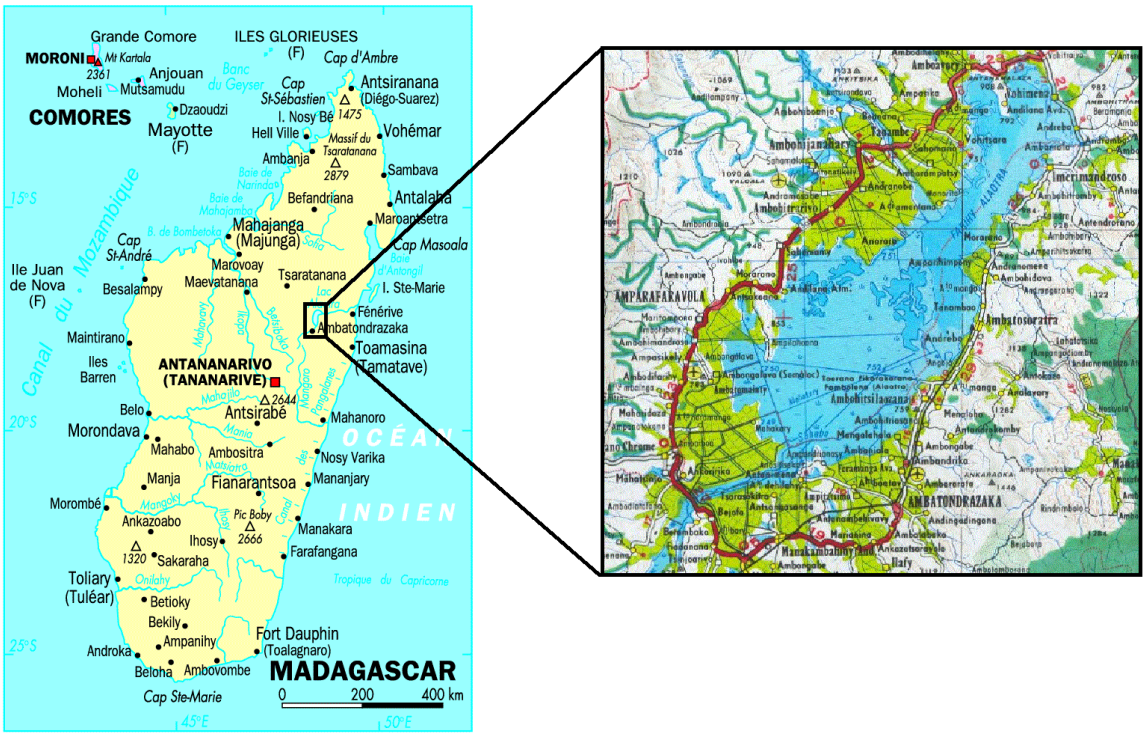


Figure 1: Situation géographique du lac Alaotra. Source : Madascope et Projet BVLac

L'année se divise en deux périodes, entre saison humide (SH) de décembre à mars, et saison sèche (SS) le reste du temps. Durant la saison humide la température moyenne est supérieure à 22°C avec des précipitations mensuelles variant entre 150 et 250 mm (Durand et Nave, 2007). Ces conditions permettent une très forte productivité végétale, et rendent possible la culture du riz. La saison sèche correspond à l'hiver austral, elle est caractérisée par des températures plus fraiches, aux alentours de 17°C, pour des précipitations mensuelles pouvant être inférieures à 10 mm durant les mois de juin à septembre. Pendant cette période la productivité végétale est limitée par le déficit hydrique (Ducrot, 1996) seules les terres en

bas-fond (baiboho) profitant de remontées capillaires sont productives sans irrigation. La culture du riz en contre saison (CS) reste possible sur les terres irrigables et sur les abords du lac.

La saison de culture du riz s'étend de décembre à mai, la contre saison correspond aux mois de juin à novembre (cette nomenclature sera également utilisée pour les autres cultures). L'itinéraire technique cultural majoritairement utilisé implique de gros besoins en main d'œuvre en décembre-janvier pour le repiquage, en mars-avril pour le sarclage et en mai pour la récolte (Colletta et al., 2006). Ces pics de travail nécessitent la plupart du temps le recours à la main d'œuvre extérieure ce qui représente de lourdes charges alors que le produit de la vente du riz n'arrivera que fin mai début juin. Cela engendre une période (avril-mai) où les finances de la population locale sont au plus bas, appelée période de soudure (Chabierski et al., 2005). Pendant cette période les dépenses des ménages sont réduites au nécessaire et les produits de « luxe » comme le lait sont nettement moins consommés.

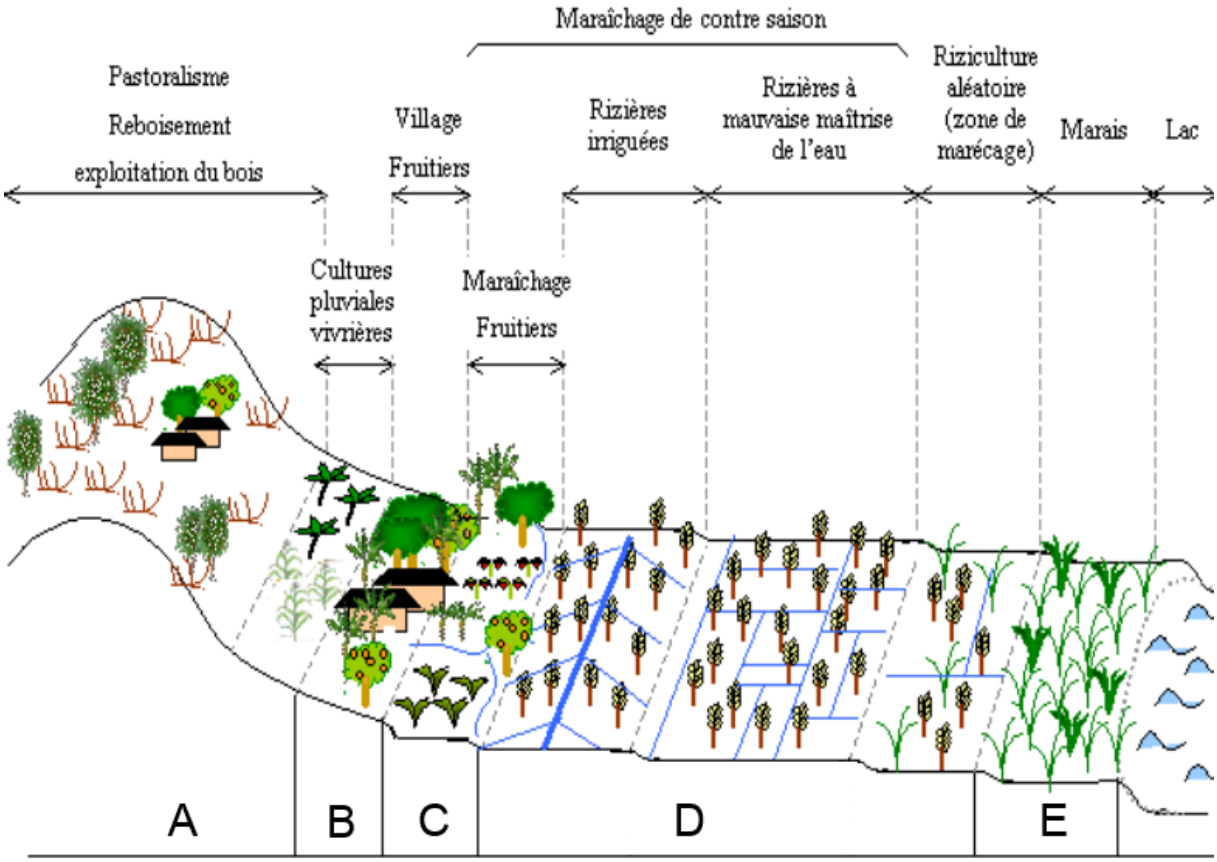


Figure 2: Mise en valeur des unités de paysage. D'après Durand et Nave, 2007 (modifications personnelles)

La figure 2 nous présente les différentes unités morpho-pédologiques :

- L'unité A correspond aux collines, localement nommées tanety. Elle est composée en amont de zones boisée et de pâturage, en aval de cultures vivrière type manioc (toute l'année), maïs et arachide (saison humide). Ces surfaces sont sujettes à l'érosion, la modification des pratiques culturales vers l'agriculture de conservation pourrait permettre de limiter ce problème.

- L'unité B représente les villages où l'on peut retrouver quelques cultures maraîchères.
- Sur l'unité C se situent des sols alluvionnaires, appelés baiboho. Ces terres riches sont valorisées principalement par des cultures maraîchères. Selon la disponibilité en eau et les possibilités d'irrigation on peut y retrouver du riz, du maïs ou des cultures de contre saisons (maraîchage, légumineuses annuelles).
- L'unité D est le lieu principal de la riziculture. On peut distinguer les rizières irriguées, les rizières à mauvaise maitrise de l'eau et les rizières de décrue selon la possibilité de contrôler le niveau d'eau. Pour cette étude nous simplifierons ces paysages en rizière.
- L'unité E est une zone marécageuse utilisée par les pécheurs. Les herbes sauvages qui y poussent peuvent être utilisées pour l'affouragement des animaux en saison sèche.

B. La place de l'élevage

Bien que la région soit fortement orientée sur la production rizicole, la majorité des exploitations combinent l'agriculture avec des productions animales (Garrin, 1998). D'après les constats de Saint-André et al., 2010, le niveau d'intégration entre les ateliers de production animale et végétale dépend du type d'élevage mis en place, on peut ainsi classer les productions animales en fonction de leur niveau d'intégration avec l'agriculture (du moins intégré au plus intégré) :

- les porcs sont alimentés avec des ressources, en majorité du son de riz, achetées à l'extérieur. Leurs déjections ne sont pas forcément restituées aux parcelles en raison de tabous locaux (fady).
- Les zébus sont conduits aux pâturages la journée et ils sont en stabulation la nuit pour limiter les risques de vol. Ils pâturent les pailles de riz des rizières de l'exploitation mais aussi les ressources fourragères communes présentes sur abords des chemins, surfaces non exploitées. Cette pratique, appelée divagation, consiste à laisser les animaux paitre librement sur des surfaces communes voir sur les surfaces des autres exploitants ce qui peut générer des conflits d'utilisation de biomasse. La répartition de la matière organique produite par ces animaux n'est donc pas entièrement contrôlée, une partie est valorisée par l'exploitant (fumier de la stabulation, restitution directe sur les rizières) mais les déjections produites lors de la divagation ne sont pas utilisées par l'éleveur. Ce type d'élevage est très répandu dans la région de l'Alaotra, il permet de disposer d'une force de traction animale et représente un capital financier (Ducrot, 1996).
- Les bovins d'embouche sont en stabulation toute la journée, ils sont alimentés avec du fourrage et du manioc provenant soit de l'exploitation soit acheté à l'extérieur. Ce type d'atelier est peu fréquent dans la région du lac et il peut être réalisé temporairement avec des animaux réformés.
- Les vaches laitières sont en stabulation toute l'année, elles sont alimentées avec du fourrage acheté à l'extérieur ou produit sur l'exploitation. Généralement le fourrage produit sur

l'exploitation est suffisant pour la saison humide mais la faible productivité de la saison sèche implique de recourir à du fourrage acheté. L'apport de trésorerie journalier du lait permet de rémunérer les collecteurs d'herbes, cela permet d'alimenter les animaux au box tout au long de l'année. La ration est souvent complétée par un mélange de concentré, appelé provende, à base de son de riz, de maïs et d'arachide. La matière organique produite par les animaux est entièrement récupérée et la répartition de ce fertilisant sur la surface est contrôlée par l'éleveur.

L'élevage bovin s'appuie beaucoup sur les fourrages produits sur des surfaces communes. Ce fourrage est soit pâturé par les animaux en divagation soit récolté pour être distribué dans les râteliers. Cette ressource commune est appelée herbe naturelle (HN), elle ne correspond pas à une espèce précise et elle peut être présente sur toute les types de terrain. En raison de l'influence du climat sur la productivité végétale les agriculteurs exploitent les herbes des tanety pendant la saison humide et les herbes des marécages pendant la saison sèche (Saint-André et al., 2010). Pour l'instant cette ressource est suffisante pour tous les animaux de la région mais elle pourrait devenir limitante si la pression de l'élevage augmente. Bien que gratuitement disponible au pâturage, la récolte et le transport des herbes naturelles engendrent des charges plus ou moins élevées selon la disponibilité de la ressource. Cela explique qu'une grande majorité des éleveurs laitiers souhaitent disposer d'une meilleure autonomie fourragère pour alimenter leurs animaux en stabulation (Foussat, 2011).

C. Conception de nouveaux systèmes de culture

L'agriculture de conservation (AC) pourrait permettre de lutter contre les phénomènes de dégradation du sol et maintenir un bon niveau de fertilité (FAO). Un projet de développement, BVLac (Bassin Versant du lac Alaotra, un descriptif du projet est présenté en annexe 1), a été mis en place sur la région Alaotra pour, entre autre, développer des systèmes de cultures plus respectueux de l'environnement, en intégrant des TAC dans les systèmes de culture. Ces différentes techniques concernent les systèmes de culture sous couverture végétale permanente (SCV) et l'intégration de fourrage restructurant (*Brachiaria species* et *Stylosanthes guianensis*, décrit en annexe 2) dans les rotations culturales. Les SCV ont pour objectif de reproduire le fonctionnement d'un écosystème forestier (Seguy et al., 2012) en fonctionnant sur les trois principes de l'AC: (I) La mise en place d'une épaisse litière à la surface protège le sol et modifie la dynamique de l'eau, de la matière organique et des éléments nutritifs. (II) La diversité des plantes cultivées en succession et/ou en association permet de produire de la biomasse aérienne (pour la litière), racinaire (pour explorer le sol) et de profiter de différents services écologiques (fixation d'azote, restructuration du sol…). (III) Une forte activité biologique aère le sol, fournit de la matière organique et stabilise la structure.

Le développement de l'AC implique que les producteurs innovent pour intégrer ces systèmes de culture à leurs exploitations. En ce sens le projet PEPITES (Processus Ecologiques et Processus d'Innovation

Technique Et Sociale en agriculture de conservation) se veut non seulement de produire de la connaissance sur les processus écologiques et les processus d'innovation technico-social mais aussi sur l'interaction entre ces processus (PEPITES, problématique). L'objectif est de concevoir des dispositifs d'accompagnement qui soient durable et participatif. Ainsi l'objectif de la recherche n'est plus de créer des systèmes de culture « clef en main » pour les agriculteurs mais bien d'amorcer et contribuer au processus d'innovation avec les producteurs et techniciens afin de permettre une évolution des pratiques agricoles vers des systèmes plus durables et en accord avec les objectifs de chacun (Gasselin et Lavigne-Delville, 2010). Un résumé plus détaillé du projet est disponible en annexe 3.

Cette étude est commanditée par la tâche 5 du projet PEPITES « aide à la conception de systèmes de production intégrant des techniques d'agriculture de conservation ». Cette dernière se décompose en trois sous-objectifs : (I) comprendre la diversité des systèmes de production incluant des TAC (modalité de fonctionnement, performances techniques, économiques et environnementales), (II) co-concevoir avec les futurs utilisateurs (agriculteurs, conseillers agricoles) des modèles génériques et comparer les performances de ces systèmes alternatifs, (III) évaluer l'opérationnalité de cet outil dans les dispositifs de conseil existants. Ainsi cette tâche s'intéresse à la gestion du système de production et à la manière dont les exploitants répartissent leurs ressources sur les différents ateliers de production. Les précédents travaux ont conduit à l'élaboration d'une démarche d'accompagnement pour aider les exploitants dans la prise de décision et l'élaboration de projet.

Dans le cadre de la tache 4 du projet « évaluation ex-ante, multicritères et multi-acteurs, des performances des systèmes de culture innovants en AC », une étude a été menée pour apprécier dans quelle mesure les SCV peuvent être intégrés dans les exploitations du lac Alaotra et comprendre les modifications qu'ils impliquent (Bruellle, 2010). Pour réaliser cette étude un modèle d'optimisation en programmation linéaire a été élaboré, GANESH[1] (Goals oriented Approach to use No till for a better Economic and environmental sustainability for Small Holders), à l'échelle de l'exploitation agricole. Par la suite cet outil a été utilisé pour les travaux de thèse de Krishna Naudin pour analyser le compromis d'utilisation de la biomasse entre la couverture du sol et l'alimentation animale (Naudin et al., soumis).

D. La démarche d'accompagnement

La démarche d'accompagnement se définit comme un conseil individualisé pour chaque exploitation (Douhar, 2010). Elle est dirigée par un intervenant qui peut être un chercheur, un stagiaire ou un conseiller agricole. Elle s'adr aux exploitations polyculture-élevage et vise à analyser l'intégration entre l'agriculture et l'élevage. Elle s'appuie sur un outil de simulation, CLIFS[2] (Crops LIvestock Simulator), pour représenter le fonctionnement de l'exploitation et faciliter le dialogue entre les différents

[1] Cf. infra, III.A.2) GANESH : Goals oriented Approach to use No till for a better Economic and environmental sustainability for Small Holders p. 11
[2] Cf. infra, III.A.1) CLIFS : Crops LIvestock Farm Simulator p. 10

interlocuteurs que sont le producteur, l'intervenant et les techniciens. Elle se construit en trois étapes (Douhar, 2010) schématisées en figure 3 :

- Simulation de la situation actuelle du producteur pour permettre à l'intervenant de comprendre le fonctionnement de l'exploitation et la stratégie du producteur. L'établissement de ce scénario initial se fait par un processus itératif qui permet petit à petit de calibrer l'outil de simulation en validant la représentation de l'exploitation avec le producteur. Cela permet de dresser un premier diagnostic sur l'exploitation en identifiant les atouts et les contraintes du système de production.
- La deuxième étape est d'identifiée les objectifs du producteur et les changements qu'il pense réaliser pour atteindre ces objectifs. Cela débouche sur la construction d'un scénario projet qui, par modifications successives du scénario initial, aboutit à une simulation cohérente de l'exploitation respectant les objectifs d'évolution du producteur.
- La troisième étape a pour but de construire des scénarii alternatifs pour répondre aux objectifs du producteur en intégrant de l'innovation. Ces alternatives sont construites avec l'aide d'une expertise locale (technicien, conseiller). Dans le cas du lac Alaotra ces innovations pourront être des techniques d'agriculture de conservation diffusées par le projet BVLac. Ces scénarii alternatifs sont ensuite comparés au scénario projet de l'exploitant qui peut alors évaluer l'intérêt d'intégrer de l'innovation dans son système de production.

Cette démarche permet de réaliser quatre objectifs (Le Gal et al., 2012) : (I) comprendre le fonctionnement actuel de l'exploitation et dresser un diagnostic de cette situation, (II) aider les producteurs à explorer des nouvelles configurations de leur outil de production incluant de l'innovation, (III) estimer les résultats techniques et économiques de ces configurations, (IV) analyser avec le producteur les résultats des simulations afin de faire avancer sa réflexion.

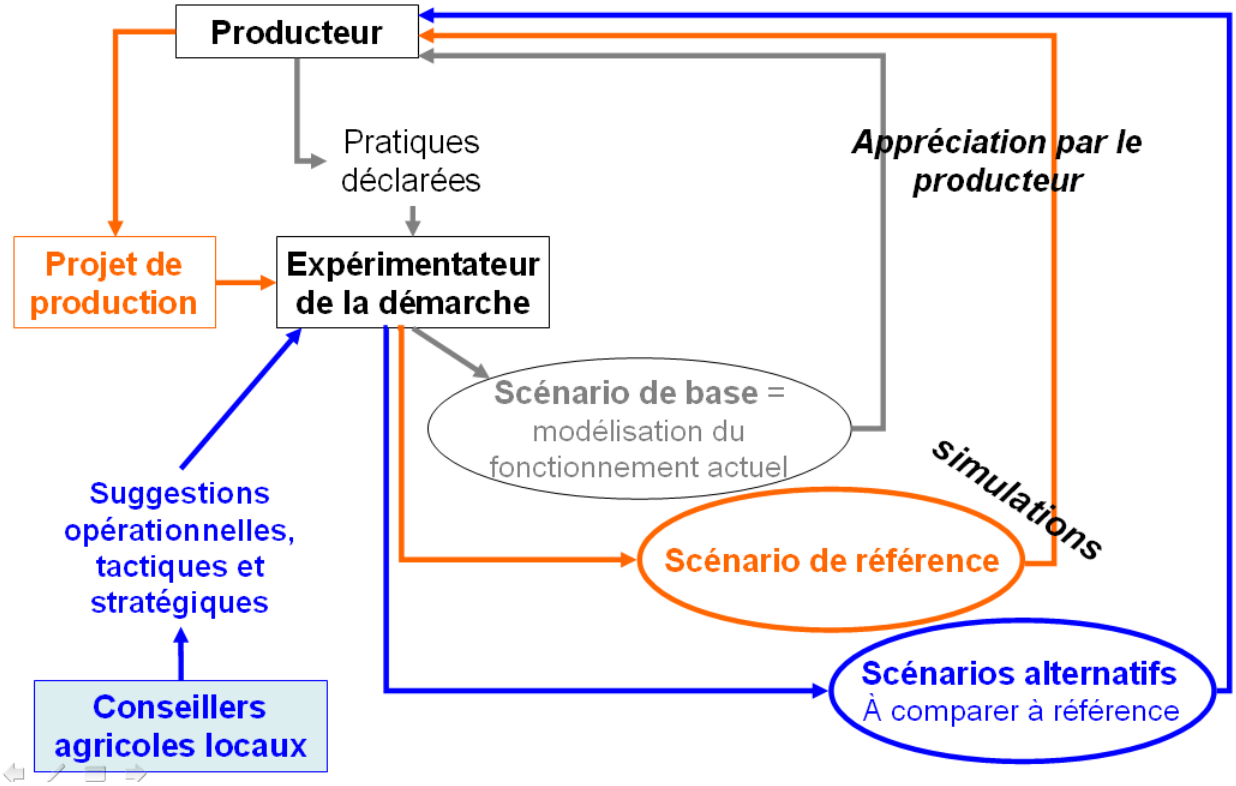


Figure 3: Les différentes étapes de la démarche d'accompagnement Source: Douhar, 2012.

Le résultat d'une telle démarche n'est pas forcément d'aboutir à la mise en place telle qu'elle d'un des scénarii simulés mais plus de permettre au producteur de prendre du recul par rapport au fonctionnement de son exploitation et ainsi de lui fournir des informations d'aide à sa réflexion. Cela permet au producteur de mieux visualiser la répartition des ressources entre l'agriculture et l'élevage.

Cette démarche a été en partie élaborée et testée sur la région du lac Alaotra par les précédents stagiaires Frédérique Douhar et Marie-Clémentine Foussat. A terme cette démarche se veut d'être transférée aux opérateurs locaux afin de toucher un public plus vaste.

E. Objectif de l'étude

Le contexte régional nous montre que les exploitations de polyculture-élevage ne sont pas autosuffisantes en fourrage. L'affourragement des animaux repose en partie sur l'utilisation d'herbe naturelle et engendre de lourdes charges de production pour les animaux devant être alimentés au box (e.g. vaches laitières).

La région a mis en place depuis une dizaine d'années un projet de développement qui vise à promouvoir les systèmes intégrant des techniques d'agriculture de conservation, en particulier les systèmes SCV et les fourrages restructurants. Ces techniques permettent de produire de la biomasse pour servir à la couverture du sol, cette matière végétale représente tout aussi bien de l'intérêt pour un éleveur qui a besoin d'alimenter ses animaux. Ainsi on peut voir que l'intégration de TAC fait émerger un conflit d'utilisation de la biomasse entre fourrage et couverture du sol. Cela est susceptible de compliquer l'adoption de ces techniques par les éleveurs qui s'interrogent sur le dimensionnement de leurs ateliers de production, le choix des systèmes de cultures et l'alimentation du troupeau.

En découle la problématique suivante : Comment accompagner les exploitations de polyculture-élevage dans l'élaboration de leurs projets d'évolution intégrant des techniques d'agriculture de conservation ? Nous sommes partis de l'hypothèse que la modélisation présente un intérêt pour traiter d'une telle question. L'étude portera sur l'utilisation d'un outil d'optimisation et d'une démarche d'accompagnement appuyée sur un outil de simulation.

Cette étude permettra de remplir un double objectif :

1. Accompagner les producteurs dans l'élaboration de projets d'évolution intégrant des TAC.
2. Fournir des éléments sur l'intérêt des deux outils et de leur association pour conseiller le producteur dans l'élaboration de ses projets.

Nous commencerons par présenter les deux outils et leurs modifications nécessaires pour rendre possible leur association. Nous présenterons ensuite les résultats de l'accompagnement de trois agriculteurs (objectif 1), en explicitant la réalisation de la démarche pour l'un d'eux. Enfin nous discuterons de l'intérêt de chacun des outils et leur association (objectif 2) dans une perspective d'accompagnement de producteur.

IV. Matériel et méthode

Cette étude s'est déroulée en trois phases : (I) le premier mois a été réalisé à Montpellier pour se familiariser avec les outils et la démarche en utilisant la bibliographie disponible, (II) les quatre mois suivants ont permis la réalisation de la phase de terrain à Madagascar, et (III) le dernier mois a été consacré à la rédaction du mémoire à Montpellier.

A. Description des outils

1) CLIFS: Crops LIvestock Farm Simulator

L'application a été conçue sous Microsoft Excel, elle se divise en quatre modules : (I) les paramètres communs aux différentes exploitations d'une région (caractéristique des aliments, besoin des animaux…), (II) les variables d'entrée propre à chaque exploitation (assolement, nombre d'animaux, niveau de production…), (III) les formules de calcul et (IV) les bilans (bilan fourrager, résultats économiques…). Le modèle conceptuel de données est disponible en annexe 4

L'application CLIFS permet de représenter le fonctionnement de l'exploitation en schématisant les interactions entre l'agriculture et l'élevage. L'outil fonctionne sur deux niveaux : (I) le niveau unitaire (vache moyenne, hectare de culture) qui permet de définir le niveau de production et la consommation de ressources par chaque unité. Ces unités sont ensuite agrégées au (II) niveau de l'exploitation agricole par le module de calcul pour donner le total de consommation de chaque ressource (e.g. fourrage, fertilisant) (Foussat, 2011). Ces informations sont ensuite utilisées par le module bilan qui compare l'offre et la demande de chaque ressource produite et/ou consommées. La demande est forcément comblée par l'offre qui peut soit provenir de l'exploitation soit de l'extérieur, ce qui peut engendrer une charge de production (e.g. achat de fourrage) (Douhar, 2010). Les ressources excédentaires peuvent être vendues (e.g. lait). Ces ventes et achats se font grâce à la définition du prix de chaque ressource. Cela permet de dresser le bilan économique de la simulation qui sera utilisé pour évaluer les scénarii.

La seule fonction utilisée par l'outil est la définition de la production laitière permise par la ration. En fonction de la quantité d'aliment distribuée et des paramètres de chaque aliment (UFL, PDIE, PDIN et capacité d'ingestion) l'outil dresse la courbe de production laitière correspondant à la ration ingérée (figure 4). Le calcul est basé sur une vache moyenne sur un pas de temps mensuel.

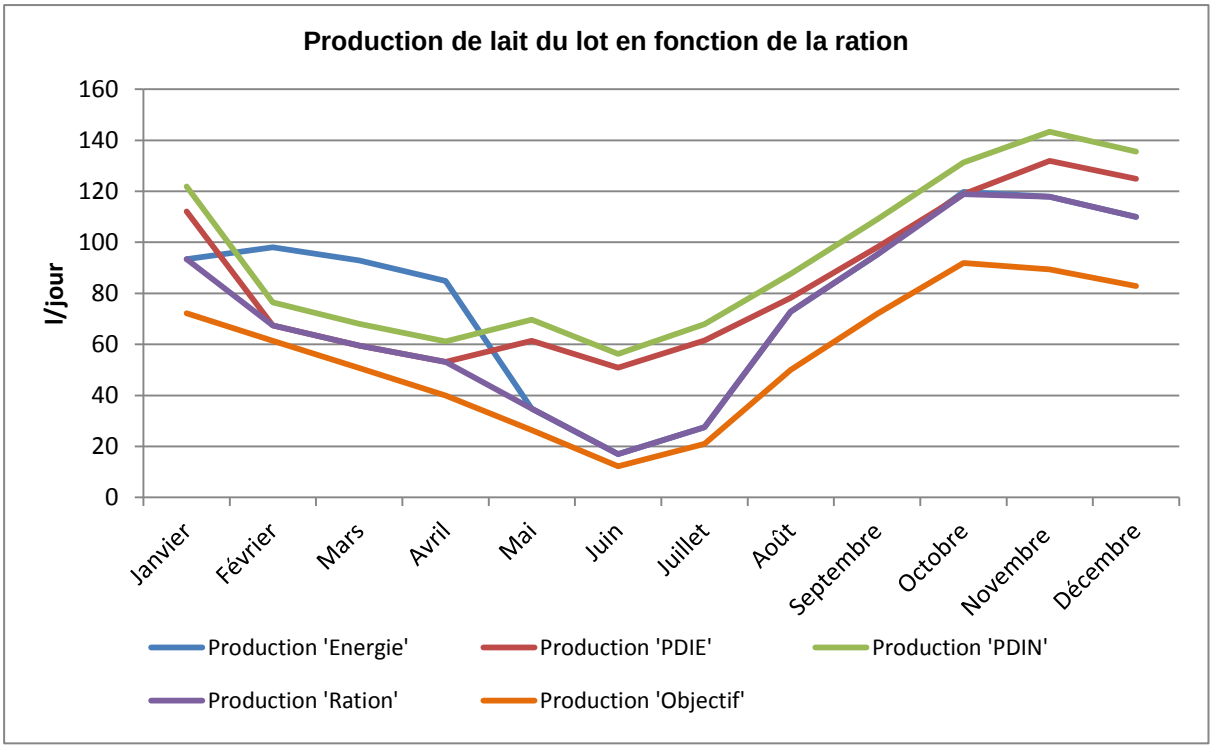


Figure 4: Exemple de courbe de production laitière permise par une ration. Sortie de CLIFS

La courbe « production 'Objectif' » correspond à la lactation décrite par l'exploitant. Les courbes « production 'Energie' », « production 'PDIE' » et « production 'PDIN' » correspondent respectivement aux productions laitières permisses par les apports de la ration en UFL, PDIE, et PDIN. La courbe « production 'Ration' » représente le minimum des trois courbes précédemment décrites.

2) GANESH : Goals oriented Approach to use No till for a better Economic and environmental sustainability for Small Holders

GANESH est un outil utilisant la programmation linéaire, prévu pour évaluer ex-ante l'intégration de SCV dans les exploitations du lac Alaotra. Il a été conçu grâce à deux logiciels : le paramétrage de l'outil et la présentation des sorties se fait sous Microsoft Excel et la résolution de l'équation d'utilité se réalise avec GAMS (General Algebraic Modeling System).

La fonction d'optimisation cherche à maximiser le revenu sur trois ans en choisissant la stratégie optimale pour (I) la succession culturale sur chaque parcelle, (II) la quantité de biomasse extraite des parcelle pour l'affouragement des animaux, (III) la quantité de fourrage à acheter à l'extérieur et (IV) la quantité de main d'œuvre extérieure à utiliser (Naudin et al., soumis). Les différentes contraintes qui s'exercent sur l'optimisation sont (I) la quantité de main d'œuvre familiale disponible, le pourcentage de couverture du sol minimum permettant la mise en place d'un système SCV, (III) le revenue minimum pour le fonctionnement du foyer et (IV) la quantité de lait commercialisable par jour. Les coefficients techniques sur les systèmes de culture et l'élevage proviennent d'observation de parcelles paysannes et de savoir expert (Naudin et al., soumis). Il est destiné à un public chercheur et non pas à être utilisé par des techniciens pour accompagner des agriculteurs

L'outil se divise en quatre modules (représentation disponible en annexe 5) :

- Crop : il définit les différents systèmes de culture (rendement, charge en intrant, en main d'œuvre) possibles sur selon les types de sol.
- Livestock : il caractérise les différents animaux (vache race améliorée, vache rustique, zébus) par leurs niveaux de production et leurs besoin alimentaire et la main d'œuvre nécessaire.
- Farm : Il décrit les ressources (main d'œuvre et parcellaire disponible) et les besoins du foyer (autoconsommation, besoin en produit de première nécessité).
- External factor : Prix du lait et la quantité de lait commercialisable

Le pas de temps utilisé par GANESH est le demi mois, appelé période. Chaque année se divise donc en 24 périodes pour lesquelles l'outil calcul les matières produites (grain, biomasse aérienne pour les cultures ; lait, fumier et force de travail pour l'élevage) et les ressources consommées (main d'œuvre, semences, fertilisants, pesticides pour les cultures ; UFL, kilogramme de PDI et main d'œuvre pour l'élevage). Les années débutent avec la saison humide (deuxième période d'octobre), ce choix a été fait pour respecter les saisons climatiques de Madagascar.

Le type de chaque animal est défini par l'âge attribué lors du début de l'optimisation. Les animaux évoluent au cours des trois années d'optimisation, ils peuvent être veau (pendant 6 mois), génisse (pendant 24 mois) vache en lactation (pendant 10 mois) et vache au tarissement (pendant 2 mois), chaque vache peut vivre quatre lactations et trois périodes de tarissement avant d'être réformée. L'outil ne prend pas en compte le renouvèlement du troupeau ni les besoins des progénitures. Le calcul des rations nécessaires pour subvenir aux besoins des animaux se fait selon chaque période et pour l'ensemble des animaux de chaque race. La ration doit combler les besoins en UFL et en PDI (pas de distinction entre PDIN et PDIE) sans dépasser la capacité d'ingestion. Les besoins des animaux ont été définis sur la base des tables disponibles dans les ouvrages INRA, 2007 et Rasamizafimanantsoa et al., 2008.

Le choix des rotations se fait parmi 28 systèmes de cultures qui peuvent être des systèmes conventionnels ou SCV. Les systèmes SCV ont été défini plus rentables que les systèmes conventionnels mais ils nécessitent une certaine couverture du sol pour être implantés. Ils peuvent nécessiter plus de travail mais cela ne se traduit pas forcément par une augmentation des charges de production. La demande totale en travail est calculée pour chaque période en sommant les besoins de chaque atelier (cultures et élevage). Cette somme est ensuite comparée à la main d'œuvre disponible sur l'exploitation, si la demande est supérieure à l'offre alors il y a recours à de la main d'œuvre extérieure. Ainsi un système gourmand en main d'œuvre n'engendrera des charges supplémentaires que s'il sature la main d'œuvre disponible sur l'exploitation. De plus, l'utilisation d'un système SCV permet de diminuer le temps de travail de désherbage. Cette diminution est calculée à l'aide d'un coefficient en fonction du taux de couverture du sol laissé lors de l'année précédente. Ainsi plus la couverture du sol est importante et moins la culture suivante nécessitera de travail pour le désherbage. Les données de temps de travaux, besoin en intrants et

productivité proviennent essentiellement de suivi de parcelles paysannes réalisé par les opérateurs de diffusion de BVLac (voir Naudin et al., soumis) pour plus d'informations.

B. Association des outils

Les deux outils de modélisation ont été créés et utilisés sur le même terrain, avec certaines similarités. Tous les deux travaillent à l'échelle de l'exploitation agricole sur les problématiques d'intégration de systèmes innovants incluant des techniques d'agriculture de conservation. La grande différence est que l'un est un outil de simulation destiné à être utilisé par des conseillers agricoles pour accompagner les producteurs, alors que l'autre utilise l'optimisation pour aider les chercheurs à évaluer l'intérêt d'intégration de systèmes innovants (SCV en l'occurrence). Nous avons cherché à comprendre ce que pouvait s'apporter mutuellement deux outils représentant le même objet, testés dans le même contexte, mais basés sur des techniques de modélisation et des objectifs différents, dans une perspective d'accompagnement des producteurs.

D'après Pacaud et Cornut, 2007, l'association de la simulation et de l'optimisation est l'une des associations de techniques de modélisation les plus fréquentes car elle permet de représenter le fonctionnement biotechnique du système de production par la simulation et le caractère décisionnel grâce à l'optimisation. Ici il s'agirait d'utiliser l'optimisation pour identifier une solution alternative et innovante dans une perspective d'accompagnement des producteurs. L'intérêt pourrait être d'utiliser GANESH pour identifier les systèmes de cultures et les stratégies de rationnement qui présentent le meilleur résultat économique. Ce résultat pourrait ensuite être représenté sont la forme d'un scénario prospectif et ainsi être comparé avec les autres scénarii élaborés au cours de la démarche d'accompagnement (schéma en figure 5).

La manipulation de l'outil d'optimisation pendant la phase de terrain a permis de discuter avec les producteurs de l'intérêt que représente pour eux les différents systèmes de cultures proposés par GANESH. Il n'a en revanche pas été possible de leurs présenter les solutions globales car la compréhension de l'outil par moi-même n'a été perçue qu'après la phase de terrain. Les travaux sur le couplage des outils ont été réalisés en grande partie après la phase de terrain et ils ont engendré de grosses modifications de l'outil. La version utilisable pour l'association avec CLIFS et la démarche d'accompagnement n'a été obtenue qu'en fin stage. Ainsi les solutions alternatives ont été comparées à la stratégie du producteur et aux autres scénarii mais ils n'ont pas été présentés au producteur.

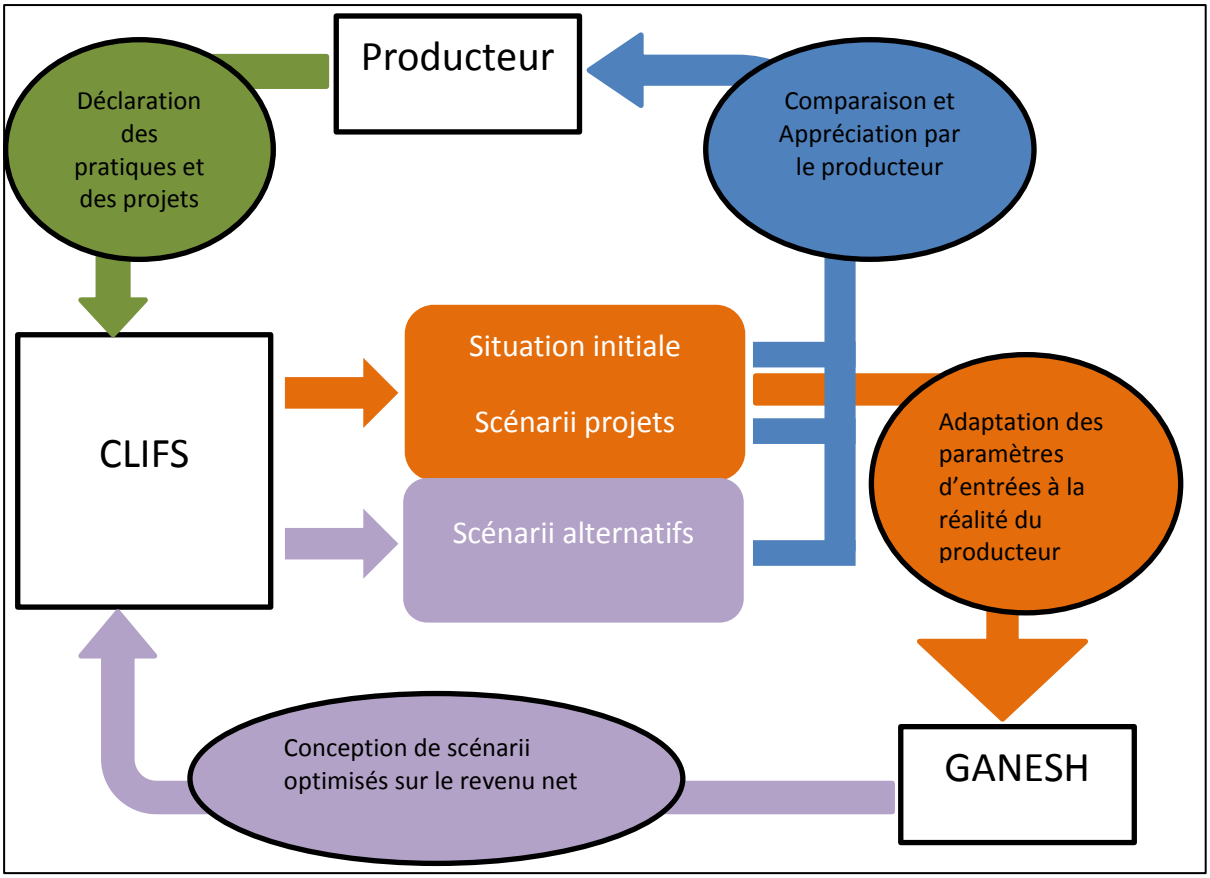


Figure 5: Intégration de GANESH dans la démarche d'accompagnement.

Les modifications de GANESH ont été réalisées avec l'aide précieuse de Guillaume Bruelle et Krishna Naudin, tous deux concepteurs et utilisateurs de l'outil. Ces modifications peuvent être divisées en deux catégories : d'une part les modifications structurelles nécessaires pour s'approcher de la représentation de l'exploitation fournie par CLIFS et d'autre part les modifications pour s'accorder à la réalité de chaque producteur.

1) Modification de GANESH pour s'approcher de CLIFS

L'une des premières modifications réalisées aura été de permettre à l'outil d'utiliser de la provende pour l'alimentation des animaux.

Les rations décrites par GANESH sont exprimées en kilogramme de matière sèche par période et par type d'animal, selon une année basé sur les saisons malgaches. Afin de permettre la comparaison avec les rations décrites dans CLIFS nous avons créé un outil permettant de convertir ces rations en kilogramme de matière verte par animal et par jour, selon une année calendaire.

La manipulation de l'outil a également permis d'identifier quelques erreurs de configuration de l'outil, notamment une mauvaise conversion entre la quantité de biomasse et le pourcentage de couverture du sol qu'elle représente.

2) Modification de GANESH pour s'accorder aux situations des éleveurs

Nous avons créé une équation limitant la proportion de légumineuses dans la ration à 30% de la matière sèche totale pour respecter les pratiques des éleveurs. Dans la réalité les éleveurs considèrent cette proportion en matière verte mais il aurait été trop compliqué de rédiger cette contrainte car tous les calculs de GANESH utilisent des quantités de matière sèches.

Pour chaque exploitation nous avons reparamétré l'outil d'optimisation sur les données propres à chaque cas afin que les sorties soient les plus cohérentes possible avec les situations réelles. Certaines variables ont pu être définies sur les dires du producteur : l'autoconsommation familiale, les différents prix de vente et d'achat, les rendements et charges de culture. D'autres ont nécessité l'utilisation de CLIFS : quantité de lait commercialisé, besoin des animaux, caractéristiques de la provende.

L'outil CLIFS n'a pas subi de modification pour s'accorder avec GANESH car il est beaucoup plus libre pour le paramétrage. Toutes les solutions de l'optimisation ont été testées directement dans CLIFS. Le seul manque est qu'on ne peut pas représenter la répartition du travail entre les différents ateliers.

La version de CLIFS utilisée était globalement utilisable dès le début du stage avec une meilleure ergonomie que les versions des précédentes (Douhar en 2010 et Foussat en 2011). La réalisation de cette étude a permis de détecter des erreurs mineures de programmation et ainsi améliorer l'outil.

C. Descriptif de l'échantillon

Les différentes exploitations rencontrées ont été identifiées avec l'aide des opérateurs du projet BVLac (AVSF : Agronome et vétérinaire Sans frontière et BRL : compagnie d'aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc). Le critère primordial était d'avoir des exploitations qui soient les plus diversifiées possibles pour tester les outils dans des situations variées. La période de terrain aura permis de rencontrer huit agriculteurs. Suite à un recadrage, nous n'avons gardé que les exploitations avec un atelier lait et ayant un projet d'évolution en rapport avec cet atelier. Seulement cinq ont été retenues pour la réalisation de la démarche d'accompagnement (situées en figure 6). Les systèmes laitiers présentent une meilleure intégration entre l'agriculture et l'élevage, ce qui donne plus de pertinence à la démarche d'accompagnement.

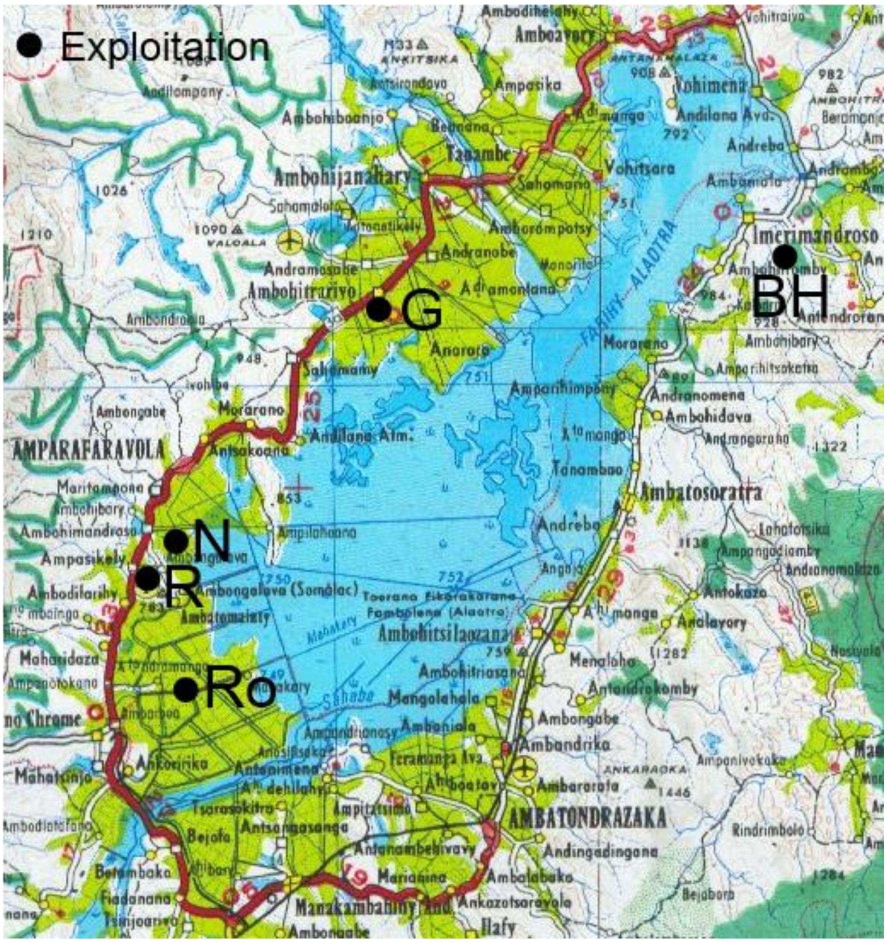


Figure 6: Situation géographique des exploitations visitées. Source : Projet BVLac

Au moins trois rendez-vous ont été réalisés avec chacune des exploitations. Le projet de Ro n'apporte que très peu de modifications du système de production. Pour BH nous n'avons pas pu réaliser le dernier rendez-vous suite à un mauvais accord de nos emplois du temps en fin de mission. Pour ces deux exploitants la démarche d'accompagnement n'a pas pu être réalisée dans les meilleures conditions et donc nous ne présenterons pas leurs résultats. Il en ressort que la manipulation des outils sur ces deux exploitations aura permis d'identifier certaines modifications nécessaires de GANESH.

Les exploitations N, R et G sont toutes les trois situées sur la rive ouest du lac, elle sont présentées dans le tableau 1. Elles peuvent être qualifiées d'exploitations présentant une diversification des sources de revenu avec une orientation rizicole selon la typologie de Saint-André et al., 2010. N et G sont propriétaires de l'ensemble de leur surface tandis que R loue 1,3 ha de tanety pour augmenter sa surface rizicole.

		Exploitation N	Exploitation G	Exploitation R
Surface (ha)	Rizière	-	10	8
	Baiboho	1,7	-	1,5
	Tanety	0,85	0,8	1,8 (1,3 en location)
Surface totale (ha)		2,55	10,8	11,3
Surface inexploitée (ha)		-	4,2 (tanety)	50 (tanety)
Soles (ha)	Cultures vivrières et commerciales	Riz : 1,3 Tabac : 0,35 Niébé : 0,3 (CS) Maraîchage : 0.3 (CS) Maïs : 0,1 Manioc : 0,15	Riz : 10 Haricot : 1 (CS)	Riz : 8 Maïs : 0,5 Haricot : 0,3
	Cultures fourragères	Brachiaria : 0,2 Stylosanthes : 0,3 Banagrass : 0,05	Brachiaria : 0,5 Stylosanthes : 0,3	Brachiaria : 1 Banagrass : 0,3 Penissetum : 0,2 Avoine : 2 (CS)
Nombre vaches laitières		1	5	4
Nombre de génisses		1	3	4
Lait produit par lactation (l)		2000	4000	4200
Période de production maximale		Début SS	Début SH	SH
Période d'utilisation des herbes naturelles		SS uniquement	Toute l'année	Toute l'année sauf février et mars
% d'herbes naturelles dans la ration		33%	75%	50%
Main d'œuvre	Familiale	2	2	2
	Permanente	2	10	4
Objectif		Augmenter le troupeau à 2 vaches Devenir autonome en fourrage	Augmenter le troupeau à 10 vaches Devenir autonome en fourrage	Augmenter le troupeau à 7 vaches Produire plus de lait en SS Tendre vers l'autonomie fourragère
Stratégie pour réaliser l'objectif		Tout ou partie des vêlages en novembre Augmenter la surface en brachiaria Diminuer la surface en riz Utiliser du foin de brachiaria Améliorer la productivité des animaux	Cultiver du maïs ensilage (CS) Cultiver du fourrage sur les surfaces inexploitées	Tout ou partie des vêlages en juin Augmenter la surface en avoine (CS) Cultiver de la vesce (CS) Cultiver du riz//stylo et maïs/dolique sur une partie des surfaces inexploitées Utiliser du foin (brachiaria ou stylosanthes)

Tableau 1: Présentation des exploitations participant à la démarche.

L'exploitation N est de taille modeste avec un parcellaire très proche de l'exploitation, sans aucune surface en rizière. La production rizicole se réalise uniquement sur tanety et sur baiboho avec du riz

pluvial. Cette culture est la plus rentable économiquement, l'exploitant cherche à en cultiver un maximum sur ses baiboho. Il cultive pendant 5 ans du riz sur la même parcelle avant de casser la monoculture avec du tabac, du fourrage ou du maraîchage. Il régénère la fertilité de ses sols avec des fourrages restructurants (brachiaria et stylosanthes), cette biomasse est utilisée pour l'alimentation animale (une vache, une génisse et un veau), pour la couverture du sol et pour alimenter le fumier de ferme. L'exploitation est relativement éloignée de la route principale et la commercialisation du lait reste à un niveau très local ce qui limite la possibilité d'expansion de cet atelier. L'exploitation est déficitaire en fertilisant organique, l'élevage ne fournit que 45 % de la matière organique épandue, le reste est acheté à l'extérieur. L'exploitation emploie deux salariés qui ne sont pas affectés à un atelier particulier. N est un technicien et un paysan pilote d'AVSF.

L'exploitant G dispose d'un foncier important et présente une situation financière très aisée. L'exploitation est située proche de la route principale. Son revenu est assuré par une importante surface rizicole conduite de manière intensive (6 t/ha de riz paddy). Cela lui permet d'avoir une grande marge de manœuvre pour envisager ses projets d'évolution. Le cheptel de l'exploitation est composé de cinq vaches laitières, trois génisses et quinze zébus. Les veaux mâles sont vendus très rapidement, avant trois mois, pour économiser du fourrage. Ces animaux lui permettent d'être autosuffisant en matière organique pour ses rizières et une partie de ses tanety. L'éloignement et la difficulté d'accès des tanety rendent difficiles leurs exploitations. Elles ne sont utilisées que pour les cultures fourragères et le pâturage des zébus. Cette surface est constamment surveillée par un gardien pour éviter les problèmes de divagation. L'exploitant emploie neuf personnes de plus pour l'atelier élevage, six sont allouées exclusivement à la récolte d'herbes naturelles, deux aux soins des animaux et une à la livraison du lait. Les travaux rizicoles sont assurés par de la main d'œuvre extérieure sous la supervision de G. Cette exploitation ne reçoit l'appui d'aucun organisme mais G participe à certaines journées de formation.

L'exploitant R possède une énorme surface dont la majeur partie n'est pas exploitée car trop éloignée. Les rizières irriguées présentent un atout pour R, elles lui permettent d'avoir une bonne production de riz en saison humide (5 t/ha) et de cultiver de l'avoine en contre saison pour l'affouragement de ses vaches laitières. L'exploitation comporte quatre vaches, quatre génisses (renouvellement et augmentation du troupeau), deux taureaux et quatre veaux mâles destinés à être vendus à un an. Contrairement aux deux autres exploitants dont le prix du lait stable toute l'année, R valorise mieux sa production en saison sèche. Cependant le pic de production laitière est prévu en saison humide pour réduire les besoins en saison sèche, l'alimentation reposant en grande partie sur les herbes naturelles pendant cette période. L'exploitation est autosuffisante en matière organique. R est suivi par BRL (programme PAGME), il a auparavant été suivi par AVSF dont il a été un des paysants pilotes.

Toutes ces exploitations ont l'objectif d'accroître la part d'élevage dans le revenu global, avec une augmentation du troupeau plus ou moins importante, et le souhait de devenir autosuffisant en fourrage. R a en plus l'objectif de décaler son pic de production en saison sèche afin de profiter d'un meilleur prix de

vente. S'ils ont des objectifs presque similaires, leurs stratégies sont clairement différentes. N prévoit de décaler les vêlages en saison humide et d'introduire la fenaison pour disposer de fourrage en saison sèche. G et R misent plus sur l'intensification de leur système de production en introduisant des cultures de contre saison, maïs ensilage pour G, avoine et vesce pour R. Ces deux derniers prévoient également de mieux valoriser leur foncier en cultivant des surfaces pour l'instant inexploitées.

V. Résultat

Les résultats de l'étude seront présentés en deux parties. La première décrira le déroulement de la démarche d'accompagnent effectuée avec un agriculteur et le couplage des outils de simulation et modélisation pour ce cas. La seconde partie sera axée sur l'intérêt et les limites de l'utilisation de l'outil d'optimisation pour la démarche d'accompagnement, elle reprendra de manière transversale toutes les exploitations étudiées.

A. Description de la démarche pour l'agriculteur N

La démarche a été appliquée chez N selon le schéma générique en trois passages, étalés sur quatre semaines. La seconde visite a donné lieu à une visite des parcelles et de l'étable. Cette exploitation a été choisie pour être explicitée plus en détail dans la partie résultat car elle illustre mieux la répartition de la biomasse entre l'élevage et les TAC que les deux autres.

1) Situation initiale

L'exploitation se situe sur la rive ouest du lac. Elle s'étend sur 2,55 ha, le foyer familial est composé de trois adultes et de deux enfants. N emploie deux salariés permanents polyvalents, ils effectuent les soins aux animaux, la récolte des fourrages et les travaux aux champs des différentes cultures sans être affectés à un atelier spécifique. L'atelier élevage comporte une vache laitière adulte, une génisse et un veau.

L'exploitant présente un niveau d'instruction particulièrement élevé par rapport aux autres agriculteurs de la région. Il dispose d'un niveau de formation secondaire (baccalauréat technique agricole) et en plus de son activité sur l'exploitation, il travaille en tant que technicien agricole pour AVSF. Il a notamment suivi un certain nombre de formations sur les techniques d'agriculture de conservation et sur la conduite d'un élevage laitier. Cela a facilité les discussions pour la récupération des informations et pour la présentation des résultats.

<u>Atelier cultures</u>

Assolement

Les surfaces de l'exploitation sont exclusivement sur baiboho et tanety, elles sont toutes situées aux alentours de l'exploitation, à moins de 15 minutes de marche. L'assolement représenté ci-dessous correspond à l'assolement type de l'exploitation, les surfaces des différentes cultures peuvent varier selon les années. Les rendements qui ne sont pas indiqués dans le tableau 2 n'ont pas été discutés avec le producteur ou sont impossibles à quantifier. Les rendements en matière verte indiqués correspondent à des estimations basées sur les dire du producteur[1].

[1] Cf. infra, IV.A.1) Bilan fourrager p.23

Type de sol	Culture		Surface en are	Rendement
	Saison humide	Saison sèche		
Baiboho	Riz pluvial	Jachère	70	3,5 t/ha
	Riz pluvial	Niébé	30	3,5 t/ha – 3tMV/ha
	Riz pluvial	Maraîchage	30	3,5 t/ha
	Mais+dolique	Dolique	10	4 t/ha
	Stylosanthes		10	23 tMV/ha
	Bracharia		20	49 tMV/ha
Tanety	Stylosanthes		20	23 tMV/ha
	Manioc+Brachiaria		15	
	Tabac	Brachiaria ou jachère	35	6,7 tMV/ha (feuille)
	Soja	Brachiaria	10	
	Banagrass		5	42 tMV/ha

Tableau 2: Assolement de la situation initiale de N.

Seul le riz et le tabac sont commercialisés, les autres cultures sont utilisées pour l'autoconsommation familiale, la couverture du sol ou l'alimentation animale (un descriptif détaillé de la stratégie d'assolement est disponible en annexe 6). Le riz est un pilier dans l'assolement de N, il peut être conduit en système conventionnel (avec labour) ou en SCV s'il est cultivé après du brachiaria ou du stylosanthes.

Le brachiaria et le stylosanthes sont vu comme des moyens de régénérer la fertilité du sol et de permettre le semis sous couverture végétale, leur considération en tant que fourrage est un usage secondaire de selon la stratégie de l'éleveur. Plusieurs types de brachiaria sont cultivés, *Brachiaria brizantha* et *Brachiaria ruziziensis*, avec une plus forte proportion de *B. brizantha* que de *B. ruzizensis* (environ 70% et 30%). Nous avons simplifié les simulations en considérant tout le brachiaria comme du *Brachiaria brizantha*, appelé simplement brachiaria.

Stratégie du non-labour

On peut assimiler le maïs+dolique, manioc+brachiaria, soja/brachiaria et le riz après du stylosanthes ou brachiaria comme des pseudos SCV, cela représente environ 50 ares soit 1/5ème de la surface totale. Nous ne pouvons pas parler de SCV stricto sensu car bien que la stratégie de l'agriculteur tende vers ce modèle, les trois principes de l'agriculture de conservation ne sont pas tous respectés d'année en année.

Il n'y a pas de rotation culturale clairement établie sur l'ensemble des parcelles et le principe de rotation n'est que partiellement respecté. Le riz étant la culture principale, il est cultivé au maximum et il revient plusieurs années de suite sans forcément d'interculture. On remarque une abondance de graminées dans le système de culture.

Toutes les surfaces de monsieur N sont conduites en travail simplifié du sol, mais un labour est réalisé tous les 5 ou 6 ans pour contrôler le salissement des parcelles.

Le sol est pratiquement couvert tout au long de l'année mais N n'utilise pas réellement de plante de couverture et le mulch n'est pas présent systématiquement. Il s'agit ici plutôt de successions annuelles

(ex : riz/niébé) et d'utilisation de plantes restructurantes (brachiaria et stylosanthes). On peut néanmoins remarquer du semis direct dans une couverture végétale pour le riz après le maïs+dolique, le brachiaria ou le stylosanthes. Lors de ces semis, le taux de couverture du sol est estimé supérieur à 99% grâce au document de Andriamandroso et Naudin, 2009 (Evaluation visuelle du taux de couverture du sol et de la quantité de résidus).

Fertilisation

La litière des animaux, une partie de la biomasse fourragère et tous les déchets organiques de l'exploitation alimentent le fumier. L'exploitation produit ainsi 16 remorques de fumier par an soit environ 6,5 tonnes. Malgré cette production, l'exploitation est déficitaire en fertilisant organique et monsieur N achète 20 remorques de fumier par an (environ 8 tonnes).

Cette matière organique, de préférence celle produite sur l'exploitation, est utilisée en priorité sur les cultures exigeantes. Elle est systématiquement épandue avant la culture du riz, maïs, et tabac à raison de 6 t/ha, soit 72% de la matière organique. Le reste, 28%, est partagé sur les autres surfaces en fonction de l'état des sols et des cultures mises en place. Chaque parcelle reçoit un apport organique au moins une fois tous les trois ans.

La fertilisation minérale ne s'effectue que sur le riz et le maïs. Sur ces deux cultures les apports sont réfléchis de la même manière : 100 à 150 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'urée.

Atelier élevage

Le cheptel se compose d'une vache, une génisse et un veau de 10 mois. La vache en lactation est une pie rouge norvégienne métissée avec une race locale elle pèse 420 kg, pour cette année le vêlage est prévu en juillet. La génisse est une métisse Holstein de 370 kg, son premier vêlage est prévu en août. Les vêlages ne sont pas forcément calés sur ces mois toutes les années car l'insémination artificielle n'est pas bien maitrisée. Pour la simulation nous retiendront ces dates car elles correspondent à la stratégie de N.

Rationnement

Pour le fourrage, la génisse et la vache sont alimentés de la même façon (voir tableau 3), en revanche seule la vache adulte reçoit de la provende. La règle de monsieur N est d'avoir une proportion de 70% de graminées pour 30% de légumineuses pour avoir une ration équilibrée respectant le bien-être des animaux. Le tableau 3 nous montre que l'alimentation des animaux se divise en deux périodes, (I) de décembre à mai (saison humide) l'alimentation est assurée par du brachiaria et stylosanthes. (II) De juin à novembre (saison sèche) l'affouragement inclue des herbes naturelles et des résidus de culture car il y moins de fourrages disponibles sur l'exploitation (juste un peu de stylosanthes et banagrass).

La paille de riz est distribuée à volonté de mai à novembre, soit à partir de la récolte du riz jusqu'à ce que le brachiaria soit disponible en abondance. Les quantités inscrites dans le tableau correspondent aux

quantités nécessaires pour accorder les apports de l'alimentation aux besoins de la vache, au vue des quantités de fourrage et de provende distribuées.

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Brachiaria	13	12	11	10	10							13
HN						15	15	15	15	15	15	
Banagrass						7,5	7,5	7,5				
Stylosanthes	5	5	5	5	7	7,5	7,5			7,5	7,5	5
Résidus niébé								7,5	7,5			
Résidus patate d.								6,5	6,5			
Paille de riz									3	4	2	1
Mois après vêlage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Provende	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2	2

Tableau 3: Ration de la situation initial de N (en kg/vache/jour).
Patate d. : patate douce. Composition de la provende : maïs grain 41%, son de riz 37%, tourteau d'arachide 19%, poudre de poisson 2,5%, complément en minéraux et vitamines (CMV) 0,5% et 0,25% de sel. Le tourteau d'arachide remplacé par du soja en mars et avril.

Le point négatif de cette ration est la dépendance aux herbes naturelles pendant la saison sèche. Cette ressource, bien que commune, est relativement couteuse en main d'œuvre pendant la saison sèche. Pendant cette période ce fourrage est moins abondant et les récolteurs doivent parcourir plus de distance pour trouver ces herbes. Le prix d'un sac de 30 kg est estimé à 2000 MGA (soit 67 MGA/kg).

Les quantités de provende distribuées ne sont pas bien adaptées à la courbe de production laitière, elles devraient être moindres de juin à octobre. N a remarqué que s'il donne moins de 3,5 kg de concentré par jour (1,75 kg/traite) la vache stresse et retient son lait. La majorité des constituant est acheté à l'extérieur, seul le soja et la moitié du maïs proviennent de l'exploitation. Le coût de la provende a été estimé par le producteur à 350 MGA/kg tout au long de l'année.

Les quantités de brachiaria et de stylosanthes ont nécessité d'être ajustées a la production réelle de la vache. A la lumière des simulations nous avons compris que 25% de la biomasse récoltée n'était pas consommée par les animaux, ces refus sont valorisés dans le fumier. Pour N cela n'est pas un problème car la récolte des fourrages (hors herbes naturelles) n'engendre pas réellement de charge, elle est assurée par les employés qui disposent de suffisamment de temps pour aller récolter un sac de fourrage chacun par jour. La biomasse laissée sur les parcelles est jugée suffisante par N et il ne voit pas d'intérêt à en laisser plus, il préfère distribuer l'excédent aux animaux quitte à ce que cette biomasse finisse dans le fumier.

Production animale

La courbe de production laitière est présentée en annexe 6. La quantité de lait commercialisée est d'environ 1 750 litre par lactation.

N vend le lait à sa fille qui le commercialise au niveau local, principalement sous forme de yaourt. Le prix de vente est fixé à 1 200 MGA/l, mais la demande est limitée par les débouchés de la fille qui dispose d'un faible périmètre de vente (les villages voisins). L'exploitant pense que le marché actuel pourrait absorber au maximum la production de deux vaches laitières. Pour la population locale le lait n'est pas un produit de première nécessité ce qui implique une baisse de la demande pendant la période de soudure (avril, mai), moment où les finances de la population sont au plus bas. Cela explique la stratégie de N qui prévoit les vêlages après cette période de façon à avoir un minimum de production pendant ces deux mois.

Les veaux, mâles et femelles, sont vendus dans l'année pour un prix de 1 000 kMGA/tête. Le renouvellement et l'augmentation du troupeau se fait par l'achat de nouveaux animaux pour diversifier le potentiel génétique.

Bilan fourrager

Les rendements fourragers ont été difficiles à évaluer, le producteur n'a jamais mesuré la productivité de ces cultures. Nous avons réussi à estimer les rendements du brachiaria et stylosanthes en considérant les quantités exportées et laissées sur la parcelle. Le manque d'information sur le banagrass nous a conduits à utiliser un rendement tiré de la littérature, 42 tMV/ha (Rasamizafimanantsoa et al., 2008).

En plus du fourrage distribué aux animaux (8,2tMV), N estime donner 1,4 tMV/mois de brachiaria à son voisin pour les mois de janvier, février et mars. Il estime également avoir une production de 200 kgMV en juin, cette biomasse n'est pas exploitée pour permettre à la culture de repartir en fin de saison sèche. Cela nous permet d'estimer le rendement de cette espèce à 49 tMV/ha (18 tMS/ha) ce qui est cohérent avec les données de Rasamizafimanantsoa et al., 2008.

Pour le stylosanthes, nous avons considéré la quantité laissée sur la parcelle grâce au document Andriamandroso et Naudin, 2009 : le producteur estime avoir entre 90% et 95% de couverture du sol lors d'un semis sous couverture de stylosanthes, ce qui correspond environ à 7,5tMS/ha soit 2,3 tMV pour les 30 ares de N. Cela ajouté à la biomasse utilisée en fourrage, 4,6 tMV, nous obtenons un rendement de 23 tMV/ha, cohérent avec les informations de RAKOTOSOLOFO, 2010.

Nous avons représenté en figure 7 les bilans mensuels des quantités de fourrages produites par les parcelles et des quantités exportés. La productivité mensuelle des fourrages a été définie grâce au savoir expert de Krishna Naudin et aux dires du producteur.

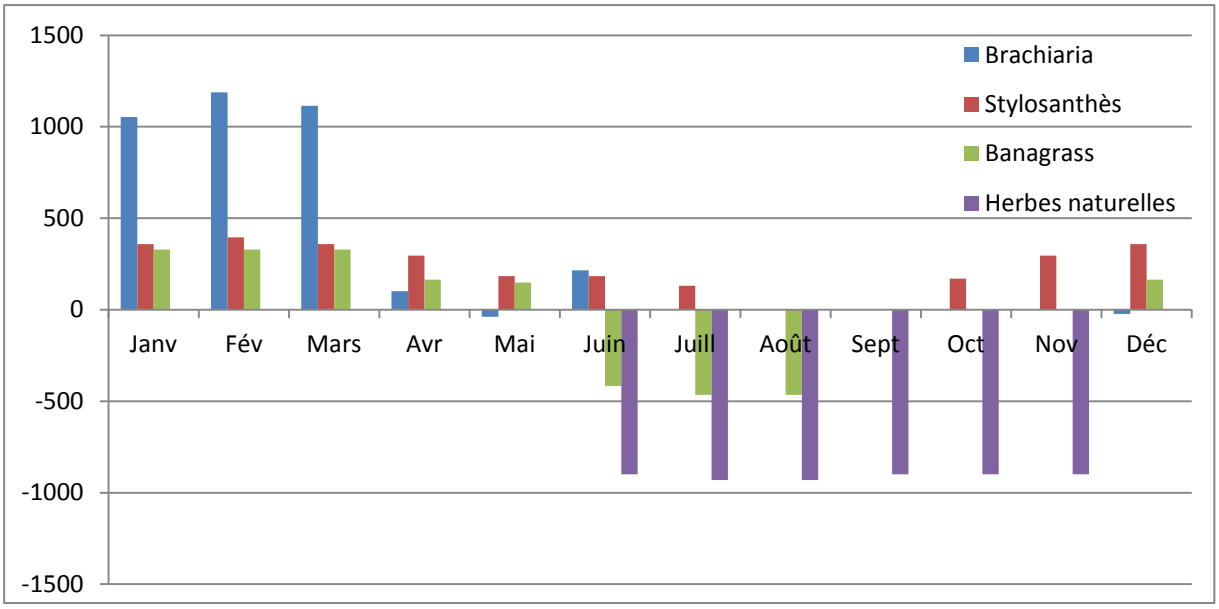


Figure 7: Bilan fourrager de la situation actuelle de N (en kgMV).

On peut remarquer que N est très excédentaire en biomasse (brachiaria et stylosanthes) pendant la saison humide, d'une part il a un surplus qu'il ne peut pas utiliser et qui est gratuitement donné au voisin et d'autre part 25% de la biomasse fourragère récoltée n'est pas valorisée par les animaux. La biomasse de banagrass est produite en saison humide et elle est exploitée en saison sèche. Contrairement au brachiaria cette culture garde une bonne appétence pour les mois de juin à aout.

Suite à la présentation de ce résultat le producteur a réagi en s'interrogeant sur la manière de mieux valoriser le surplus de brachiaria. Il ne souhaite pas diminuer la quantité de fourrage distribuée. Il ne souhaite pas non plus réduire la surface cultivée car il utilise cette espèce pour régénérer la fertilité de ses sols et pour constituer un mulch pour l'implantation du riz en semi direct. De plus une partie de l'excédent lui permet d'augmenter sa production de fumier et ainsi de transférer des éléments nutritifs des parcelles fourragères vers les cultures commerciales. Il prévoit pour l'avenir de conserver une partie de la biomasse sous forme de foin pour la redistribuer en saison sèche.

Résultats économiques

La simulation de la situation initiale nous donne les résultats économiques suivants (tableau 4) :

	Atelier élevage		Atelier culture			Total
	Lait	Viande	Riz	Tabac	Maïs	
Produit	2 088	1 000	3 867	2 800		9 755
Charges opérationnelles	873		650	1 400	39	2 962
Marge brute	2 215		4 578			6 793
Charges de main d'œuvre						1 200
Charge en matière organique						300
Marge nette						5 293

Tableau 4: Résultats économiques de la situation initiale de N (en kMGA/an).

Le détail des charges des productions est disponible en annexe 6

En termes de valeur ajoutée, l'élevage est un peu plus lucratif que l'agriculture. Pour l'élevage les charges opérationnelles représentent 39% de la marge brute, pour les cultures elles représentent 46%. La stratégie de N est de développer sa production laitière pour bénéficier d'un revenu régulier tout au long de l'année et ainsi améliorer sa trésorerie.

Pour l'élevage, la provende est le plus gros poste de dépense de l'atelier élevage (49% des charges). Les herbes naturelles représentent 42% des charges pour seulement six mois d'alimentation. Les charges de culture correspondent à 70% au tabac et à 30% au riz.

Le revenu de l'exploitation provient à 68% de l'atelier culture et à 32% de l'élevage. La stratégie de N est axée sur les cultures commerciales (riz et tabac) en utilisant des cultures fourragères pour régénérer la fertilité de ses sols. L'élevage laitier est un moyen pour lui de valoriser une partie de la biomasse produite par ces cultures restructurantes et de produire une partie de la matière organique nécessaire au bon fonctionnement du système de culture.

Ces chiffres donnent une idée de la composition du revenu annuel de l'exploitation. Les résultats économiques sont difficilement validables car l'exploitant ne tient pas de comptabilité. Cependant, monsieur N ne semble pas choqué par ces valeurs, il ne les pense pas trop éloignées de la réalité.

Atouts et contraintes de N

L'établissement du scénario initial a permis de dresser un bilan du système de production de N (tableau 5). La proximité des parcelles est peut être l'un des atouts majeur de N, cela lui permet de les surveiller facilement et ainsi de ne pas de subir la divagation des animaux des autres éleveurs. Cela lui donne la possibilité de cultiver suffisamment de fourrage pour assurer l'alimentation de ses animaux et la couverture du sol. Il n'en reste pas moins que, comme la majorité des éleveurs de la région, la faible disponibilité en fourrage pendant la saison sèche le rend dépendant à l'achat d'herbes naturelles. L'objectif du producteur est de limiter cette contrainte et si possible devenir autosuffisant en fourrage. Enfin la situation géographique de l'exploitation limite les possibilités de commercialisation du lait, ce qui contraint les perspectives d'agrandissement de l'atelier élevage et ne lui permet pas d'envisager de devenir autosuffisant en matière organique.

Atouts	Contraintes
Parcelle très proche de l'exploitation Pas de problème de divagation Beaucoup de biomasse disponible (excédent en saison humide) Surface utile bien valorisée par le riz et le tabac	Peu de disponibilité en fourrages appétés pendant la saison sèche Faible demande en lait en saison sèche Non auto-suffisant en matière organique

Tableau 5: Bilan de la situation initiale de N.

La situation de N n'a pas été identifiée telle que dès le début de la démarche, elle a été construite sur les échanges de plusieurs rendez-vous qui ont permis d'aboutir sur une représentation cohérente de l'exploitation. Cela montre que la construction des scénarii par itérations successives permet de mieux comprendre la stratégie du producteur et donc donne de la pertinence à la démarche d'accompagnement. La représentation de l'exploitation sous la forme de scénario permet à l'exploitant de prendre du recul sur le fonctionnement de son système de production. Ce nouvel angle de vision donne à l'exploitant des éléments pour apprécier ses atouts/contraintes et alimente la réflexion sur l'élaboration de ses projets d'évolution.

2) Questionnements du producteur

Autosuffisance fourragère

Le problème majeur de monsieur N est l'alimentation des animaux en saison sèche. Les plantes fourragères (brachiaria et stylosanthes) ne sont pas bien appétées pendant cette période et une fauche pendant la saison sèche serait préjudiciable au fonctionnement du système SCV. Le banagrass est utilisable un peu plus tard mais sa surface est limitée à l'embocagement des parcelles. Certains résidus de cultures sont utilisables mais l'exploitant désire conserver 70% de graminées dans la ration pour le bien-être de ses animaux. La solution a pour l'instant été d'utiliser des herbes naturelles, cependant la récolte de ce fourrage est couteuse en saison sèche en raison de la faible abondance des plantes. L'exploitant réfléchit à la manière d'être autosuffisant en fourrage ou à défaut de limiter la charge des herbes naturelles.

Il a remarqué un excédent de brachiaria pendant les mois de janvier, février et mars. Cette biomasse est pour l'instant utilisée par un voisin, l'agriculteur prévoit pour le futur de la valoriser lui-même. Il aimerait la conserver par fenaison pour pouvoir la distribuer de juin à novembre. Sachant que cette quantité ne sera pas suffisante pour s'abstenir totalement de la récolte des herbes naturelles, il réfléchit à la rentabilité économique de cultiver du brachiaria pour le foin à la place du riz. Il aimerait avoir des informations sur le résultat économique que donnerait un scénario où il diminuerait la surface rizicole pour produire du foin de brachiaria et ainsi limiter les charges en herbes naturelles

Synchroniser les besoins des animaux avec la période de production de biomasse

Afin de valoriser l'excédent de fourrage, une autre solution serait de caler les vêlages de façon à accorder le pic de lactation avec la forte production de fourrage de la saison humide. Le problème d'un tel scénario est que les ressources financières de la population locale sont au plus bas pendant la période de soudure et que le lait risque d'être vendu à un moindre prix.

N aimerait simuler un scénario où les vaches vêleraient en saison humide, économisant ainsi sur les dépenses en herbe naturelle, avec un prix du lait inférieur.

Augmentation de la production laitière

Le projet de N est d'intensifier son atelier élevage afin d'augmenter son revenu journalier et d'améliorer l'intégration entre l'agriculture et l'élevage. Pour cela il a acquis une génisse qui rejoindra l'atelier lait au mois d'août. Il se limitera cependant à deux vaches car il pense que le marché est insuffisant pour écouler la production de trois vaches. Il espère néanmoins augmenter la productivité par vache et monter à des lactations de 2 500 l. Il voudrait améliorer la richesse de la ration en saison sèche, au moment du vêlage, et utiliser des races Holstein qu'il estime plus productives que les pies rouges norvégiennes. Il espère également que ses futures vaches n'aient pas besoin d'avoir la traite amorcée par la tété du veau, cela pour pouvoir commercialiser une plus grande proportion du lait produit.

Cet objectif sera traité de manière transversale en incluant deux vaches laitières dans les scénarii précédemment évoqués. De plus nous réaliseront des simulations supplémentaires avec des vaches à 2 500 l/lactation pour voir l'impact qu'aurait l'augmentation des besoins de lactation sur l'alimentation.

3) Situations simulées

Scénarii simulés	Modification par rapport à la situation initiale
Situation initiale avec deux vaches latière	1 vêlage en juillet et 1 en août
Projet de décalage des vêlages	2 vêlages en novembre
	1 vêlage en novembre et 1 en janvier
	1 vêlage en novembre et 1 en septembre
Projet d'affouragement avec du foin	1 vêlage en juillet et 1 en août Foin de brachiaria en substitue des herbes naturelles Culture de brachiaria en substitue du riz

Tableau 6: Descriptif des différents scénarii simulés pour N.

Pour répondre aux attentes du producteur, différents projets ont été conçus, dont voici un descriptif dans le tableau 6. Pour les paramètres qui ne sont pas indiqués comme modifiés, la valeur choisie est celle de la situation initiale.

Situation initiale avec 2 vaches laitières

Ce scénario est identique à la situation initiale avec deux vaches en production, deux veaux et sans génisse. Ce scénario permet d'avoir des éléments de comparaison pour évaluer les projets, puisque tous les projets simulés considèrent deux vaches en production. L'atelier culture n'est pas modifié. Les résultats économiques de ce scénario sont présentés dans le tableau 7.

On remarque que les produits de l'élevage (lait et viande) sont multipliés par deux avec l'arrivée de la deuxième vache dans l'atelier élevage. Pour les charges, seule la consommation de provende augmente significativement puisque la génisse de la situation initiale était déjà alimentée comme la vache laitière pour le fourrage. La traite de la deuxième vache n'engendrera pas de coût de main d'œuvre

supplémentaire. Cependant nous n'avons pas pris en compte l'achat des animaux de renouvellement ni la vente des animaux réformés, en ce sens la marge nette est surévaluée.

	Atelier élevage		Atelier cultures			Total
	Lait	Viande	Riz	Tabac	Maïs	
Produit	4 217	2 000	3 868	2 800		12 884
Charges opérationnelles	1 359		650	1 400	39	3 447
Marge brute	4 858		4 578			9 437
Charges de main d'œuvre						1 200
Charge en matière organique						300
Marge nette						7 937

Tableau 7: Résultat économique de la situation initiale avec 2 vaches laitières de N.
Le détail des charges des productions est disponible en annexe 6

La consommation fourragère est identique à la situation initiale, N estime que les quantités actuellement distribuées à la vache, la génisse et au veau suffiront à alimenter deux vaches laitières et deux veaux ce qui est confirmé par la simulation sous CLIFS. Cela impliquera une meilleure valorisation de la biomasse exportée des parcelles avec moins de refus. En revanche l'atelier lait sera constitué d'un veau de plus et donc la quantité de déjection augmentera. La matière organique produite n'a cependant pas été modifiée par rapport à la situation initiale, on suppose que l'augmentation de la quantité de déjection sera compensée par la diminution des résidus végétaux. Quoi qu'il en soit N prévoit d'acheter autant de matière organique.

Ce scénario nous donne des informations sur l'augmentation des produits d'élevage et sur la consommation en provende que représentera l'arrivée de la génisse à maturité. La proportion de l'élevage dans le revenu de l'exploitation monte à 48%, contre 32% pour la situation avec une seule vache.

La simulation du scénario avec des animaux à 2500 l/lactation nous donne un produit du lait supérieur de 24%. L'augmentation des besoins des animaux nécessite plus de fourrage, entre 10 à 15% selon les espèces. Pour les fourrages disponibles sur l'exploitation ce n'est pas un problème car N est excédentaire en biomasse, en revanche cela augmente la charge en herbes naturelles de 15%. Cela aboutit à l'augmentation de la marge nette de 12%. Cependant il faut préciser que cette augmentation de la productivité n'est pas dépendante uniquement de l'augmentation des apports en énergie et en azote. Si la génétique ne semble pas être limitante pour N, d'autres facteurs peuvent l'être tel que les apports en minéraux, en oligo-éléments ou alors le bien-être de la vache.

Scenarii sur les dates de vêlages

L'objectif de ces scénarii est d'avoir des animaux avec de plus faibles besoins pendant la saison sèche et ainsi diminuer la charge en herbes naturelles. L'autre intérêt est de mieux valoriser l'excédent fourrager de la saison humide avec une plus grande proportion de matière verte valorisée par les besoins de

lactation. Le choix des mois de vêlage a été ciblé sur le mois de novembre afin d'éviter d'avoir le pic de production pendant la période de soudure (mars-avril). Différentes situations ont été testées afin de mieux éclairer le producteur sur l'impact des dates de vêlage sur la consommation en herbes naturelles et sur la valorisation de l'excédent fourrager de la saison humide. Ainsi nous avons réalisé trois scénarii : (I) deux vêlages en novembre (2 nov), (II) un vêlage en novembre et un en janvier (nov-janv) et (III) un vêlage en septembre et un novembre (sept-nov).

Le choix du mois de novembre pour les vêlages est discutable car il entraine une forte augmentation des besoins pendant un mois ou les herbes naturelles sont particulièrement difficiles à récolter du fait de leur faible disponibilité. Le choix du mois de décembre serait plus judicieux pour économiser sur les charges d'herbes naturelles mais cela nécessiterait d'avoir plus de lait vendu en période de soudure (environ 10%). N a donc préféré simuler des scénarii avec des vêlages autour du mois de novembre.

Afin de prendre en compte la baisse de la demande de la période de soudure, le producteur a fait le choix de diminuer le prix du lait à 900 MGA/l de novembre à avril. Bien que la période de soudure soit définie pour les mois de mars et avril, l'appauvrissement de la population suit l'augmentation du prix du riz. N estime que cela pourrait avoir un impact sur les ventes de produits laitiers à partir du début de la saison humide, avec une plus grande incidence pour les mois de mars et avril. De mai à octobre le prix a été fixé à 1100 MGA/l car pendant cette période N est sûr de bien vendre son lait. Ces diminutions sont sans doute exagérées par rapport à une situation réelle mais le producteur a désiré étudier ces simulations dans le pire des cas pour vérifier s'il a un réel intérêt à décaler les dates de vêlages.

De décembre à mai la ration journalière a été adaptée aux besoins des animaux en ajustant les quantités de brachiaria sans modifier la quantité de stylosanthes ingérée. La modification n'a porté que sur la graminée car (I) cette espèce présente un plus fort excédent pendant la saison humide, (II) sa période d'utilisation en tant que fourrage est plus limitée et (III) elle présente moins d'intérêt pour l'utilisation en plante de couverture et en biomasse destinées au fumier. De plus on a pu remarquer que les rations sont systématiquement excédentaires en azote (PDIN et PDIE) et que donc il y a peu d'intérêt à augmenter la proportion de légumineuse. Pour la période de juin à novembre seule la quantité d'herbes naturelles a été modifiée. Les autres fourrages n'entrainent pas de charge supplémentaire puisqu'ils sont récoltés par la main d'œuvre permanente et N désire donc les conserver dans les rations de ces scénarii.

	Situation initiale 2vl*	2 nov	Nov-janv	Sept-nov
Lait commercialisable en période de soudure (moyenne en l/j)	4,4	11,6	12,7	9,9
brachiaria excédentaire** (en kg)	2 520	1 920	1 860	2 190
Charge herbes naturelles (kMGA)	368	102	61	138
Produit du lait (en kMGA)	3 866	3 355	3 423	3 372
Marge nette (en kMGA)	7 586	7 341	7 450	7 322

Tableau 8: Comparaison des scénarii de N sur le décalage des dates de vêlage.
*Afin de d'avoir une comparaison plus cohérente nous avons simulé ce scénario avec un prix du lait constant de 1100 MGA/l.
**Le fourrage excédentaire correspond aux fourrages distribué pendant la saison humide qui ne peut être valorisé par les animaux aux vue des capacités d'ingestion et des niveaux de production.

Les résultats de ces différents scénarii (tableau 8) ont permis à N de voir qu'il peut espérer avoir un meilleur résultat économique avec sa situation actuelle plutôt qu'en accordant les besoins des animaux avec la production fourragère. Finalement la diminution du produit du lait ne sera pas compensée par l'économie réalisée sur les charges en herbes naturelles. De plus, au vue du marché, il trouve risqué d'avoir autant de lait à vendre pendant les deux mois de soudure, il ne pense pas être en mesure de vendre ces quantités en gardant une bonne rentabilité économique. Cela serait d'autant plus problématique avec des lactations de 2500 l.

Scénarii sur l'utilisation de foin :

Ces projets ont pour objectif de valoriser la productivité de la saison humide pour distribuer du foin pendant la saison sèche. Cela dans le but d'acquérir une totale autonomie fourragère et ainsi supprimer la charge en herbe naturelle. Le questionnement de N est de voir l'impact économique de cultiver du fourrage destiné au foin en substitue de la riziculture.

Le déficit en fourrage disponible sur l'exploitation concerne les graminées, pour l'affouragement en légumineuse N dispose du stylosanthes et du niébé. Le choix de la culture à faner s'est porté sur le Brachiaria car elle présente le plus fort excédent non valorisé pendant la saison humide. La fenaison sera réalisée manuellement part la main d'œuvre disponible sur l'exploitation. N estime que cela n'engendrera pas de frais supplémentaires et que les employés disposeront de suffisamment de temps pour manipuler le brachiaria. Nous avons considéré une perte de matière sèche de 30% au cours de la fenaison.

Par manque de données régionales nous n'avons pas pu obtenir les valeurs nutritionnelles du foin de Brachiaria. Nous avons alors utilisé les valeurs du foin de chloris issues du document Rasamizafimanantsoa et al., 2008. Nous supposons sous-estimer les vraies valeurs nutritionnelles du foin de brachiaria puisque la chloris fraiche présente des valeurs en UFL, PDIE et PDIN inférieure au Brachiaria.

La quantité excédentaire actuelle de fourrage est estimée à 4,2 tMV ce qui correspondrait à 950 kg de foin. Elle est pour l'instant valorisée par un voisin mais N prévoit de l'utiliser s'il fait le choix de conserver du fourrage par fenaison. Cependant, selon le choix de l'exploitant, cette quantité ne sera pas prise en compte dans les calculs de surface en brachiaria à substituer au riz. Cela afin d'avoir une marge de sécurité et de simuler une situation pire que la situation espérée. L'exploitant n'ayant jamais pratiqué la fenaison, ni reçu de formation sur cette pratique, il suppose avoir de grosses pertes au cours de la mise en place de cette technique.

L'affouragement en foin ne sera utilisé que pour les vaches laitières. Dans le projet de N les deux veaux resteront alimentés à l'identique de la situation initiale : lait et paille de riz pendant la saison sèche puis brachiaria et stylosanthes en saison humide.

Pour le même niveau de production il faudrait 1,8 tonne de foin, soit 7,9 tonnes de brachiaria vert, pour remplacer les herbes naturelles. En considérant un rendement de 63 tMV/ha cela nécessiterait de convertir 14 ares de riziculture en parcelle fourragère. Cette modification de l'assolement impliquera un excédent de matière organique puisque la culture de brachiaria recevra moins d'amendement que la précédente culture de riz. Ce surplus sera redistribué sur les autres surfaces et n'engendrera pas de diminution de charge de fertilisation, nous avons choisi de ne pas augmenter les rendements des cultures recevant ce surcroit de fumure organique.

Sur la figure 8 on voit que pour le projet avec du foin les charges et le produit sont diminuées, ainsi que les charges d'élevage. En revanche le produit de l'élevage reste identique, l'affouragement avec du foin permet de garder le même niveau de production. Cela nous conduit à une marge nette totale sensiblement identique pour les deux scénarii (écart de 0,3%). Avec la disparition des charges pour les herbes naturelles, les charges d'élevage ne sont plus alors constituées que de l'achat de la provende (86%), les inséminations artificielles (10%) et les soins vétérinaires (4%).

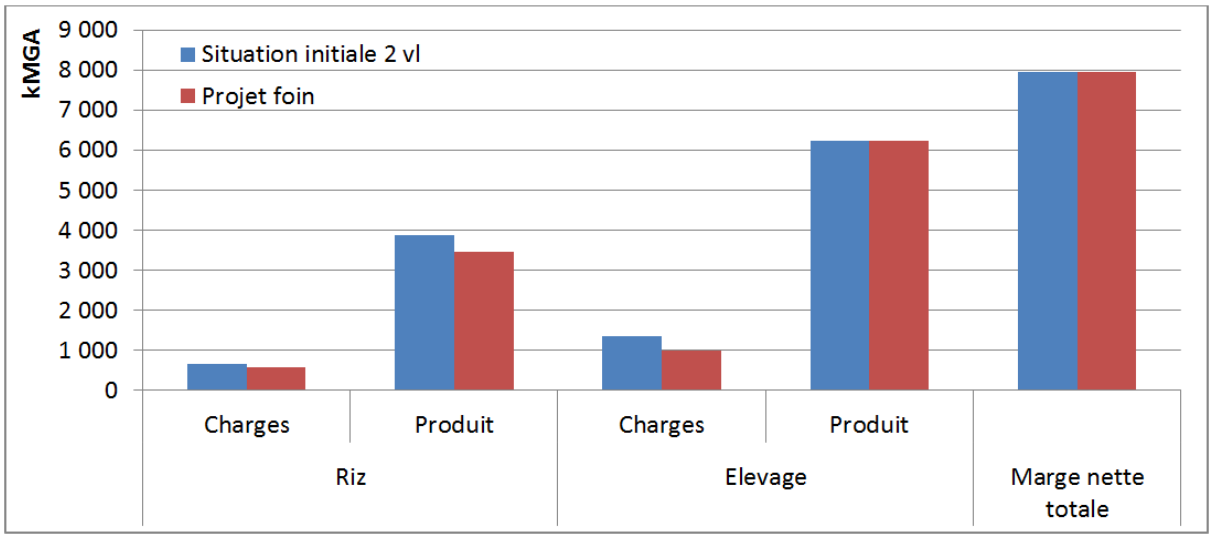


Figure 8: Comparaison économique de la situation initiale 2 vl et du projet foin (2000 l/lactation) de N.

Pour des vaches à 2500 l/lactation nous obtenons sensiblement les mêmes résultats. La quantité de foin nécessaire pour affourager les vaches est de 2,2 tonnes ce qui équivaut à une surface de 16 ares à convertir en fourrage. Nous obtenons au final une marge nette totale équivalente à un scénario sans foin (écart de 0.2%). Cela a permis au producteur de voir que l'utilisation de foin reste possible même avec des animaux plus productifs.

Ce projet a été jugé très intéressant pour le producteur qui réalise qu'il pourrait devenir autosuffisant en fourrage en gardant le même revenu. Ce projet sera d'autant plus intéressant s'il est possible de valoriser également le fourrage qui pour l'instant est exploité par le voisin. La contrainte majeure est l'apprentissage de la fenaison, cette pratique n'est que très peu répandue autour du lac (Dupin, 2011). La brachiaria est très productif en saison humide mais le climat complique le séchage de la biomasse. La technique pourrait d'être de faucher petit à petit la biomasse destinée au foin pour n'avoir qu'une petite quantité de matière à manipuler et pour limiter les pertes en cas d'aléas climatique.

	Atouts	Contraintes
Projet date de vêlage	Meilleur valorisation du fourrage excédentaire en SH.	Beaucoup de lait à vendre en période de soudure. Plus faible marge nette. Scénario compliqué avec 2500 l/lactation.
Projet foin	Meilleur valorisation du fourrage excédentaire en SH. Autonomie fourragère. Scénario possible avec 2500 l/lactation.	Apprentissage de la fenaison. Séchage du foin difficile en saison humide.

Tableau 9: Atouts et contraintes des scénarii projets de N.

Conclusion sur les scénarii projets de N

Le tableau 9 montre un résumé de la comparaison des projets date de vêlage et foin avec la situation initiale avec deux vaches. Pour l'avenir N prévoit de réaliser le projet foin. Il pense expérimenter la fenaison avec son actuel excédent de brachiaria puis convertir une partie de la surface rizicole en fourrage quand il maitrisera cette technique. Il prévoit de conserver les mêmes dates de vêlage, si l'insémination artificielle se passe bien.

4) Construction de scénario alternatif pour N avec GANESH

L'utilisation de GANESH a nécessité des modifications de l'outil afin d'être en accord avec la réalité du producteur. Les sorties de GANESH ont été comparées aux simulations sous CLIFS et aux choix de l'agriculteur. Nous avons discuté avec le producteur sur les sorties des premières optimisations mais nous n'avons pu lui présenter les résultats finaux car des modifications de l'outil ont été apportées après la phase de terrain.

Voici les modifications réalisées pour s'accorder à la réalité de N :

- Définition de l'âge des vaches à 66 et à 68 périodes pour avoir des vêlages en juillet et aout.
- Suppression de la possibilité de faire du riz en conventionnel sur tanety car le prix de vente élevé du riz force l'optimisation à faire de la monoculture de riz sur les tanety ce qui n'est pas possible dans la réalité. Dans la logique de l'agriculteur le riz en tanety n'est cultivé qu'une fois que la fertilité du sol a été régénérée (après un brachiaria ou stylosanthes) ce qui arrive environ une fois tous les huit ans.
- Définition de l'équation limitant à 30% la proportion de légumineuse dans la ration. Cette contrainte a été rédigée en matière sèche alors que le producteur la raisonne en matière fraiche.

Le travail sur l'outil d'optimisation a été réalisé sur la base du scénario initiale avec deux vaches laitières pour modéliser la situation ou la pression des animaux sur la biomasse est maximale. Nous avons fixé la contrainte de couverture du sol pour les systèmes SCV à 30% car, selon les pratiques du lac Alaotra, c'est la couverture minimale nécessaire au fonctionnement du SCV (Naudin K., 2012).

Assolement

Le tableau 10 présente l'assolement de solution trouvée par GANESH. La solution optimale selon l'outil est de mettre en place un système SCV sur baiboho, en cultivant du riz en rotation annuelle avec de la dolique, ou de la vesce, sur toute la surface. Une couverture du sol d'au moins 70% est assurée par les légumineuses (la paille de riz ne participe pas à la couverture du sol dans l'outil). Cette pratique se rapproche du système riz/niébé à la différence que pour N cette culture ne représente que 17 % de la surface en baiboho et qu'il utilise l'intégralité de la biomasse de niébé pour l'affouragement des animaux. Pour N le niébé est préférable à la vesce car les graines peuvent être utilisées pour l'autoconsommation familiale.

Toposéquence	Surface (are)	Année 1	Année 2	Année 3
Baiboho	160	CV Riz/dolique	SCV Riz/dolique	SCV Riz/dolique
	10	CV Riz/vesce	SCV Riz/vesce	SCV Riz/vesce
Tanety	10	CV Maïs+dolique	CV Maïs+dolique	CV Maïs+dolique
	10	CV Manioc	CV Manioc	CV Maïs+dolique
	10			CV Manioc+brachiaria
	10			CV Arachide
	40			CV Brachiaria
	5	CV Arachide	CV Arachide	CV Maïs

Tableau 10: Assolement optimisé avec GANESH, cas de N.
CV= système de culture conventionnel avec labour. SCV= Système de culture sous couverture végétale avec semi direct. Les rendements des cultures utilisés par GANESH sont présentés en annexe 7.

Pour deux premières années, la solution optimale choisie est de ne pas utiliser toute la surface cultivable en tanety. Au vue de la situation de N seul le riz est commercialisable et il a été défini impossible à cultiver sur ces surfaces. Toutes les autres cultures sont destinées à la consommation familiale, animale

ou à la couverture du sol. Pour l'outil il n'est pas nécessaire d'utiliser toute la surface en tanety car les animaux sont suffisamment nourris, et la biomasse restante permet un bon fonctionnement du système SCV. En revanche il est rentable de cultiver plus de surfaces si la pression de l'élevage sur la biomasse augmente. Toutes les surfaces en tanety sont cultivées à partir de 9 vaches laitières.

L'assolement des années 1 et 2 sont sensiblement identiques à la différence que les systèmes intégrant du maïs et du riz sont conduits en SCV la deuxième année. Lors de la première année le système est forcément conventionnel puisqu'aucune biomasse n'est disponible pour constituer le mulch. La deuxième année est conduite en SCV car ces système sont plus économique de plus ils offrent un meilleur rendement pour le riz.

L'assolement en tanety année 3 est quant à lui très divergent. A la différence des autres années il y a du brachiaria, du maïs pur, du brachiaria+manioc et deux fois plus de maïs+dolique. Nous avons remarqué que les cultures fourragères ne sont jamais mises en place en année 1 et 2. Elles ne sont cultivées qu'en troisième année[1].

De par ses paramètres d'entrée l'outil est éloigné de la réalité de l'agriculteur. Certaine culture, tel que le tabac, banagrass ou niébé, ne sont pas pris en compte par l'optimisation. Il aurait été trop compliqué d'introduire plus de culture dans l'outil.

Alimentation

La stratégie d'alimentation choisie par GANESH est présentée dans les tableaux 11, 12 et 13.

	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept
Vesce									7,1		11,3	14,2
Dolique	6,5											
Paille de riz	3					4	8,1	8,1	7,1	8,1	6,5	6,1
Herbes naturelles	4,5	9,1	9,1	9,1	9,1	4,5						
Provende	6,4	7,8	7,3	6,7	6,3	4,7	3,2	2,7	1,9	4,5	4,3	4,2

Tableau 11: Stratégie d'alimentation de la 1ère année d'optimisation, cas de N (en kgMV/jour/vache).

Les années considérées par GANESH commencent avec la 2ème période d'octobre et finissent à la 1ère période d'octobre l'année suivante. Pour simplifier les sorties et permettre une meilleure comparaison avec CLIFS nous avons présenté le rationnement des animaux de manière mensuelle, en regroupant les périodes deux à deux. Nous avons ramené les quantités de GANESH exprimées en kg de matière sèche par période pour l'ensemble du troupeau laitier à des quantités exprimées en kg de matière fraiche par vache et par jour.

Pour le mois d'octobre nous avons regroupé la première et la dernière période de l'année. En conséquence de cela l'alimentation du mois d'octobre de l'année 1 utilise des fourrages produits sur l'exploitation.

[1] Cf. infra IV.A.1) Une année 3singulièrement différente p. 39

Pour l'optimisation, l'alimentation se fait exclusivement avec des ressources extérieures (herbes naturelles et provende) pour les 10 premières périodes (jusqu'à la 2ème période de mars), jusqu'à ce qu'une culture soit récoltable.

	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept
Vesce										3,1	7,9	
Dolique	13,8	13,1	13,1	13,5	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	10,9	7,2	13,1
Maïs+dolique *	5,9			3,6						5,9	11,9	
Paille de riz	3	5,9	5,9	4,1	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	3		5,9
Provende	2,6	4	3,5	2,2	2,5	2,1	1,8	1,3	1,4	1,7	1,6	4,7

Tableau 12: Stratégie d'alimentation de la 2ème année d'optimisation, cas de N (en kgMV/jour/vache).
*Correspond à des résidus de maïs+dolique

	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept
Vesce	8,3			4,2	7,8	7,7				12,7	13,5	
Dolique	6,5	13,1	13,1	10,5	7,2	7,2	13,7	14	13,9	3,1	2,5	15,2
Paille de maïs									2,2	0,4	0,1	
Maïs+dolique				11,8	5,9	3,7						
Brachiaria	11,1				6,3	7,6	6,6	9,6	8,2	18,4	19,9	21,6
Paille de riz	3	5,9	5,9		1,3	2	4,1	3,3	1,5	0,6	0,6	
Provende	2,7	4	3,5	0,3	0,1		0,9			0,1	1,2	1,7

Tableau 13: Stratégie d'alimentation de la 3ème année d'optimisation, cas de N (en kgMV/jour/vache).

On remarque que l'optimisation tend vers l'autonomie fourragère. Les herbes naturelles ne sont utilisées que pendant la première partie de l'année 1, quand aucune culture n'est disponible. La pression des animaux sur la biomasse est relativement faible, la surface utile permet à la fois d'alimenter les animaux et de conduire les baiboho en SCV. Avec le prix des herbes naturelles considéré (plutôt élevé), l'optimisation trouve plus intéressant d'utiliser les résidus de culture plutôt que du fourrage acheté à l'extérieur.

L'alimentation en année 3 inclue, à la différence de l'année 2, du brachiaria et de la paille de maïs. La quantité de provende, de dolique et de paille de riz est diminuée tandis que part de la vesce et des résidus de maïs+dolique est augmentée.

La différence avec la situation du producteur est que pour GANESH l'alimentation en saison humide n'est pas un problème, L'outil stock automatiquement le fourrage entre le moment où il est récolté et le moment où il est distribué aux animaux. Cela pourrait s'apparenter à la technique de la fenaison à la différence que l'on conserve des valeurs nutritionnelles du fourrage frais et qu'il n'y a aucune perte de matières sèches.

L'utilisation de la provende

Les rations de l'optimisation n'utilisent que très peu de provende. On remarque que cet aliment est surtout utilisé en année 1, 3598 kg/an, et que son utilisation diminue fortement pour les années 2 et 3, respectivement 1769 kg/vache/an et 876 kg/vache/an, ce qui est cohérent avec l'année d'installation où la biomasse fourragère produite est faible. Dans les simulations sous CLIFS, N prévoit d'acheter 2430 kg/an de provende. On remarque une très forte utilisation pendant les premiers mois de l'optimisation (novembre à février de l'année 1), moment où aucun aliment n'est disponible sur l'exploitation. Pendant cette période les rations sont mal équilibrées, les quantités de provende distribuées sont supérieures à la capacité d'ingestion. Le contrôle de cette quantité a été paramétré dans les équations de GANESH mais il aurait fallu avoir une plus grosse restriction sur l'utilisation de la provende pour avoir des rations plus cohérentes. Cela aurait nécessité des modifications plus complexes de l'outil.

La provende présente l'avantage de pouvoir être utilisée en début d'année 1 lorsque que les productions de l'exploitation ne sont pas encore exploitables. La paille de riz est disponible à partir de la 2ème période de mars, les résidus de maïs+dolique à partir de la 2ème période de avril, la vesce à partir de la 1ère période de juin et la dolique à partir de la 1ère période de octobre (soit la dernière période de l'année). L'absence de provende dans la ration n'est pas forcément souhaitée par le producteur car la distribution de cet aliment permet de faciliter les traites, elle pourrait cependant être remplacée par un concentré moins énergétique et moins couteux si elle ne présente pas un réel intérêt pour la production laitière.

Nous avons tenté de voir si la provende était indispensable ou non, pour cela nous avons testé une optimisation sans provende. Aucune solution n'a été trouvée et donc on peut en conclure que la provende est nécessaire pour les animaux de N. Nous avons également essayé de voir si cette nécessité était uniquement due au manque de disponibilité des aliments de la première moitié de l'année 1 ou si elle se retrouvait pour les années 2 et 3. Comme l'optimisation se fait sur la marge nette sur trois ans, nous avons joué sur le prix de la provende pour voir s'il est possible de trouver une solution qui permette de s'abstenir de distribuer de la provende. Nous avons donc réalisé plusieurs optimisations en faisant varier le prix de la provende. Voici le résultat de ces optimisations (tableau 14) :

Prix de la provende	Quantité annuelle de provende distribuée en kg/vache			Marge nette sur 3 ans en kMGA
	A1	A2	A3	
350 MGA/kg	3598	1769	876	23 904
1 000 MGA/kg	2089	518	379	21 800
2 000 MGA/kg	1487	610	393	19 305
5 000 MGA/kg	1416	292	258	13 612
5 300 MGA/kg	1400	415	256	13 072
5 400 MGA/kg	Impossible de trouver une solution (l'exploitation agricole ne peut pas être rentable au vu des paramètres sélectionnés)			

Tableau 14: Optimisations selon différents prix de provendes, cas de N.

On peut voir que la provende peut être limitée jusqu'à un certain seuil mais qu'elle est toujours utilisée en année 2 et 3. On peut donc en conclure que les fourrages considérés par GANESH ne permettent pas de subvenir aux besoins des animaux, le complément par du concentré (provende ou autre aliment) est indispensable pour combler les besoins des animaux. On peut également dire qu'un prix de la provende supérieur à 5300 MGA/kg ne permet pas de dégager suffisamment de revenus pour faire vivre le foyer sur 3 ans.

Bilan fourrager

Pour le bilan fourrager nous ne détaillerons que l'année 2 car c'est la seule qui permette d'avoir un fonctionnement d'exploitation proche de la réalité du fonctionnement de l'exploitation de N. L'année 1 ne permet d'utiliser les ressources de l'exploitation qu'à partir du mois de mars et l'année 3 n'est pas interprétable car la pression sur la biomasse est modifiée[1].

La répartition de l'utilisation de la dolique et de la vesce (présentée en figure 9) permet à la fois d'affourager les vaches laitières et d'avoir une couverture du sol suffisante pour permettre un système de culture sous couverture végétale, 70% de couverture pour la dolique et 90% pour la vesce.

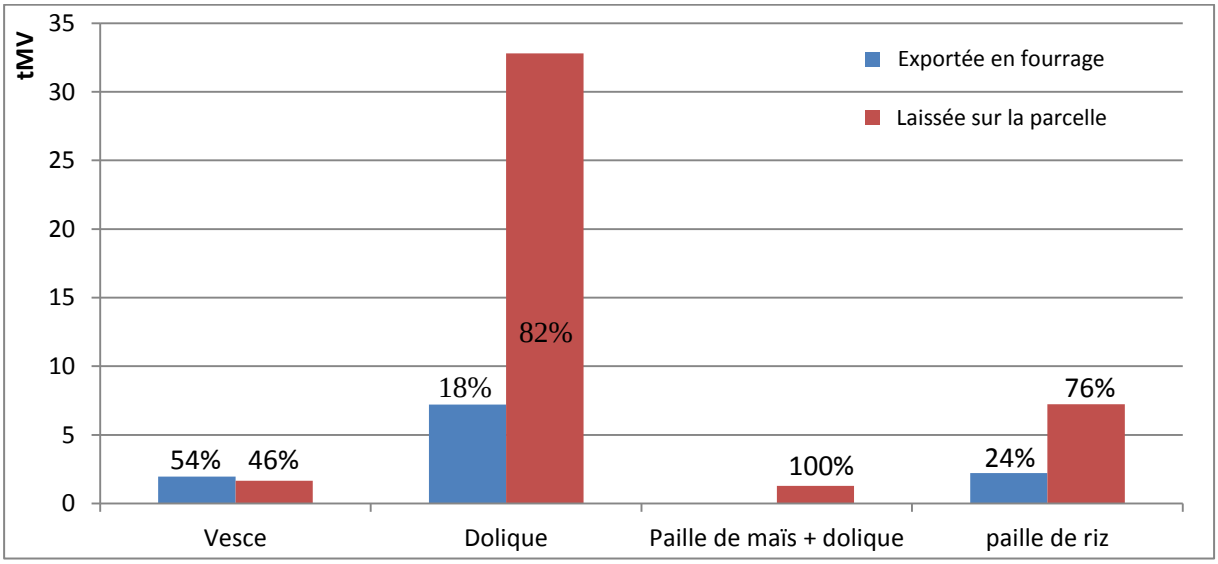


Figure 9: Répartition d'utilisation des différents types de biomasse produite en année 2 de l'optimisation, cas de N.

Résultats économiques

Nous avons fait le choix de comparer les résultats économiques de l'optimisation avec ceux de la situation initiale simulée avec deux vaches adultes et du projet utilisant du foin de brachiaria (2000 l/lactation) (tableau 15).

[1] Cf. infra IV.A.1) Une année 3singulièrement différente p. 39

	Année 1	Année 2	Année 3	Situation initiale 2vl	Projet foin
Charge culture	1216	1241	1280	2388	2318
Produit culture	4851	5057	5057	6667	6250
Marge brute culture	3634	3816	3776	4578	4232
Charge élevage	1434	656	304	1358	990
Produit élevage	6224	6224	6224	6217	6217
Marge brute élevage	4789	5567	5919	4858	5226
Marge nette totale	7224	8183	8496	7936	7958

Tableau 15: Comparaison des résultats économiques entre les 3 années d'optimisation, la situation initiale 2vl et le projet foin (en kMGA/an), cas de N.

Un détail des résultats économique de l'optimisation de la situation de N sous GANESH est disponible en annexe 7.

Les plus grandes différences entre les résultats économiques de l'optimisation et ceux des simulations sous CLIFS portent sur l'atelier culture. En effet N cultive du tabac ce qui n'est pas possible avec l'optimisation, or cette culture fait partie à 18% du revenu de N. Elle implique des charges de production et une marge élevées ce qui explique en partie les différences entre les sorties de GANESH et de CLIFS pour l'atelier culture. Il faut préciser que pour GANESH les charges de culture (semences, fertilisation, pesticide et besoin en main d'œuvre) ont été renseignées pour toutes les cultures alors que pour CLIFS seul les charges les plus lourdes (riz, tabac, maïs) ont été précisées. Le résultat de CLIFS est donc quelque peu surévalué par rapport à la réalité du producteur.

Pour l'atelier élevage on voit que la situation initiale se rapproche de l'année 1 de GANESH, soit l'année où il y a consommation d'herbes naturelles. Cependant ce fourrage n'est pas utilisé de la même manière par les deux outils. Dans GANESH cette consommation sert à pallier au manque de biomasse du début de l'optimisation, cette charge s'élève à 592 kMGA alors que dans CLIFS les herbes naturelles servent à alimenter les vaches pendant la saison sèche.

Le scénario CLIFS utilisant du foin se rapprocherait plus des années 2 et 3. Dans les deux cas nous sommes en situation d'autonomie fourragère mais l'utilisation de la provende est nettement supérieur dans le projet foin, 851 kMGA contre 619 kMGA et 307 kMGA pour l'optimisation. La réduction de cette charge est intéressante pour GANESH car cela permet de maximiser le revenu. Dans la réalité cette réduction n'est pas souhaitée car l'utilisation de la provende permet de faciliter les traites. La représentation de la stratégie du producteur dans l'outil aurait nécessité un travail de programmation qui sortait du cadre de l'étude. Cela met en évidence que la recherche du revenu maximum n'est pas forcément la meilleure approche pour construire des projets d'évolution.

Nous remarquons que malgré des différences dans la composition du revenu, les marges nettes totales ne sont pas très éloignées entre les deux outils. Nous obtenons un écart de 3% entre l'année 2 et le projet foin.

Une année 3 singulièrement différente

Nous avons pu remarquer que l'année 3 présente un assolement et une stratégie d'alimentation très différente des deux autres années. La biomasse produite en année 1 et 2 peut être utilisée jusqu'à un an après sa production alors que celle produite en année 3 n'est utilisable que jusqu'à la fin d'année. Cela implique que la pression de l'élevage sur la biomasse est plus forte pour les années 1 et 2 que pour l'année 3.

L'assolement proposé en année 3 par l'optimisation permet de réduire les charges de provendes. Les charges de cultures sont certes supérieures aux autres années mais on remarque que la marge nette de l'année 3 est supérieure aux deux autres. Donc on peut dire que la mise en culture du brachiaria permet d'augmenter le revenu de l'exploitant.

Lorsqu'on augmente le nombre d'animaux sur l'exploitation, l'optimisation choisie de cultiver du maïs+dolique sur les surfaces inexploitées pour avoir de la biomasse fourragère. Le tableau 16 compare le prix des aliments maïs+dolique et du brachiaria et montre que le brachiaria est plus rentable que le maïs+dolique pour l'alimentation animale. Le choix de l'outil est difficilement compréhensible puisque que la culture de maïs+dolique ne permet pas d'augmenter le revenu de l'exploitant (le maïs ne peut pas être vendu).

	Maïs+dolique	Brachiaria
Charge de culture (MGA/are)	3000	1250
Demande en main d'œuvre (h/are)	9	1,2
Coût par UFL (MGA/UFL)	65,9	46,5
Coût par g PDI (MGA/gPDI	0,63	0,37

Tableau 16: Comparaison des aliments maïs+dolique et brachiaria de GANESH.

La différence entre le brachiaria et les autres cultures est qu'une culture de brachiaria en année n implique de cultiver du brachiaria pour l'année n+1. Mais cette contrainte ne suffit pas à expliquer la non-présence du bracharia dans l'assolement de A1 et A2 puisque des surfaces sont non-utilisées. Cela montre que l'optimisation fonctionne avec des boites noires et qu'il n'est pas toujours possible de comprendre la cohérence des choix effectués par l'outil. Ce résultat est une limite pour le couplage de GANESH à la démarche d'accompagnement. En effet, il sera difficile d'exposer un scénario à un producteur si on n'arrive pas à comprendre sa pertinence. On peut faire remarquer ici que cette limite n'est pas propre à GANESH ni à l'optimisation mais bien à tous les systèmes multi-agents qui fonctionnent sur des interactions et des règles complexes.

Pour le couplage des outils, l'année 2 de GANESH présente plus d'intérêt que les autres car elle seule rend compte du fonctionnement d'une exploitation en rythme de croisière. L'année 1 implique forcément l'utilisation de fourrage produit hors de l'exploitation. Pour l'année 3 la pression de l'élevage sur la

biomasse est clairement réduite puisqu'il est possible d'utiliser la biomasse produite en année 2 et que l'outil n'a aucun intérêt à conserver de la biomasse pour une éventuelle utilisation année 4.

5) Conclusion sur l'association des deux outils pour le cas de N

L'utilisation de CLIFS permet d'adapter certains paramètres l'outil d'optimisation à la réalité de chaque producteur (e.g. besoin des animaux). En revanche GANESH présente des résultats pas forcément en phases avec la réalité du producteur et les choix de ce dernier. Pour le cas de N on peut résumer ces différences par le fait que GANESH :

- Ne donne pas la possibilité de cultiver du tabac.
- Ne donne pas la possibilité de cultiver du brachiaria ni du stylosanthes en année 1 et 2.
- Ne considère pas la quantité de provende jugée nécessaire par le producteur.
- Ne prend pas en compte le problème d'alimentation de la saison sèche en utilisant une « fenaison systématique » sur l'ensemble des fourrages et résidus de culture.

Il est théoriquement possible de modifier GANESH pour représenter encore mieux la réalité de chaque producteur en travaillant sur la manière de représenter ces contraintes dans les équations d'optimisation. Cela impliquerait un travail de programmation pour chaque agriculteur, ce qui soulève la question de savoir jusqu'à quel point on peut spécialiser GANESH à chaque producteur sans alourdir la démarche d'accompagnement outre mesure.

De plus, le fonctionnement de l'outil avec des boites noires rend difficile son utilisation dans une démarche d'accompagnement. Cependant nous pouvons trouver une certaine utilité à l'outil d'optimisation pour évaluer le compromis d'utilisation de la biomasse. Cela a permis de montrer la compatibilité théorique entre une autonomie fourragère et la conduite des baiboho en système SCV avec au moins 70% de couverture du sol. Donc, au vu de la pression des animaux sur la biomasse, il y a compatibilité en l'agriculture de conservation et l'élevage pour le projet de N.

B. Résultat de l'association des outils pour la démarche d'accompagnement, illustré sur le cas de G.

Nous avons choisi d'illustrer l'association des outils avec le travail réalisé sur l'agriculteur G dont une partie des résultats est présenté en annexe8.

Nous avons supprimé la contrainte impliquant de cultiver du brachiaria (ou stylosanthes) deux années de suite sur une même parcelle car nous avons remarqué que cette règle perturbe les choix de l'optimisation. Le fourrage n'est cultivé qu'en année 3 même si toutes les surfaces n'étaient pas utilisées en année 1 et 2 (tableau 17). Ces deux optimisations ont été réalisées avec exactement les mêmes paramètres, la seule modification est que l'une prend en compte la contrainte de succession alors que l'autre non.

L'optimisation n'a pas la possibilité de cultiver du stylosanthes pure en année 1, c'est pourquoi il est associé à l'arachide.

	Assolement sur les tanety (en are)			Marge nette sur 3 ans (kMGA)
	Année 1	Année 2	Année 3	
Avec contrainte	Inutilisée : 80	Inutilisée : 80	Cv brachiaria : 80	130 543
Sans contrainte	Cv brachiaria : 75 Cv Arachide+stylo : 5	Scv brachiaria : 75 Scv stylo : 5	Brachiaria : 75 Stylo : 5	131 442

Tableau 17: Comparaison des optimisations avec ou sans contrainte sur la culture de fourrage, cas de G.
L'assolement des rizières n'a pas été représenté car il est exactement identique dans les deux optimisations.

Ce qui est surprenant dans ces résultats est que la contrainte influe sur l'optimisation plus qu'elle ne le devrait. Elle empêche toute culture de brachiaria et de stylosanthes en année 1 et 2 alors que l'utilisation de ces fourrages permet d'avoir un meilleur résultat économique. Pour ce cas on peut voir que la contrainte est respectée quand elle n'est pas considérée alors qu'elle engendre un résultat moins bon quand elle est paramétrée. Nous avons choisi de supprimer cette contrainte pour les cas de G et R.

Comparaison des sorties de l'optimisation et des scénarii simulés

Pour coupler les deux outils, nous avons réduit l'atelier élevage aux vaches laitières car les autres types d'animaux sont difficiles à considérer dans d'optimisation. Les animaux vieillissent au cours des 3 années et il serait compliqué de modéliser un rythme de croisière avec des animaux qui changent de type (veau→génisse→vache→réforme) au cours de l'optimisation. Cela réduit la dimension exploitation agricole considérée par la démarche d'accompagnement en se focalisant sur la production de lait.

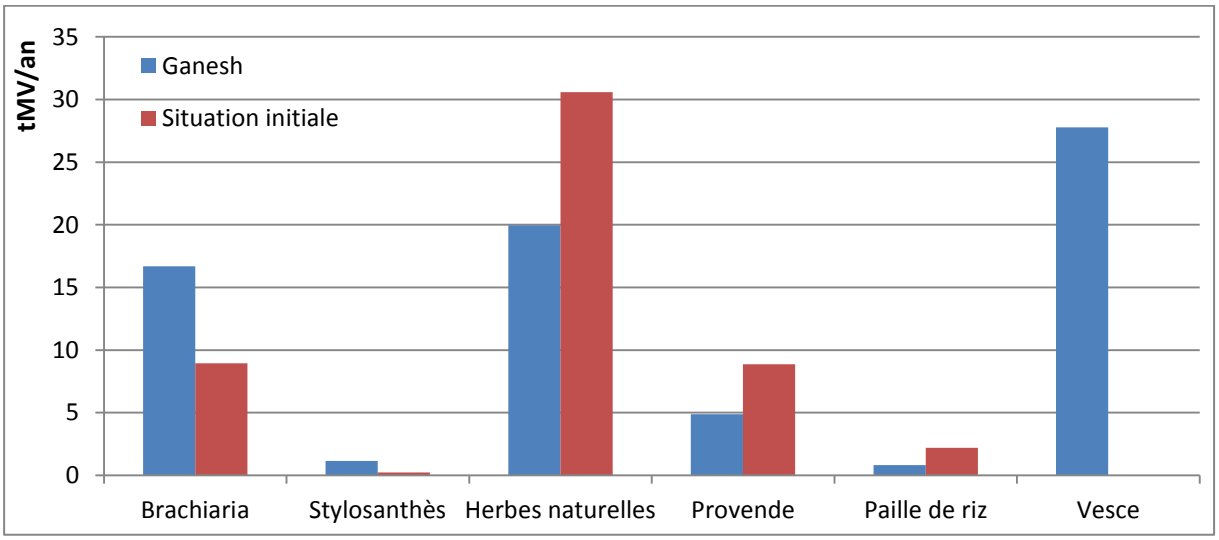


Figure 10: Comparaison des quantités d'aliments consommées par les vaches, entre la situation initiale de G et la même situation optimisée avec GANESH.

Nous remarquons que l'optimisation présente une meilleure autonomie fourragère que la situation initiale (figure 10). Cela est possible en utilisant deux fois plus de brachiaria et surtout de la vesce produite en contre saison sur 1 ha de rizière. La culture de la vesce en n'est pas envisageable par G car ses rizières ne sont pas adaptées à cette culture.

La provende est utilisée dans une moindre mesure mais elle reste indispensable pour atteindre le niveau de production des vaches de G. Les herbes naturelles sont encore beaucoup utilisées par l'optimisation car leurs coûts est faible.

Nous avons constaté qu'en permettant à l'outil d'utiliser toute la surface en tanety disponible (4ha), il choisit de cultiver 1,70 ha de brachiaria et 0,15 ha de stylosanthes pour réduire la consommation d'herbe naturelle à 3 tMV/an. Le reste des tanety (2,15 ha) reste cependant inutilisé et la quantité de provende est inchangée. Au vue des coûts de productions de la biomasse et des prix d'achat des aliments, l'optimisation considère plus avantageux d'acheter de la nourriture à l'extérieur plutôt que de tendre vers plus d'autonomie fourragère.

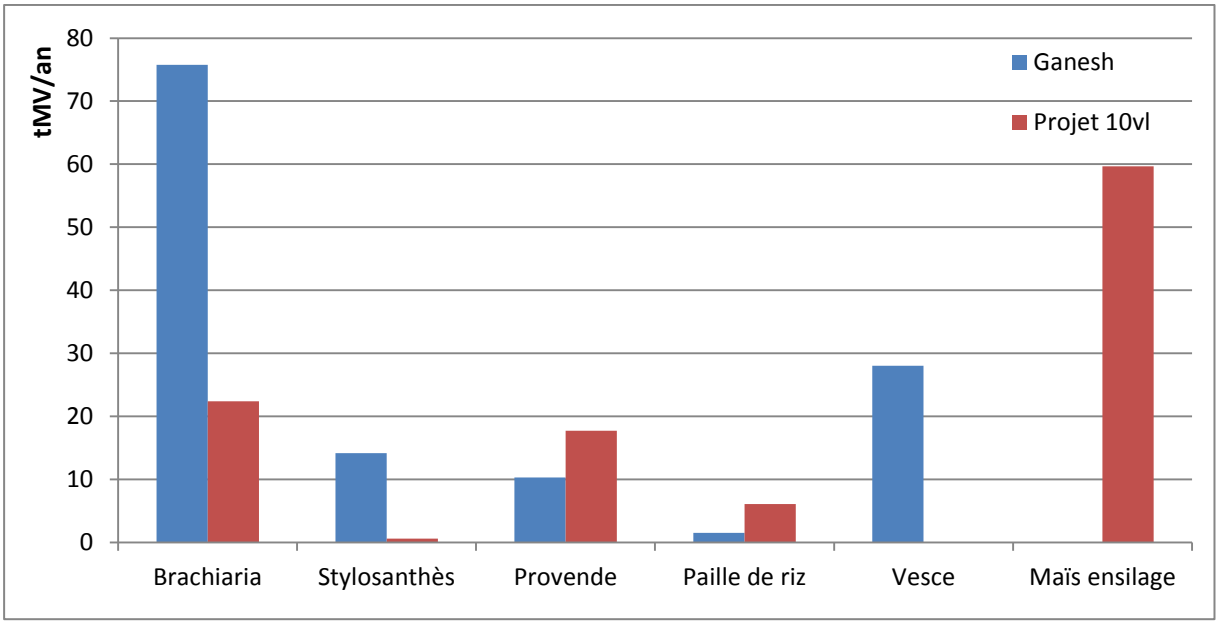


Figure 11: Comparaison des quantités d'aliments consommées par les vaches, entre le projet 10vl de G et la même situation optimisée avec GANESH.

Ce résultat (figure 11) a été obtenu en augmentant le troupeau à 10 vaches et en permettant à GANESH de cultiver les 4 ha de tanety. La solution optimale est d'utiliser 99% de la surface en tanety pour cultiver 3,4 ha de brachiaria, 0,55 ha de stylosanthes et de laisser 0,05 de surface inoccupée. La production vesce en contre saison reste identique à l'optimisation avec 5 vaches, et la quantité de provende distribuée augmente proportionnellement avec l'agrandissement du troupeau.

Que ce soit dans le projet de l'exploitant ou dans le résultat de l'optimisation, les herbes naturelles ne sont plus utilisées pour l'alimentation des vaches. Cependant nous avons remarqué que dans certain cas la solution optimal inclue des herbes naturelles, ceci s'explique en fonction du découpage des parcelles. En effet dans GANESH les différentes parcelles (jusqu'à 10 par type de sol) doivent être dimensionnées sans possibilité pour l'outil de les redécouper lors du calcul. Cela peut induire un surdimensionnement des parcelles dont seule une partie de la biomasse produite est valorisée en fourrage ou en couverture du sol, alors que les coûts de production sont considérés sur l'ensemble de la surface. Ce « gaspillage » de

biomasse peut conduire l'outil à choisir d'utiliser des herbes naturelles plutôt que d'être autosuffisant en fourrage (ce qui serait plus rentable avec des parcelles de tailles adéquates). Considérant ce problème nous avons réalisé les optimisations en faisant attention à définir des surfaces hétérogènes.

On remarque un gros écart entre les choix de l'optimisation et du producteur car ce dernier prévoit d'alimenter ses animaux avec de l'ensilage de maïs produit sur rizière en contre saison. Ce type d'alimentation n'est pas paramétré dans GANESH. On peut donc mettre en évidence une limite pour l'outil d'optimisation qui ne peut pas prendre en compte toutes les stratégies envisageables par les producteurs.

C. Présentation des résultats de R

Cette exploitation s'étend sur 11,3 ha, dont 8 en rizière, et comporte quatre vaches, quatre génisses, quatre veaux et deux taureaux. Le revenu de cette exploitation provient à 69 % de la vente de riz. La particularité de R est qu'il dispose d'une importante surface (50 ha) inutilisée car éloignée de l'exploitation mais il loue des tanety proche de son exploitation pour ses cultures vivrières (le bilan de la situation initiale est présenté dans le tableau 18).

Atouts	Contraintes
Importante surface en rizière Surface disponible (mais éloignée) Proximité de la route : facilite la commercialisation du lait. Vache à 4 200 l/lactation Avoine en contre saison Autosuffisant en matière organique	Dépendance aux herbes naturelles Faible rendement fourrager Parcelle en location

Tableau 18: Bilan de la situation initiale de R

Avec R nous avons travaillé sur un projet d'augmentation du troupeau de quatre à sept vaches, avec des vêlages en juin pour vendre le maximum de lait au prix le plus élevé. Pour le reste du troupeau nous avons considéré, en accord avec le producteur, quatre génisses de renouvellement, sept veaux et un taureau (l'autre est prévu d'être vendu). R désire réserver les fourrages produits sur l'exploitation pour ses vaches laitières. Le surplus de matière organique sera utilisée sur les nouvelles terres pour les projets d'augmentation de surface ou viendra augmenter la quantité de fertilisant épandu sur les rizières. Les animaux hors vache laitières seront alimenté dans tous les scénarii avec des herbes naturelles et de la paille de riz. La comparaison des projets sera axée sur l'atelier production de lait.

Pour alimenter ses vaches R envisage plusieurs projet : (I) Conserver le même assolement et augmenter la quantité d'herbes naturelles (projet hn), (II) augmenter la surface cultivée en fourrage, brachiaria, banagrass et penissetum pour la saison humide et avoine fourrager pour la saison sèche (projet surf), (III) mettre en place des SCV riz/stylosanthes et manioc+brachiaria sur des parcelles éloignées en valorisant

une partie de la biomasse en foin (projet SCV). Un objectif commun aux trois projets est de cultiver les 0,5 ha maïs+dolique en SCV en conservant toute la biomasse sur la parcelle. Le tableau 19 présente la comparaison entre les différents scénarii simulé avec CLIFS.

L'augmentation à sept vaches avec vêlage en juin accroit le produit du lait de 143%. Cela monte la part de l'élevage dans le revenu à 53%, contre 31% dans la situation initiale. La consommation de provende augmente proportionnellement avec le nombre de vaches (+74%).

	Projet hn	Projet surf	Projet SCV
Modifications assolement		Achat ou location de 0,5 ha de baiboho. 1,5 ha d'avoine (CS) en plus.	Mise en culture de 1,7 ha de manioc+brachiaria (SCV*). Mise en culture de 1,3 ha de riz+stylosanthes (SCV*). 1,5 ha d'avoine (CS) en plus.
Modifications ration VL	Augmentation de la proportion d'HN		Suppression des hn Distribution de foin de stylo et foin de brachiaria
Marge nette (kMGA/an)	44 803	45 203	47 937
Avantages	Même parcellaire Plus de matière organique	Limitation de la charge en hn	Autonomie fourragère pour VL Augmentation de la surface en culture commerciale. Valorisation des parcelles éloignées. Meilleur résultat économique
Inconvénients	Très dépendant aux HN	Dépendant au HN Location d'une parcelle de baiboho	Apprentissage de la fenaison. Séchage du foin difficile en saison humide. Gardien pour surveiller les parcelles éloignées

Tableau 19: Description des scénarii projet de R

*Correspond à des rotations de quatre ans : une année de culture vivrière+fourrage suivi de trois années de fourrage pur. Le stylosanthes est d'ordinaire associé à du riz alors que le brachiaria a tendance à être associé avec de l'arachide, manioc ou pois de terre. Ces systèmes ont été inspirés de ceux utilisés par la précédente stagiaire expérimentant la démarche d'accompagnement (Foussat, 2011).

R ne désire pas pratiquer de système SCV sur des parcelles en location car il craint que si il arrive à régénérer la fertilité du sol, le propriétaire ne récupère sa terre pour l'utiliser lui-même. Il préfère garder les parcelles fourragères proches de l'exploitation en fourrage pur pour avoir un maximum de biomasse disponible à proximité. Dans le projet SCV il prévoit de tendre vers l'autonomie fourragère en cultivant du fourrage sur des parcelles éloignées, nécessitant de faite l'emploie d'un gardien pour les surveiller. L'intérêt du système SCV serait de disposer d'une source de revenue avec la culture commerciale (riz et manioc) pour payer les charges de culture et de surveillance, et d'un fourrage produit par la plante de couverture. Cette biomasse serait conservée en foin puis redistribuée en saison sèche pour limiter la charge en herbes naturelles. La stratégie de N pour ce projet s'appuie sur deux innovations distinctes, les systèmes SCV et la fenaison.

D'un point de vue économique les scénarii HN et SURF sont proches, pour l'un, le fourrage est acheté à l'extérieur tandis que pour l'autre des charges de culture sont allouées à l'avoine de contre saison. Ces deux poste se compensent et donne une marge nette semblable. Le scénario SCV en revanche présente un résultat supérieur de plus de 6% aux deux autres. Les charges de récolte d'herbe naturelle sont supprimées.

Les scénarii projet de R n'ont pas été conçus sur les mêmes surfaces. Pour pouvoir comparer les sorties de GANESH nous avons réalisé plusieurs optimisations en paramétrant les parcellaires des différentes simulations. Nous avons choisi de présenter en tableau 20 la comparaison entre le projet SCV et l'optimisation correspondante, ce couple de scénarii intègre plus de TAC que les autres.

		Projet scv	Optimisation scv
Assolement (en ha)	Rizières	Riz : 4,40 Riz/avoine : 3,60	Riz : 7 SCV Riz/vesce : 1
	Baiboho	Brachiaria : 1 Banagrass : 0,3 Penissetum : 0,2	Brachiaria : 1,4 Stylosanthes : 0,05 Maïs+dolique : 0,05
	Tanety	SCV brachiaria : 1,7 SCV stylosanthes : 1,3 Maïs+dolique : 0,5 Haricot : 0,3	Brachiaria : 0,75 Inutilisé : 3,05
Alimentation animale*		Foin de brachiaria : 44% Brachiaria : 18% Foin de stylosanthes : 14% Avoine f : 10% Banagrass : 5% Provende : 5% Penissetum : 3% Paille de riz : < 1%	Brachiaria : 55% Vesce : 27% Provende : 12% Herbes naturelles : 3% Stylosanthes : 1% Résidus de maïs+dolique : 1% Paille de riz : < 1%

Tableau 20: Comparaison projet SCV et la même solution optimisée, cas de R.
***** L'alimentation est exprimée en % d'un aliment par rapport à la quantité totale d'aliment distribuée, ce rapport a été réalisé sur les matières fraiches (pour les foins nous avons utilisé les teneurs en eau des fourrage frais).

On remarque certaines similitudes entre le projet établi et la solution de l'optimisation. Sans surprise toute les rizières sont occupées en riz dans les deux cas, avec une utilisation partielle de la surface en contre saison : avoine fourrager dans le projet, système SCV riz/vesce avec 70% de couverture pour l'optimisation. Le producteur a déjà tenté la culture de la vesce mais sans réussite à cause d'un sol trop argileux. Selon Krishna Naudin cela serait dû à un déficit hydrique, la teneur en argile du sol bloque les remontés d'eau et les racines peu développées de la vesce n'ont pas accès à la ressource. Ce problème pourrait être résolu avec de l'irrigation mais pour les cultures de contre saisons N préfère l'avoine car il

en a déjà l'expérience. Cette dernière n'étant pas considérée par l'outil d'optimisation, nous avons choisi de conserver la vesce dans les cultures de GANESH pour garder la possibilité de produire de la biomasse en contre saison sur rizière, à l'image du système riz/avoine du producteur.

L'assolement en baiboho est, dans les deux cas, réservé à la production de fourrage avec une forte proportion de brachiaria. L'exploitant a choisi d'implanter différentes graminées pour diversifier l'alimentation des animaux, la solution optimisée présente des petites surfaces en stylosanthes et en maïs+dolique. Le maïs grain est nécessaire à la consommation familiale, le stylosanthes permet d'avoir une ration plus équilibrée et moins couteuse qu'avec uniquement du brachiaria.

Pour les tanety, R prévoit d'utiliser une partie de ses surfaces éloignées en embauchant un gardien pour éviter le vol et la divagation. Il aimerait mettre en place un système riz+stylosanthes suivi de trois ans de stylosanthes pur sur 1,3 ha (respectivement manioc+brachiaria sur 1,7 ha). Les surfaces ont été calculées pour avoir suffisamment de biomasse pour l'affouragement des vaches laitières et pour couvrir 90% du sol. Les autres 0,8 ha de tanety sont utilisés pour du maïs et haricot (consommation familiale).

La solution optimisée n'utilise que 0,75 (environ la surface disponible dans la situation initiale) pour cultiver du brachiaria. Le système manioc+brachiaria est possible dans l'optimisation. En modifiant les paramètres du marché du manioc (prix et volume commercialisable) on peut avoir plus ou moins de manioc sur tanety mais jamais l'optimisation n'a sortie de solution intégrant du manioc+brachiaria pour la situation de R. Le riz+stylosanthes n'est pas faisable par l'outil et jamais nous n'avons remarqué de rotation riz//stylosanthes, comme pour N, si la riziculture est possible sur tanety la solution optimisée est une monoculture de riz.

Pour l'alimentation on voit que la part provenant de la culture de contre saisons est plus importante avec la vesce dans le scénario optimisé qu'avec l'avoine. Le brachiaria et la paille de riz occupent globalement la même place dans les deux scénarii. Le stylosanthes quant à lui est peu utilisé dans la solution optimisée alors qu'il représente 14% de l'alimentation dans le scénario de G. La solution optimisée inclue des herbes naturelles et donc des charges de récoltes, elles sont jugées plus avantageuses que d'utiliser la biomasse de couverture. La provende aurait pu être paramétrée plus finement pour ne pas dépasser les 5% de la stratégie de R (basé sur les recommandations de Rasamizafimanantsoa et al. 2008).

Conclusion sur le cas de R

Les simulations des projets de R ont permis de voir que cela permet de montrer qu'une synergie est possible entre deux innovations : l'intégration de TAC dans le système de production et la conservation du fourrage. Pour un éleveur disposant d'une surface inutilisé le SCV présente l'intérêt de fournir du fourrage tout en absorbant les couts de production avec la vente de la culture d'intérêt.

L'utilisation de l'optimisation nous conduit, là encore, à la limite entre la stratégie d'un agriculteur pouvant inclure une infinité de paramètres et les bornes du domaine de définition des possibilités

modélisables par un outil. Que ce soit en termes de diversité de culture, de règle de rotation ou de stratégie d'alimentation l'outil d'optimisation nécessite d'importantes modifications pour pouvoir représenter la réalité d'un producteur. Ces modifications alourdissent la démarche et impacte la généricité de l'outil.

VI. Discussion

A. Les limites et intérêt de l'utilisation de l'optimisation pour la démarche d'accompagnement.

Un outil restrictif et peu ergonomique…

Bien que l'outil testé soit paramétrable et dans une certaine mesure modifiable, il est des projets (ou choix) qui ne peuvent pas être considérés par l'optimisation. On entend par là des plantes, des associations, des successions qui ne sont pas intégrés dans l'outil. Par exemple la stratégie de R qui prévoit de mettre en place une culture d'avoine en contre saison, ou celle de N de cultiver du tabac. D'autre part même si les sorties de l'outil présentent un résultat économiques optimales, elles ne sont pas pour forcément intéressantes pour le producteur. Son objectif n'est pas nécessairement de rechercher le profit maximum. D'autres éléments peuvent entrer en compte dans les choix stratégiques comme l'appétit des animaux pour un certain type de plante, la pénibilité d'un travail ou autres préférences de l'agriculteur.

Puisque ces stratégies ne sont pas prisent en compte dans le calcul de la solution optimal, les solutions choisi par GANESH perdent de la pertinence lorsque qu'une contrainte d'un agriculteur n'est pas représentée. Certes théoriquement il serait possible de définir des paramètres plus précisément l'outil, mais cela impliquerait une complication des équations et un allongement des temps de calcul. Cela n'est pas propre à GANESH mais bien à tous les outils d'optimisation qui se doivent d'être restreints à certaines possibilités de manière à pouvoir résoudre leur équation dans un temps défini. L'optimisation d'une manière générale présente la limite d'être trop restrictif par rapport à la réalité d'un producteur et aux différents projets qu'ils pourraient imaginer.

La nécessite de reparamétrer l'outil d'optimisation pour l'accorder avec la réalité de chaque producteur oblige l'intervenant à modifier des donnés de GANESH qui n'ont pas été prévus pour être modifiée. Ces modifications nécessitent d'être faites dans tableau de chiffre peu lisible (voir annexe 9) car prévu pour le calcul sous GAMS et non pour être lu par un utilisateur. La version actuelle de l'outil a été prévue pour un public chercheur, son éventuelle introduction dans une démarche d'accompagnement nécessiterait un travail sur l'ergonomie.

…Présentant des résultats peu interprétables…

Le résultat de l'optimisation est une solution unique qui correspond aux choix conduisant au meilleur résultat économique. Le calcul se fait dans une « boite noire » et il n'y a pas la possibilité d'identifier les autres solutions qui aboutissent à un résultat proche. Ainsi l'évaluation de la solution optimale ne peut pas être appuyée sur les différentes autres solutions envisageables. La sensibilité de l'outil n'est pas facilement interprétable et l'identification des facteurs expliquant les choix de l'optimisation peut s'avérer être une tâche complexe.

On peut également préciser que le fonctionnement « en boite noire » ne facilite pas l'identification d'erreur dans le paramétrage, ce qui peut conduire à des résultats erronés sans possibilité de s'en apercevoir. Cela n'est pas propre à cet outil en particulier mais bien à tous les modèles qui intègrent de nombreuses équations.

…Mais qui permet d'identifier une solution potentielle et des tendances

S'il n'est pas envisageable de représenter la réalité d'un producteur avec GANESH, il est en revanche possible d'avoir une solution qui serait théoriquement envisageable. On peut ainsi évaluer la pression des animaux sur la biomasse et déterminer si un système SCV est théoriquement envisageable avec les caractéristiques de l'exploitation. On peut également apprécier l'intérêt d'utiliser les herbes naturelles. Ainsi on a pu voir que le faible prix des herbes naturelles de G n'implique pas nécessairement de s'absoudre de cette charge pour atteindre le résultat économique optimal (utilisation des herbes naturelles en année 2 et 3) alors que pour N l'autonomie fourragère est indispensable pour maximiser le revenu (utilisation des herbes naturelles uniquement si aucune autre biomasse n'est disponible).

On peut également tester l'impact de l'évolution d'une variable sur le fonctionnement de l'exploitation. Pour ce faire on peut mettre en place un processus d'itération qui recherche les solutions optimales pour chaque valeur de la variable. On peut ainsi évaluer les conséquences de l'augmentation du troupeau, de la modification du parcellaire, de la variation de main d'œuvre disponible, d'une charge ou d'un produit. A la différence de CLIFS l'allocation des ressources se fait de manière automatique, optimisée sur le revenu maximal. Même si les choix ne sont pas exactement caler sur la stratégie de l'agriculteur, cela permet de mettre en évidence des tendances et des seuils qui peuvent potentiellement être utiles pour la prise de décisions. Plus concrètement nous avons testé la diminution du prix des herbes naturelles pour N et nous avons pu voir qu'à partir de 1000MGA/sac de 30kg, il est rentable pour N de les inclure dans l'alimentation des animaux.

B. Possibilité de couplage de la démarche avec un autre outil

Nous avons vu que GANESH pouvait présenter certains intérêts pour la démarche d'accompagnement mais on peut imaginer que d'autres outils peuvent présenter plus de pertinence à être associés avec CLIFS.

La réflexion a été portée sur l'utilisation de PRACT (Prototyping Rotation and Association with Cover crop and no Till), un outil à l'échelle de la parcelle conçu également sur le terrain malgache et utilisable sur la région du lac Alaotra. Il vise à identifier les systèmes de culture d'AC qui sont en accord avec le contexte agro-climatique et les contraintes local (Naudin et al., 2012). L'outil prend en compte toutes les associations et successions possibles avec vingt-huit espèces (plante de couverture et plante d'intérêt) pour élaborer des rotations sur trois ans. L'intervenant agit sur les choix de l'unité agronomique, des plantes et des niveaux de fertilisation, pour réduire le nombre de possibilités (système d'information présenté en annexe 10). Les sorties présentent les différents systèmes de cultures évalués par des notes selon sept critères dont la fixation d'azote, la protection contre l'érosion, la possibilité de produire en contre saison. Ces critères permettent d'évaluer la capacité des rotations sélectionnées à répondre aux objectifs et aux contraintes d'un agriculteur. L'intérêt est de discuter avec le producteur des innovations, intégrant de l'AC, en cohérence avec son environnement et sa stratégie.

Bien que la version actuelle soit destinée aux chercheurs, PRACT a été conçu pour être utilisable par des agents de vulgarisation. Il présente l'intérêt d'être beaucoup plus flexible que GANESH par exemple une nouvelle culture ou règle agronomique peut facilement être ajoutée (Naudin et al., 2012) ce qui permet de mieux s'adapter à la réalité. On pourrait imaginer une utilisation de cet outil pour concevoir des systèmes de cultures innovants à inclure dans des scénarii prospectifs de la démarche d'accompagnement. PRACT pourrait permettre de définir un assolement pour un scénario projet, la répartition de la biomasse produite entre l'élevage et la couverture du sol serait simulée dans CLIFS. La transition entre les outils nécessiterait d'estimer les données technico-économiques pour les différentes rotations, à l'aide de savoir expert ou de références bibliographiques. Ce scénario pourrait ensuite être évalué et comparé aux projets conçus dans le cadre de la démarche d'accompagnement.

VII. Conclusion

L'objectif de l'étude était d'accompagner des producteurs laitiers dans l'élaboration de leurs projets d'évolution intégrant des TAC, avec une démarche qui associe un outil de simulation et un outil d'optimisation. Nous pouvons dire que les TAC sont compatibles avec les projets d'évolution du producteur, au vue du dimensionnement des exploitations rencontrées. Pour une exploitation de polyculture-élevage l'AC n'est pas nécessairement considérée pour ses bénéfices agronomiques mais plus pour sa forte capacité de production de biomasse. Cela explique que la conversion à l'AC envisagée n'est que partielle et que tous les principes ne sont pas systématiquement respectés. La mise en place de techniques de séchage entre en synergie avec l'AC dans le sens où la biomasse produite par ces systèmes peut être utilisée ultérieurement et ainsi faire tendre vers plus d'autonomie fourragère.

Nous avons rencontré un certain nombre de limites quant à l'utilisation de l'optimisation au service de l'accompagnement des producteurs. Bien que les résultats économiques des deux outils ne soient pas singulièrement différents, nous avons remarqué un écart entre les choix de l'optimisation et la réalité du producteur. L'optimisation de par sa nature ne permet pas de représenter les différentes options possibles et imaginables par un producteur pour répondre à ses problématiques. L'optimisation est forcément bornée par les choix qui ont été faits lors de sa conception tandis que la simulation permet plus de liberté pour représenter le fonctionnement d'une exploitation agricole.

Les calculs de l'optimisation sont réalisés dans des boites noires, ce qui complique l'interprétation de la solution optimisée, et, dans certains cas, nous n'arrivons pas à comprendre la cohérence des choix effectués par l'outil. Or il est impossible de présenter un résultat partiellement incompris à un producteur qui sollicite un appui pour concevoir son projet d'évolution. Cependant nous avons pu voir que l'optimisation pouvait avoir un intérêt pour tester les tendances à adopter face à l'évolution d'une ou plusieurs variables et ainsi aider le producteur dans sa prise de décision.

Pour conclure nous dirons que l'optimisation n'est pas adaptée au conseil individualisé à cause de l'éloignement entre le fonctionnement de l'outil et la réalité d'un agriculteur. L'utilisation d'un outil d'aide au choix des rotations, centré sur la parcelle, pourrait permettre de mieux explorer les différentes opportunités et stimuler les échanges avec le producteur, favorisant de ce fait la prospection de l'innovation.

VIII. Bibliographie

Andriamandroso H., Naudin K. Evaluation visuelle du taux de couverture du sol et de la quantité de résidus. UPR SCRID, 2009, 16 p.

Bruelle G. 2010. Modelisation des exploitations agricoles du lac alaotra - madagascar en programmation lineaire. MFE. Toulouse : École Nationale Supérieure Agronomique, 2010, 75 p.

Chabierski S., Dabat M.H., Grandjean P., Andriamalanto R., Andriamalala H. Une approche socio-éco-territoriale en appui à la diffusion des techniques agroécologiques au Lac Alaotra, Madagascar. 2005, 8p. Disponible sur : http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:U5eBFMxElBsJ:scholar.google.com/+alaotra+p%C3%A9riode+de+soudure&hl=fr&as_sdt=0,5 [consulté le 4/08/2013]

Colletta M., Rojot C., Chabiersky S., Penot E. Caractéristiques agraires de deux zones du Lac Alaotra : le Nord Est et la vallée du Sud Est. Impact de l'adoption des systèmes de cultures à base de couverture végétale. Document de travail, CIRAD ES, UMR innovation/URP SCRID, 2006, 39 p.

Domas R., Penot E., Andriamalala H., Chabierski S. Quand les tanetys rejoignent les rizières au lac Alaotra " : Diversification et innovation sur les zones exondées dans un contexte foncier de plus en plus saturé, 2008. Regional Workshop on conservation agriculture Investing in sustainable agriculture : The case of Conservation Agriculture and Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems Lao, République Démocratique Populaire, 26 p. Disponible sur: http://hal.cirad.fr/docs/00/76/82/02/PDF/Article_D_P_A_C_When_uplands_meet_lowlands_soumis_avril_2009.pdf [consulté le 10/07/2013]

Douhard F. Conception et expérimentation d'outils de simulation pour L'accompagnement d'agro-éleveurs, application dans la région du Lac Alaotra (Madagascar). MFE spécialisation Elevage en Milieux Difficiles. Montpellier SupAgro, VetAgro Sup, 2010, 34 p.

Droy I., Que sont les greniers à riz devenus ? (Madagascar) [en ligne]. Autrepart, 1998, vol. 7, pp. 89-110. Disponible sur : http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/autrepart/010015550.pdf [consulté le 06/07/2013]

Ducrot R., Regulation d'une production en situation d'incertitudes et de fortes contraintes : exemple des systemes rizicoles du lac alaotra (madagascar) [en ligne]. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Paris : Institut national agronomique Paris Grignon, 1996, 212 p. Disponible sur : http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/41/06/80/PDF/RDUCROT_THESE.pdf [consulté le 10/08/2012]

Durand C., Nave S. Les paysans de l'Alaotra, entre rizières et tanety : étude des dynamiques agraires et des stratégies paysannes dans un contexte de pression foncière, Lac Alaotra, Madagascar. Rapport de stage CIRAD, SUP-AGRO, ENESAD, Groupe ISA, 2007, 131 p.

Dupin B. L'agro-écologie à Madagascar. Analyse des conditions d'adoption paysannes de diverses techniques agro-écologiques à partir des expériences de coopération d'AVSF [en ligne]. Agronomes et Vétérinaires Sans Frontière, Lyon, 2011, 63 p. Disponible sur http://www.avsf.org/public/posts/667/l-agroecologie-a-madagascar-analyse-des-conditions-d-adoption-paysanne-de-differentes-techniques-a-partir-de-l-experience-d-avsf.pdf [consulté le 26/08/2012]

FAO. What is Conservation Agriculture? [en ligne]. Disponible sur : http://www.fao.org/ag/ca/1a.html [consulté le 25/08/2013]

Foussat M.C. Evaluation prospective de systèmes de production incluant des techniques d'agriculture de conservation dans une démarche d'accompagnement d'agro-éleveurs, Application dans la région du Lac Alaotra (Madagascar). MFE spécialisation Elevage en Milieux Difficiles. Montpellier SupAgro, VetAgro Sup, 2011, 34 p.

Faye B., Alary V. Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. Production Animal, 2001, Vol. 14 n°1, pp. 3-13.

Garin P. (1998). Dynamiques agraires autour des grands périmètres irrigués : le cas du Lac Alaotra à Madagascar. Thèse 3ème cycle, Université Paris X, 380 p. + annexes.

Gasselin P. et Lavigne-Delville P. Pourquoi conduire une recherche action en partenariat ? In Innover avec les acteurs du monde rural. Versailles : Editions QUAE, 2010, chap. 2 p 31-38. (Collection agriculture tropicales en poche)

Husson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Rakotondramanana, Seguy L. *Brachiaria Sp. B. ruziziensis, B. brizantha, B. decumbens, B. humidicola.* In : Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) application à Madagascar. Vol. 3, Chap. 4. Antananarivo : GSDM/CIRAD, 2012a.

Husson O., Charpentier H., Razanamparany C., Moussa N., Michellon R., Naudin K., Razafintsalama H., Rakotoarinivo C., Rakotondramanana, Seguy L. *Stylosanthes guianensis.* In : Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) application à Madagascar. Vol. 3, Chap. 2. Antananarivo : GSDM/CIRAD, 2012b.

INRA. 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins : besoins des animaux, valeurs des aliments : tables Inra 2007 (INRA, ed.). QUAE, Paris.

Le Gal P.Y., Bernard J., Moulin C.H. Supporting strategic thinking of smallholder dairy farmers using a whole farm simulation tool. Tropical Animal Health and Production, 2012, vol 44 n°8. ISSN 0049-4747

Madascope. Cartes de Madagascar. [en ligne] Disponible sur : http://www.madascope.com/cartes/carte-mada-2.gif [consulté le 10/07/2013]

Naudin K. You can't eat your mulch and have it too - Cropping system design and trade-offs around biomass use for Conservation Agriculture in Cameroon and Madagascar. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Wageningen: Wageningen university, 2012, 220 p.

Naudin K., Bruelle G., Salgado P., Penot E., Scopel E., Lubbers M., de Ridder N., Giller K.E. Trade-offs around use of biomass for livestock feed and soil cover at farm level in the Alaotra lake region of Madagascar. Soumis à Agricultural Systems. 24 p.

Naudin K., Bruelle G., Salgado P., Penot E., Scopel E., Lubbers M., de Ridder N., Giller K.E. Trade-offs for biomass uses at farm level - Livestock vs soil cover [en ligne]. 5th World Congress on Conservation Agriculture and 3rd Farming Systems Design Conference. Brisbane, 2011. Disponible sur http://fr.slideshare.net/johick68/tradeoffs-for-biomass-uses-at-farm-level-livestock-vs-soil-cover-krishna-naudin [consulté le 15/08/2013]

Naudin K., Husson O., Scopel E., Auzoux S., Giner S, Giller K.E. PRACT (Prototyping Rotation and Association with Cover crop and no Till) – a tool for desingning Conservation Agriculture systems. 2012, non soumis. 21 p.

Pascaud T., Cournut S. Modélisation des systèmes d'élevage : synthèse bibliographique [en ligne]. 2007. Document de travail du projet TRANSformations de l'élevage et des dynamiques de l'espace. Disponible sur : http://www1.clermont.inra.fr/add-trans/pdf/biblio_syst_elevage_tp_version_janvier.pdf [consulté le 03/08]

PEPITES. Projet: problèmatique [en ligne]. disponible sur: http://www.projet-pepites.org/projet/problematique. [consulté le 12/08/2013].

Projet PEPITES : Processus Ecologiques et Processus d'Innovation Technique Et Sociale en agriculture de conservation. Programme scientifique et technique Description du projet. 2008. Disponible en ligne : http://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/projet_PEPITES.pdf [consulté le 07/08/2013]

Rakotosolofo M., 2010. Productivité et valeur nutritive des plantes de couvertures (Stylosanthes guianensis, Brachiaria. brizantha, B. ruziziensis, B. humidicola, Vigna unguiculata, Dolichos lablab) et des résidus de récoltes (pailles de riz et de maïs) utilisés en Systèmes de culture sous-Couverture Végétale (SCV) au Lac Alaotra.

Rasamizafimanantsoa A.H., Rakotonirainy H.J., Randrianaivoarivony J.M., Rahetlah B.V., Razafimpamoa H.L., Razanamparany C., Narcisse M., Michellon R., Rakotondramana, Husson O., Lecomte P., Naudin K., Tillard E., Randrianasolo J., Séguy L., Thomas P. 2008. Conduite des systèmes de culture sur couvert végétaux et affouragement des vaches laitières, guide pour les Hautes Terres de Madagascar. 90 p. *In* FIFAMANOR, TAFA, GSDM, CIRAD, ARP (ed.), Manuel pratique du semis direct à Madagascar. ARP, La plaine des Cafres, La Réunion.

Saint-André F., Dugué P., Penot E., Le Gal P.Y., 2010. Analyse des relations agriculture-élevage et place des techniques d'agriculture de conservation au sein d'exploitations du Lac Alaotra. Cirad 79 p.

Seguy L., Husson O., Charpentier H., Bouzinac S., Michellon R., Chabanne A., Boulakia S., Tivet F., Naudin K., Enjalric F., Ramaroson I., Rakotondramanana. Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente In : Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) application à Madagascar. Vol. 1, Chap. 1. Antananarivo : GSDM/CIRAD, 2012. ISBN : 978-2-87614-689-1.

Snapp S.S., Blackie M.J., Gilbert R.A., Bezner-Kerr R., Kanyama-Phiri G.Y. Biodiversity can support a greener revolution in Africa. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2010. Vol. 107, n°48, pp. 20840–20845.

Stassart P.M., Baret Ph., Grégoire J-Cl., Hance Th., Mormont M., Reheul D., Stilmant D., Vanloqueren G., Visser M. L'agroécologie : trajectoire et potentiel. Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables [en ligne]. In : Agroécologie entre pratiques et sciences sociales. Dijon : Educagri éditions, 2012, 21 p. Disponible sur : http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/130063/1/Agroecologie%20Stassart%20,%20Baret%20et%20al.%20GIRAF.pdf [consulté le 28/08/2012]

IX. Annexes

Table des annexes

Annexe 1 : Descriptif du projet BVLac ---------- I
Annexe 2 : Description du brachiaria et du stylosanthes ---------- II
Annexe 3 : Résumé du projet PEPITES---------- III
Annexe 4 : Model conceptuel de données de CLIFS ---------- VI
Annexe 5 : Représentation des différents modules de GANESH---------- VI
Annexe 6 : Informations complémentaires sur les simulations de N ----------VII
Annexe 7 : Informations complémentaires sur l'optimisation de N, basé sur la situation initiale 2vl ---XI
Annexe 8 : Présentation des résultats de G ----------XII
Annexe 9 : Capture d'écran des paramètres de GANESH à modifier pour s'adapter à chaque producteur ----------XIII
Annexe 9 : Système d'information simplifié de l'outil PRACT et interactions avec l'utilisateur ----------XIV

Annexe 1 : Descriptif du projet BVLac

Objectifs du projet BV Lac

- Accroître et sécuriser les revenus des producteurs, touchés par les aléas climatiques et économiques des années récentes qui ont largement pesé sur leurs revenus,
- Préserver les ressources naturelles d'une zone écologique très fragile actuellement menacée et sécuriser les investissements d'irrigation existant en aval,
- Appuyer les organisations des producteurs en leur permettant de devenir progressivement des maîtres d'ouvrages locaux d'actions de développement.

Contenu - Exécution du projet

Le maître d'ouvrage est le Ministère de l'Agriculture. Une cellule de projet a été créée afin d'assurer la coordination de la mise en oeuvre des actions suivantes par des prestataires locaux :

1. La sécurisation foncière. Préalable aux actions de mise en valeur, de protection de l'environnement et d'amélioration de la productivité, le projet soutient techniquement et financièrement les organisations de producteurs dans la mise en oeuvre de procédures de régularisation foncière.
2. L'environnement - La préservation des écosystèmes est l'un des axes forts du projet, qui intervient dans la mise en oeuvre de programmes de reboisement, le traitement de ravines et de lavakas et la lutte contre les feux de brousse.
3. La mise en valeur agricole - Ces actions ont vocation à promouvoir le développement des cultures intégrées aux systèmes de protection anti-érosifs fournissant de la biomasse végétale.

A ce titre, le projet met la priorité sur la promotion de techniques agro-écologiques adaptées à ce contexte.

4. L'élevage - Le projet cherche à améliorer l'intégration de l'agriculture et de l'élevage. Il fournit une assistance en matière de santé animale et également de développement de la disponibilité de fourrages.
5. Les infrastructures rurales - Ouverture de 3 nouvelles pistes (au total 30) dans la zone d'Imamba-Ivakaka.
6. Les aménagements hydro-agricoles - Travaux d'infrastructures hydro-agricoles légers, ayant un impact immédiat sur l'amélioration du fonctionnement et de la protection internes des réseaux.
7. Le crédit rural - Soutien des expériences des Greniers Communs Villageois, entreprises dans le cadre des projets antérieurs, en relation avec les réseaux de microfinance installés dans la région (BOA ; OTIV ; CECAM …)
8. L'animation-formation - Le projet assure les formations et appuis techniques auprès des Organisations de Producteurs et conduira à l'autonomie technique et financière la Fédération des AUR du PC15 et de la Vallée Marianina.

Impacts attendus

La prise en compte des productions agricoles supplémentaires, de la production forestière issue des boisements réalisés et de la production animale induite par le projet, fait apparaître un taux de rentabilité interne (TRI) de 8 à 9 % ;

Les reboisements, aménagements anti-érosifs et le développement des pratiques de cultures contribueront à réduire l'érosion et à reconstituer la fertilité des sols, tout en offrant de nouvelles activités productives ;

Le projet comporte un important volet de structuration d'organisations de producteurs, ce qui favorisera l'émergence de la société civile et la responsabilisation des communautés dans la conduite des actions de développement engagées. Il contribuera aussi à faire émerger des PME ou prestataires locaux qui prennent le relais, suite au désengagement de l'Etat, des fonctions de production, contribuant ainsi à la lutte contre la pauvreté et les inégalités.

Source : http://www.cirad.mg/fr/BVLac.php

Annexe 2 : Description du brachiaria et du stylosanthes

La description de ces espèces a été réalisée avec l'aide de Husson et al., 2012a pour le brachiaria et Husson et al., 2012b pour le stylosanthes.

1) Brachiaria species

Ce sont des graminées pérennes herbacées en C4. Il existe différentes espèces, parmi les plus rependues au lac Alaotra on peut citer *B. ruziziensis, B. brizantha*. Leurs systèmes racinaires dense et fasciculé prospect en profondeur, jusqu'à 1m80. Ils développent des rhizomes sur lesquels repoussent des tiges et des racines. La reproduction peut se faire par graine ou de manière végétative. La floraison du brachiaria a lieu entre février et mai. Ces espèces produisent une forte biomasse racinaire et aérienne. Elles sont particulièrement avantageuse pour l'agriculture de conservation car elles assurent une bonne couverture végétale, remobilisent la fertilité des terrains dégradés et restructurent le sol par la prospection des racines et la stimulation de l'activité biologique. Leur forte production de biomasse permet d'enrichir le sol en carbone avec les racines et le couvert végétal. Elles s'associent avec des bactéries fixatrices d'azote (bien que non-légumineuse) et permettent de stocker jusqu'à 50 unité d'azote/ha.

Les brachiaria peuvent être implantés en graine ou en éclat de souche. Ils peuvent être cultivés en association avec diverses cultures telle que le manioc, le pois de terre ou le maïs. Ils peuvent également être implantés dans la culture de riz mais cette association est plus difficile à gérer. Une récolte pendant la saison sèche risquerait de pénaliser la couverture végétale et favoriserait la compétition des adventices, de plus cette espèce se lignifie après la saison humide et devient moins appétante pour les bovins. Pour une gestion en trois à quatre coupes on peut espérer avoir un rendement entre 15 et 25 tonnes de matière sèche, environs 53 et 88 tMV/ha (Rasamifamanantsoa A.H. et al., 2008).

2) Stylosanthes guianensis

Il s'agit d'une légumineuse herbacée pérenne. Il est photopériodique avec une floraison entre mai juin à Madagascar. Le système racinaire est composé d'un pivot centrale puissant pouvant descendre jusqu'à 1m50 et de racines secondaires concentrées principalement dans les vingt premier centimètres du sol. Cette plante peut produire une forte biomasse, sans apport d'engrais, malgré un sol dégradé, ce qui est intéressant pour constituer le mulch d'un SCV. Son association avec des bactéries fixatrices d'azote lui permet de capter entre70 et 200 kg d'azote/an/ha, cette espèce est également capable de recycler certains oligo-éléments (B, Cu, Zn et Mn).Son faible développement en début de cycle rend possible son association avec le riz, la céréale réalise son cycle sans subir de compétition et une fois qu'elle est récoltée le stylosanthes peut se développer.

Cette culture reste verte longtemps et peut servir de fourrage pendant une partie de la saison sèche. La destruction du couvert ne nécessitera pas d'herbicide, une coupe au ras du sol suffit.Sa reproduction se fait de manière végétative ou par graine. S'il a eu le temps de monter en graine il se ressème tout seul l'année suivante, sa faible compétitivité en début de cycle n'engendre pas de salissement des parcelles. Avec des coupes tous les deux trois mois le rendement moyen est de 100 tMS/a, soit 37 tMV/ha (Rasamifamanantsoa A.H. et al., 2008). Le fourrage est plus appété quand la plante est jeune et il est possible d'avoir beaucoup de refus si l'animal n'est pas habitué à cet aliment.

Annexe 3 : Résumé du projet PEPITES

Le projet PEPITES, financé par le programme Systerra de l'ANR, rassemble 10 laboratoires partenaires (INRA, CIRAD, IRD, AgroParisTech et ISARA) sur quatre terrains d'étude : France grandes cultures, France agriculture biologique, Brésil et Madagascar. Coordinateur ; S. de Tourdonnet**.**

L'objectif général du projet est de produire des connaissances sur les processus écologiques, les processus d'innovation technique et sociale et leurs interactions, pour évaluer et concevoir des systèmes techniques et des dispositifs d'accompagnement plus durables. Les travaux se déroulent sur quatre terrains d'étude (France grandes cultures, France agriculture biologique, Brésil et Madagascar petite agriculture familiale) choisis pour explorer une gamme de situations agropédoclimatiques et socioéconomiques permettant une analyse comparative riche.

Six tâches à dominante disciplinaire ont été identifiées. L'analyse du processus d'innovation (tâche 6) est centrée sur la production des connaissances au sein des réseaux sociotechniques, les modalités de coopération entre acteurs, les dynamiques de changements des pratiques et des processus d'apprentissage. L'approche des systèmes de production (tâche 5) permettra de comprendre et de simuler la diversité de ces systèmes et d'expérimenter des outils d'aide à la réflexion prospective. Des études couplant expérimentation et modélisation des systèmes de culture (tâche 3) permettront de comprendre et de raisonner l'usage de processus écologiques qui pourraient améliorer leurs performances. L'étude des processus écologiques résultant des interactions entre matières organiques et êtres vivants (tâches 1 et 2) fournira des connaissances et des indicateurs pour raisonner l'adaptation des pratiques et pour évaluer les services écologiques rendus. Les indicateurs et les cahiers des charges identifiés à différentes échelles serviront à mener une évaluation ex ante, multicritère et multi-acteurs des performances de systèmes de culture innovants en AC (tâche 4). Trois tâches seront consacrées à des questions transversales de nature interdisciplinaire : comment accroître la pertinence et la capacité des modèles utilisés par la recherche pour étudier et intervenir dans ces processus complexes (tâche 7) ? Comment impliquer la recherche dans des démarches et des dispositifs en partenariat pour accompagner l'émergence de l'AC (tâche 8) ? Comment contribuer à la formation et au transfert des connaissances (tâche 9) ?

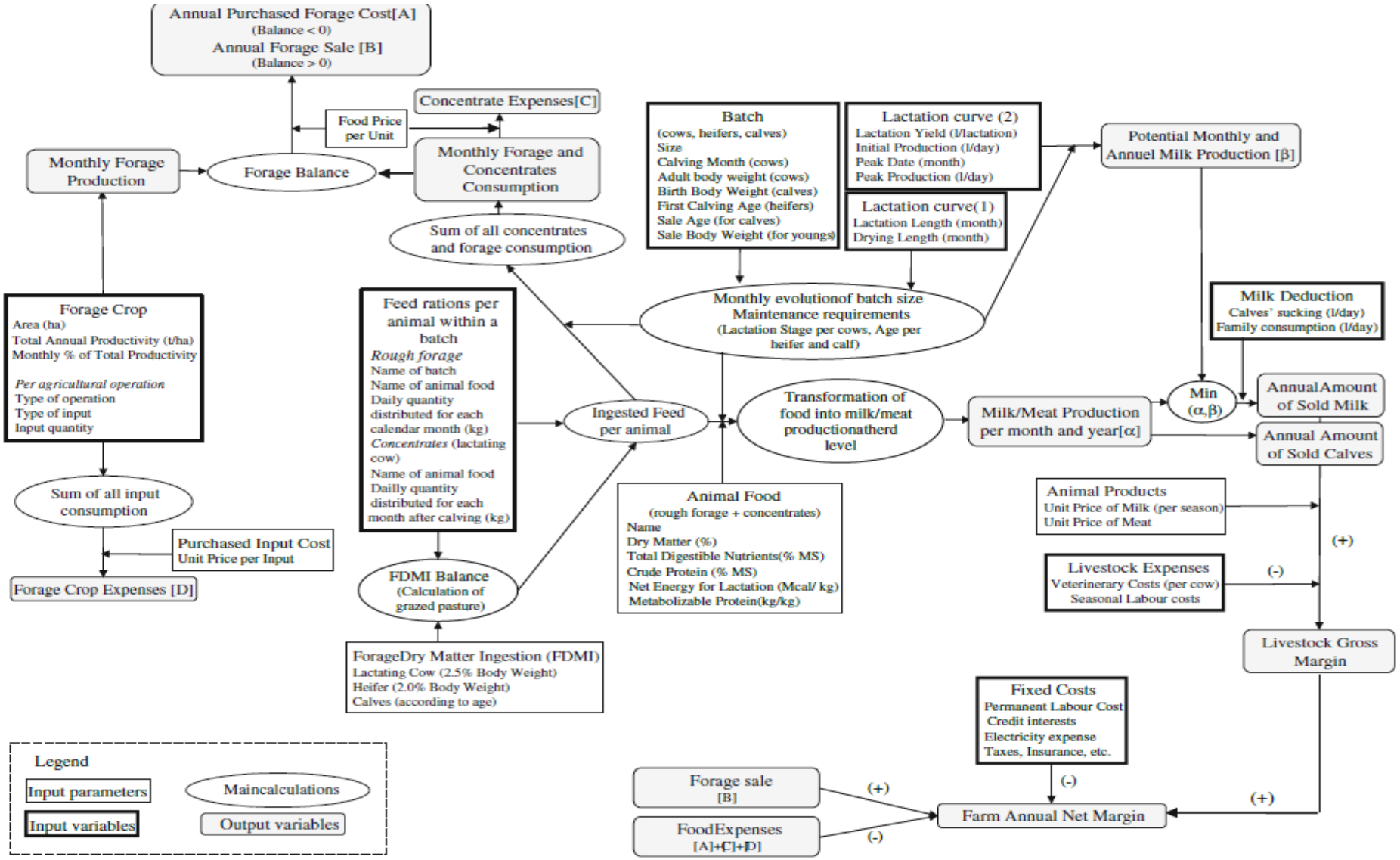
Le projet produira des connaissances originales dans les différentes disciplines et aux interfaces sciences biophysiques / sciences techniques / sciences sociales, renforcera la communauté de chercheurs et praticiens du nord et du sud travaillant autour de l'AC, et proposera des dispositifs d'accompagnement et d'enseignement sur ces innovations complexes pour une agriculture intensive mais durable.

Source : résumé du projet scientifique soumis à l'ANR

Liste des taches du projet PEPITES

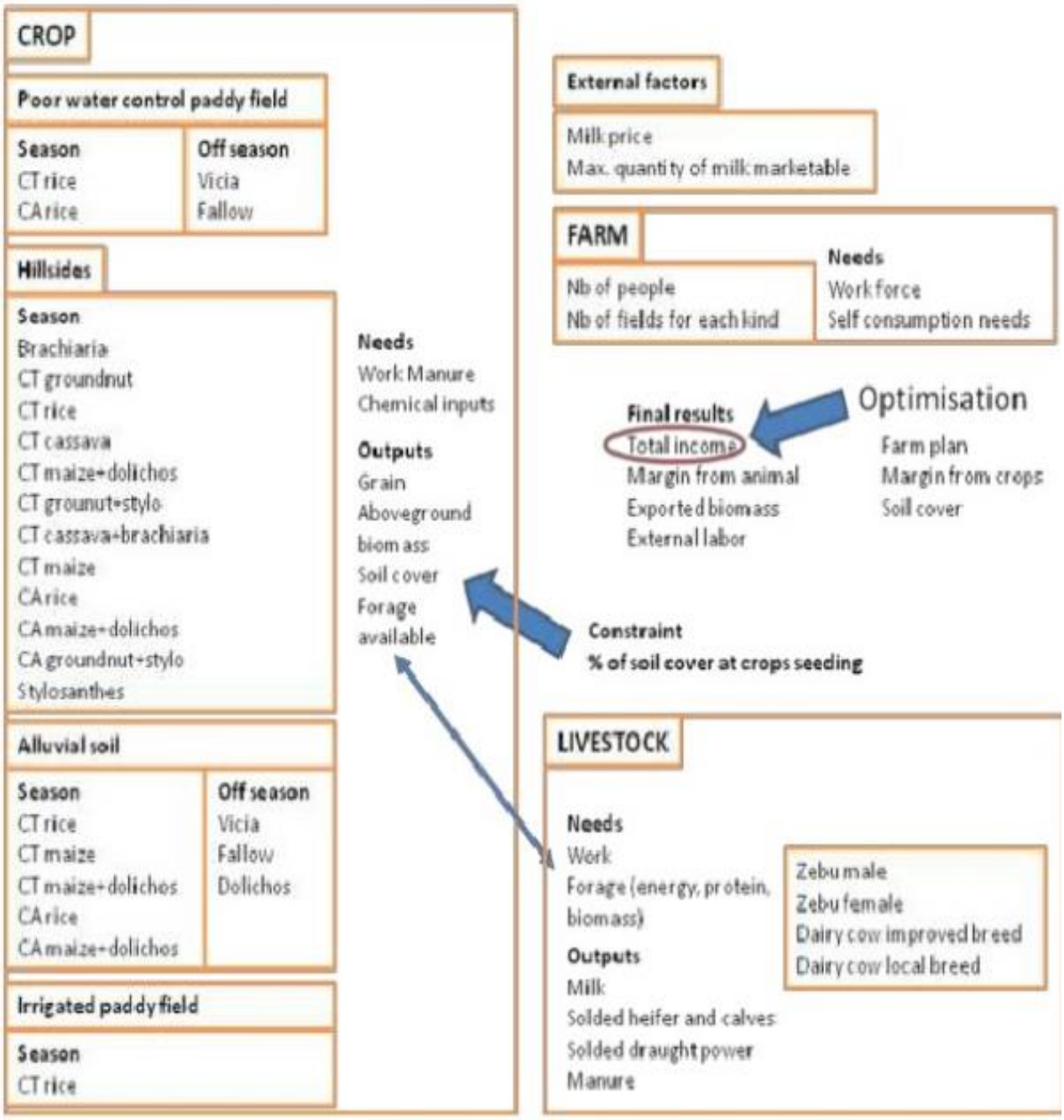
- Tâche n°1 : Fonctionnement biologique des sols en AC : production d'indicateurs biologiques et rôle de la faune du sol.
- Tâche n°2 : Dynamique des matières organiques dans les sols.
- Tâche n°3 : Etude du fonctionnement de systèmes innovants en AC valorisant des processus écologiques.
- Tâche n°4 : Evaluation ex-ante, multicritères et multi-acteurs, des performances des systèmes de culture innovants en AC.
- Tâche n°5 : Aide à la conception de systèmes de production intégrant des techniques d'agriculture de conservation.
- Tâche n°6 : Processus d'innovation en AC : production de connaissances, invention de pratiques et formes de coopération entre acteurs.
- Tâche transversale n°7 : Modélisation.
- Tâche transversale n° 8 : Dispositifs d'intervention et de co-construction des connaissances et des pratiques pour les processus d'innovation en AC.
- Tâche transversale n°9 : Formation – Transfert.

Annexe 4 : Model conceptuel de données de CLIFS (source Le Gal et al., 2012)



A

Annexe 5 : Représentation des différents modules de GANESH (source Naudin K. et al., 2011)



Annexe 6 : Informations complémentaires sur les simulations de N

Stratégie d'assolement de N, situation initiale

Cultures commerciales

La riziculture occupe les meilleures terres de l'exploitation (baiboho) car les débouchés commerciaux sont assurés et le bénéfice économique est élevé. Selon le producteur cette culture permet de dégager un produit de 2 975 kMGA/ha pour des charges 650 kMGA/ha. La stratégie de N est d'avoir une récolte précoce, début mai, pour profiter d'un bon prix de vente. Les rendements se situent autour de 3,5 t/ha et ils peuvent monter jusqu'à 5 t/ha les bonnes années. Pour la simulation nous utiliserons un rendement de 3,5 t/ha pour représenter une année moyenne.

N désire limiter la monoculture de riz sur les baiboho afin de préserver la fertilité de ses sols. Pour cela chaque année 10 ares de riz sont conduits en maïs+dolique l'année suivante et tous les deux ans 30 ares sont convertis en cultures fourragères (10 en stylosanthes et 20 en brachiaria). Le reste de la surface rizicole est reconduite en riz l'année suivante avec soit une occupation du sol pendant la saison sèche par les pailles, soit une interculture de niébé (30 ares) ou alors une interculture de maraîchage (30 ares). Le riz est parfois cultivé sur tanety avec un précédent de brachiaria (4ans de culture) ou de stylosanthes (3ans de culture). Cela n'a pas été inscrit dans l'assolement type car la riziculture sur tanety est presque accessoire, elle ne revient qu'une fois tous les huit ans et donc ne correspond pas à une année moyenne.

La surface cultivée en tabac n'est pas fixe chaque année, cette culture est implantée sur les surfaces qui ne sont pas mobilisées par les fourrages restructurants et ou le riz n'a pas été implanté cette année-là (trop de monoculture les années précédentes). Cette culture engendre de lourdes charges mais présente une bonne rentabilité. L'exploitant estime le produit de cette culture à 800 000 MGA/ha pour une charge de 400 000 MGA/ha.

Cultures pour l'alimentation animale

Les cultures fourragères sont vues part l'agriculteur comme un moyen de reconstruire la fertilité du sol plus que comme un aliment pour les animaux. Elles sont implantées pendant trois ans (quatre ans pour le brachiaria sur tanety). Sur baiboho elles sont détruites avant la troisième saison humide afin de permettre l'implantation du riz dans la couverture végétale. Elles ne sont pas fauchées la première année de culture car la productivité végétale est trop faible, ainsi on ne considère pas le rendement des associations manioc+brachiaria et soja+brachiaria.

Les précédentes cultures de stylosanthes ont permis d'avoir une banque de graines dans le sol, cette culture ne nécessite aucun semis. Elle s'implante toute seule lorsqu'aucune plante ne vient lui faire de concurrence. La culture suivant le stylosanthes est systématiquement du riz, implantée en semi direct dans le mulch.

Le banagrass est cultivé sur le pourtour des parcelles.

Le soja est destiné à l'alimentation animale, il entre dans la composition de la provende pendant deux mois de l'année, quand le prix de l'arachide est trop élevé. Son rendement n'a pas été calculé à cause du manque de donné du producteur et du caractère accessoire de cette culture dans la stratégie de N.

Le niébé est cultivé à la foi pour l'autoconsommation familiale et pour l'affouragement des animaux. Un autre intérêt est que le cycle de cette culture permet d'avoir de la biomasse en saison sèche.

Culture pour l'autoconsommation familiale

Le maïs ne présente pas d'intérêt particulier pour N, si ce n'est de casser la monoculture de riz. Les grains sont utilisés pour la consommation familiale et pour l'alimentation animale mais d'un point de vue économique N préférerait cultiver du riz et acheter le maïs dont il a besoin. Les résidus (maïs et dolique) ne sont utilisés que pour la couverture végétale, estimée supérieure à 98% de recouvrement du sol soit une biomasse totale supérieure à 30 tMV/ha (Andriamandroso et Naudin, 2009). Le rendement de la dolique n'est pas connu du producteur car cette biomasse n'est jamais exploitée, elle reste systématiquement sur la parcelle.

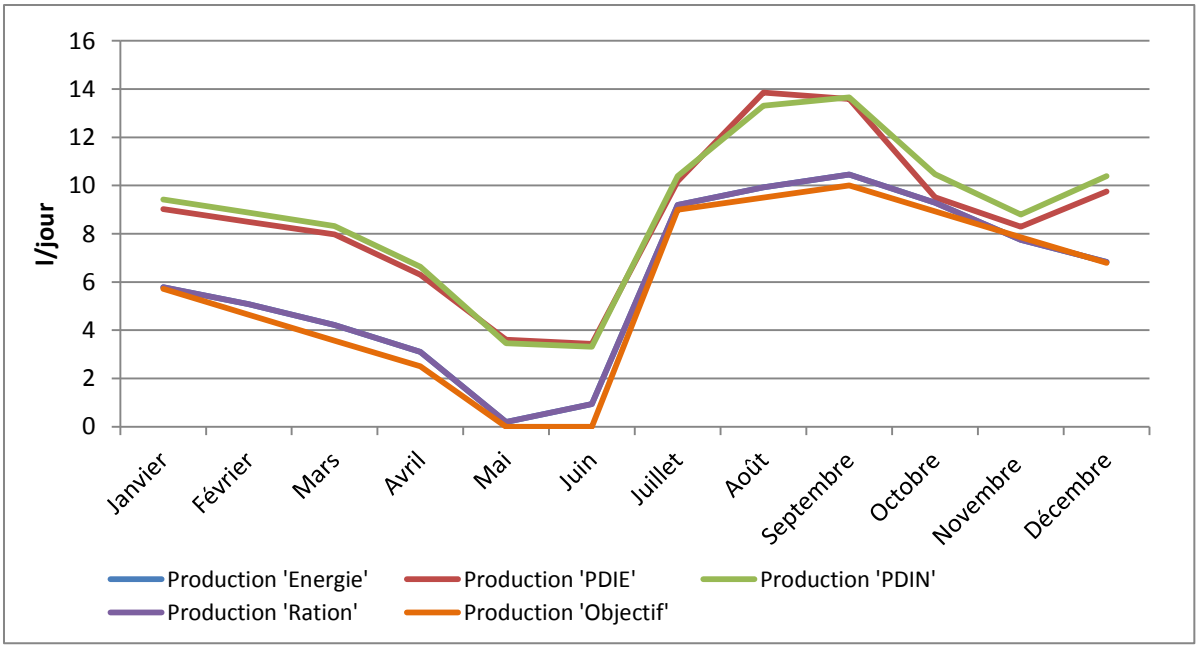
Le manioc est cultivé en association avec du brachiaria. Le fourrage est implanté une fois que le manioc est suffisamment développé. Aucun rendement n'a été considéré pour ces cultures car le manioc est uniquement destiné à la consommation familiale et le brachiaria n'est pas exploité pendant la première année car son développement sous le manioc est jugé trop faible. L'objectif de cette pratique est d'avoir une parcelle de brachiaria pure une fois que le manioc est récolté.

Les cultures de type maraîchage sont principalement des tomates, patates douces, salades, haricots et arachides. Elles sont destinées à l'alimentation familiale et seuls les résidus de patate douce sont utilisés pour l'alimentation animale. Les résidus de cultures sont exportés des parcelles pour être ajoutés au fumier.

Production laitière de la situation initiale de N, 2000l/lactation

La vache produit 2000 l par lactation (10 l/j au pic) sur une durée de 10 mois, la courbe de lactation est (voir figure ci-dessous). La consommation de lait par le veau varie entre 1,5 et 2,5 l/j pendant les 3 premiers mois puis elle diminue progressivement jusqu'à 0,5 l/j au 10ème mois. Le veau n'est complètement sevré qu'à la fin de la lactation car la traite nécessite d'être amorcée par une brève tétée. La quantité de lait commercialisée est d'environ 1 750 litre par lactation.

On remarque que la courbe production 'Energie' est confondue avec la courbe production 'Ration', la production laitière est donc limitée par les apports en énergie. Cela s'explique par la forte valeur d'azote (PDIN et PDIE) du brachiaria et du stylosanthes (voir annexe 2). Les mois d'octobre et novembre présentent une ration plus équilibrée que le reste de l'année.



Production de lait en fonction de la ration, situation initiale N

Détail des charges de production de la situation initiale de N

Charges d'élevage		Charges de culture			
			Engrais	M.O. ext	Pest.
Achat d'herbes naturelles	368 (42%)	Charges pour le riz	400	200	50
Achat de provende	425 (49%)	Charges pour le maïs	39		
Soins vétérinaires	30 (3%)	Charges pour le tabac	1 400		
Insémination artificielle	50 (6%)				
Total	873		2089		

Détaille des charges de production de la situation initiale de N (en kMGA/an)
M.O. Ext : main d'œuvre extérieur, pest. : pesticide.

On constate dans le tableau ci-dessus, que la provende représente le plus gros poste de dépense de l'atelier élevage (49% des charges). On remarque également que le coût des herbes naturelles représente 42% des charges d'élevage pour seulement six mois d'alimentation. Les charges de récolte des fourrages cultivés sur l'exploitation n'entrent pas dans les charges d'élevage puisse que ce travail est assuré par la main d'œuvre permanente qui est commune aux deux ateliers.

Nous pouvons cependant voir que pour le riz, 60% des charges sont dépensées en engrais minéraux (urée et NPK), 30% en main d'œuvre extérieure (implantation, récolte, battage…), 10% en pesticides. Les charges du maïs sont exclusivement des engrais. Les charges du tabac n'ont pas été détaillées par le producteur.

Afin d'alléger les rendez-vous, nous avons volontairement fait l'impasse sur les charge des autres cultures. Nous nous sommes cantonnés aux charges en intrant et en main d'œuvre extérieure car elles représentent la grande majorité des charges de production de l'atelier culture.

Détaille des charges de produtions de la situation initial avec deux vaches laitières

Charges d'élevage		Charges de cultures			
			Engrais	M. O.	Pest.
Achat d'herbes naturelles	368 (27%)	Charge pour le riz	400	200	50
Achat de concentré	851 (63%)	Charge pour le maïs	39		
Soin vétérinaire	40 (3%)	Charge pour le tabac	1 400		
Insémination artificielle	100 (7%)				
Total	1 359		2089		

Détaille des charges de production de la situation initiale avec 2 vaches laitière N
M.O. Ext : main d'œuvre extérieure, pest. : pesticide.

Par rapport à la situation initiale on peut voir que les charges de provende et d'insémination artificielle sont doublées, Les frais vétérinaires sont légèrement augmentés avec par le veau supplémentaire.

Annexe 7 : Informations complémentaires sur l'optimisation de N, basé sur la situation initiale 2VL

Toposéquence	Culture1 / culture 2	Rendement culture 1 – résidus culture 1	Rendement culture 2
Baiboho	CV Riz/dolique	3,36 t/ha – 5,6 tMV/ha	25 tMV/ha
	SCV Riz/dolique	3,5 t/ha – 5,6 tMV/ha	25 tMV/ha
	CV Riz/vesce	3,36 t/ha – 5,6 tMV/ha	36 tMV/ha
Tanety	CV Maïs+dolique*	1,6 t/ha	12,8 tMV/ha
	SCV Maïs+dolique*	1,6 t/ha	12,8 tMV/ha
	CV Manioc	45 t/ha	
	CV Arachide	10 t/ha	
	SCV Arachide+ctylosanthes	10 t/ha	15 tMV/ha
	CV Brachiaria	13,1 tMV/ha	
	CV Manioc+Brachiaria	35 t/ha	13 ,1 tMV/ha

Rendement considéré par GANESH pour le cas de N

*Les résidus de maïs reste sur la parcelle jusqu'à la récolte de la dolique. Cette quantité de biomasse est incluse dans le rendement de la culture 2 qui correspond donc à des résidus de maïs+dolique.

Les rendements du stylosanthes et du brachiaria sont faibles car il s'agit à chaque fois de la première année de culture.

	Année 1	Année 2	Année 3
Charge semences	176	131	194
Charge fertilisation	494	465	458
Charge pesticide	47	108	107
Charge Mo ext	498	536	520
Total charge culture	1216	1241	1280
Produit du riz	4851	5057	5057
Marge brute culture	3634	3816	3776
Charge herbes naturelles	591		
Charge provende	1434	656	304
Total charge élevage	1434	656	304
Produit viande	2000	2000	2000
Produit lait	4224	4224	4224
Marge brute élevage	4789	5567	5919
Charge Mo permanente	1200	1200	1200
Marge nette total	7224	8183	8496

Résultats économiques de l'optimisation de la situation initiale 2vl de N (en kMGA)

Annexe 8 : Présentation des résultats de G

Atouts	Contraintes
Importante surface en rizière Surface disponible (mais peu accessible) Proximité de la route : facilite la commercialisation du lait. Vache à 4 000 l/lactation Autosuffisant en matière organique	Dépendance aux herbes naturelles

Bilan de la situation initiale de G

D'un point de vue structurel cette exploitation ressemble à celle de R. On retrouve une importante surface en rizière, une facilité pour commercialiser le lait et des surfaces non exploitées à cause d'une mauvaise accessibilité.

Avec G nous avons testé différentes pistes pour élaborer le projet d'accompagnement notamment l'augmentation de la surface fourragère et la réalisation de foin. Le projet d'ensilage combiné à l'augmentation de la surface fourragère est celui qui a été retenu par G pour la suite de la démarche car ce scénario permet l'autonomie fourragère, de plus il a déjà expérimenté cette technique de conservation avec succès. Comme pour R l'alimentation des animaux hors vaches laitière est assurée avec des herbes naturelles et de la paille, l'éleveur ne souhaite pas modifier cette pratique. Les projets porteront sur des modifications de l'atelier production de lait.

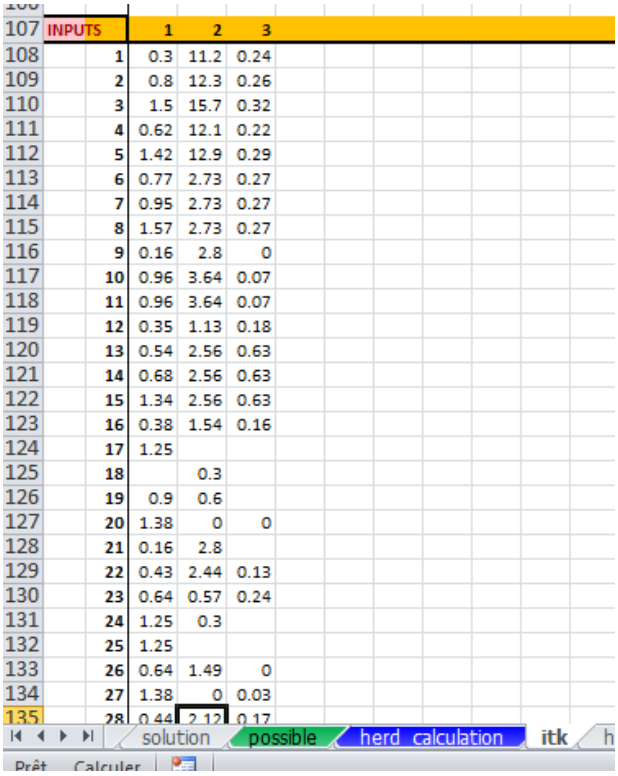
	Situation initiale	Projet 10vl ensilage-fourrage	Situation optimisé GANESH
Assolement (en ha)	Riz : 9 Riz/haricot : 1 Brachiaria : 0,5 Stylosanthes: 0,3	Riz: 4 Riz/maïs ensilage : 5 Riz/haricot : 1 Brachiaria : 1,90 Stylosanthes : 1,50	Riz : 9 SCV Riz/vesce : 1 Brachiaria : 2,90 Stylosanthes : 0,50
Alimentation VL	Herbe Naturelles : 57% Brachiaria : 19% Provende : 15% Stipe de banane : 4% Paille de riz : 4% Stylosanthes : <1%	Maïs ensilage : 43% Brachiaria : 29% Provende : 16% Stylosanthes : 11% Paille de riz : <1%	Brachiaria : 47% Vesce : 32% Herbe naturelles : 7% Provende : 7% Stylosanthes : 5% Paille de riz : 1%
Avantage	Même parcellaire Plus de matière organique	Autonomie fourragère pour VL	Conduite de 1 ha de ris en SCV Limite la consommation HN
Inconvénient	Très dépendant aux HN Forte charge en provende	Charge de main d'œuvre pour la réalisation du silo Forte charge en provende	Vesce impossible sur les rizières de G Dépendance aux herbes naturelles

Comparaison projet 10vl ensilage-fourrage et la même solution optimisée, cas de R.

La vesce et le stylosanthes sont utilisés comme plante de couverture par l'optimisation, la vesce est laissée pour couvrir 70% du sol alors que pour le stylosanthes ce taux tombe à 40%. La totalité du brachiaria est exportée en fourrage.

Annexe 9 : Capture d'écran des paramètres de GANESH à modifier pour s'adapter à chaque producteur

Charges en semences, engrais et pesticide des différents systèmes de cultures

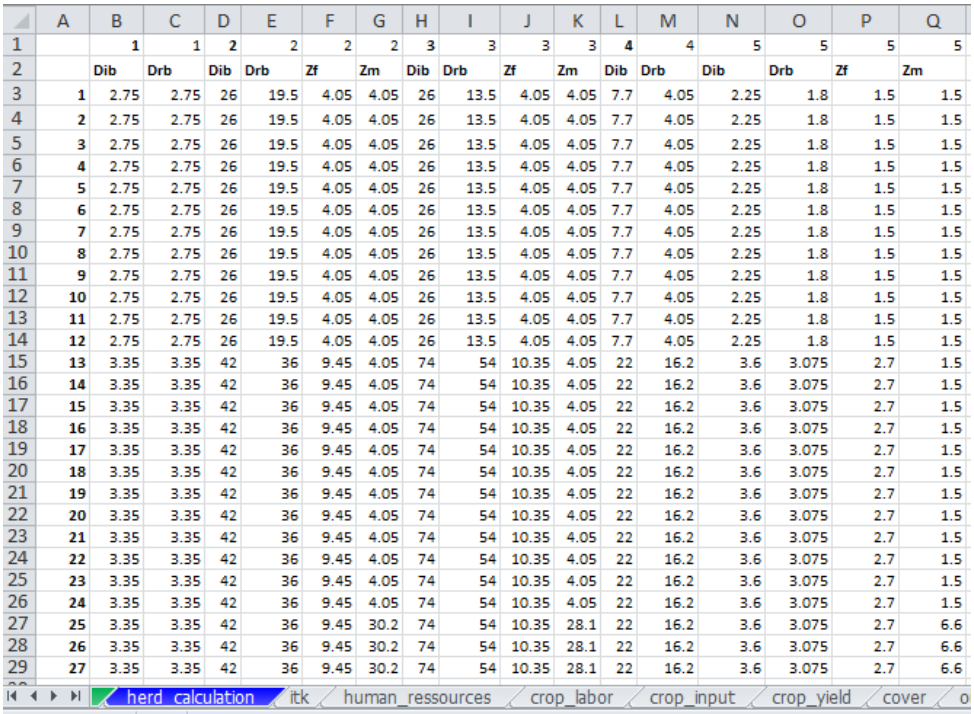


	INPUTS	1	2	3
108	1	0.3	11.2	0.24
109	2	0.8	12.3	0.26
110	3	1.5	15.7	0.32
111	4	0.62	12.1	0.22
112	5	1.42	12.9	0.29
113	6	0.77	2.73	0.27
114	7	0.95	2.73	0.27
115	8	1.57	2.73	0.27
116	9	0.16	2.8	0
117	10	0.96	3.64	0.07
118	11	0.96	3.64	0.07
119	12	0.35	1.13	0.18
120	13	0.54	2.56	0.63
121	14	0.68	2.56	0.63
122	15	1.34	2.56	0.63
123	16	0.38	1.54	0.16
124	17	1.25		
125	18		0.3	
126	19	0.9	0.6	
127	20	1.38	0	0
128	21	0.16	2.8	
129	22	0.43	2.44	0.13
130	23	0.64	0.57	0.24
131	24	1.25	0.3	
132	25	1.25		
133	26	0.64	1.49	0
134	27	1.38	0	0.03
135	28	0.44	2.12	0.17

solution | possible | herd_calculation | itk | h

Prêt | Calculer

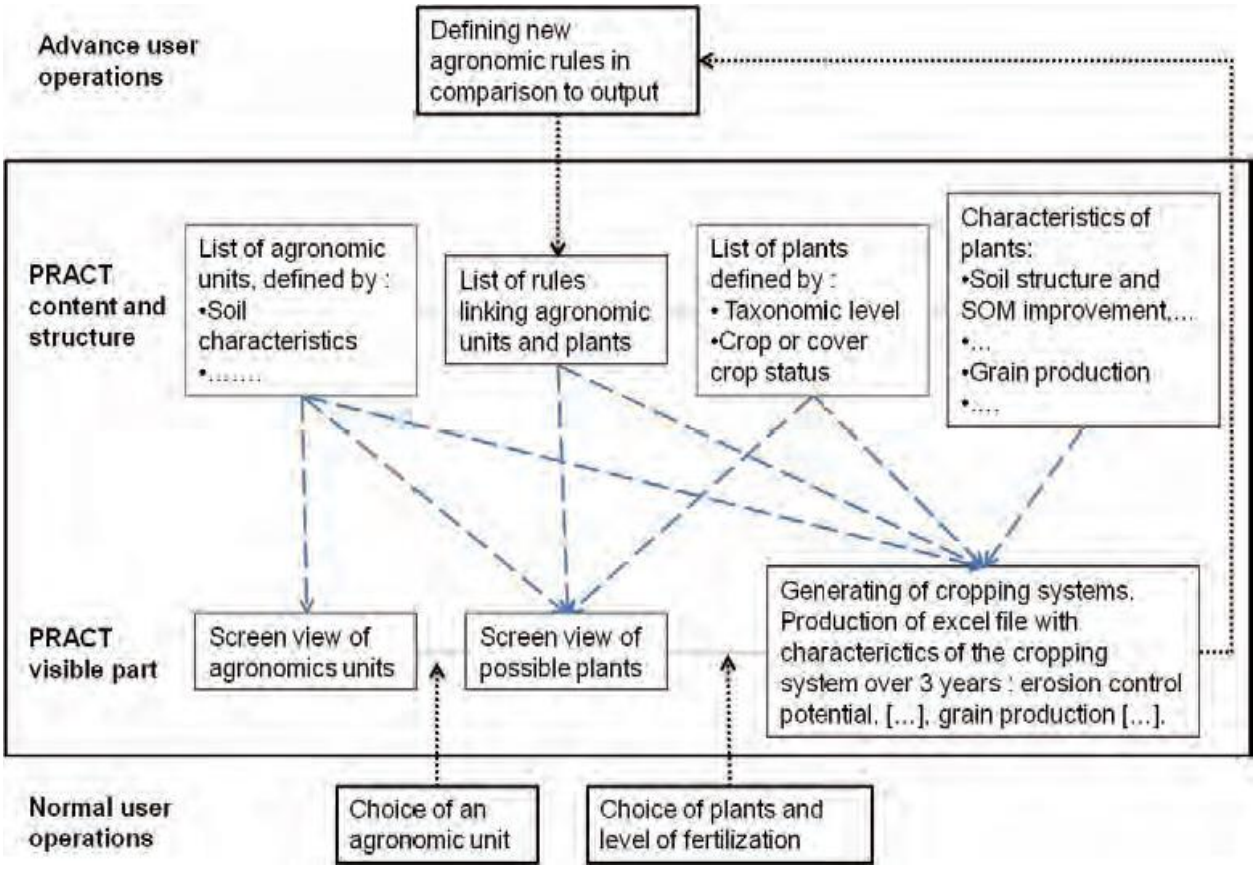
Besoins en main d'œuvre, UFL, PDI et capacité d'ingestion des différents animaux



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	5	5
2		Dib	Drb	Dib	Drb	Zf	Zm	Dib	Drb	Zf	Zm	Dib	Drb	Dib	Drb	Zf	Zm
3	1	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
4	2	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
5	3	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
6	4	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
7	5	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
8	6	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
9	7	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
10	8	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
11	9	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
12	10	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
13	11	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
14	12	2.75	2.75	26	19.5	4.05	4.05	26	13.5	4.05	4.05	7.7	4.05	2.25	1.8	1.5	1.5
15	13	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
16	14	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
17	15	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
18	16	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
19	17	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
20	18	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
21	19	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
22	20	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
23	21	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
24	22	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
25	23	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
26	24	3.35	3.35	42	36	9.45	4.05	74	54	10.35	4.05	22	16.2	3.6	3.075	2.7	1.5
27	25	3.35	3.35	42	36	9.45	30.2	74	54	10.35	28.1	22	16.2	3.6	3.075	2.7	6.6
28	26	3.35	3.35	42	36	9.45	30.2	74	54	10.35	28.1	22	16.2	3.6	3.075	2.7	6.6
29	27	3.35	3.35	42	36	9.45	30.2	74	54	10.35	28.1	22	16.2	3.6	3.075	2.7	6.6

herd_calculation | itk | human_ressources | crop_labor | crop_input | crop_yield | cover | o

Annexe 10 : Système d'information simplifié de l'outil PRACT et interactions avec l'utilisateur (Source Naudin et al,. 2012)



Normal user : Correspond à l'intervenant pour la démarche d'accompagnement.

Auteur : Thomas BERLIOZ	Année 2012-2013	Non confidentiel

THEME : Recherche/Développement

Evaluation prospective de systèmes de production incluant des techniques d'agriculture de conservation dans une démarche d'accompagnement d'exploitations de polyculture-élevage au Lac Alaotra (Madagascar). Une association entre la simulation et l'optimisation au service de l'innovation ?

Mots-cléfs : Agriculture de conservation, exploitation polyculture-élevage, démarche d'accompagnement, simulation, optimisation, Madagascar.

Résumé :

Pour les exploitations de polyculture-élevage l'adoption de pratiques d'agriculture de conservation (AC) fait émerger un conflit d'utilisation de la biomasse entre fourrage et couverture du sol, nécessitant la conception de systèmes de culture innovants en cohérence avec les stratégies des agriculteurs. Nous nous sommes intéressés au processus d'élaboration de projet intégrant des techniques d'AC en expérimentant l'association entre un outil d'optimisation et une démarche appuyée sur un outil de simulation, avec trois exploitations laitières. La principale contrainte des éleveurs est l'affouragement en saisons sèches, la faible disponibilité des fourrages implique d'avoir recours à du fourrage extérieur. Pour pallier cela les techniques innovantes envisagées par les éleveurs sont les associations de cultures, les rotations annuelles et la conservation des fourrages. Les exploitations visitées ont permis de voir la possibilité de concilier AC et projet de l'éleveur dans la mesure où la plante de couverture fournit de la biomasse en saison sèche. La simulation de différents scenarii a permis de tester et d'évaluer les projets des producteurs, leurs fournissant ainsi des éléments de réflexion. Le paramétrage d'optimisation s'est finalement révélé lourd pour être accordé avec la réalité de chaque producteur. L'optimisation à l'échelle de l'exploitation ne semble pas être la méthode la plus adaptée pour servir à une démarche d'accompagnement. Nous pencherions plus pour l'utilisation d'un outil conçu pour identifier les systèmes de culture d'agriculture de conservation qui seraient envisageables selon les caractéristiques des parcelles et en accord avec les objectifs des producteurs.

Prospective evaluation of conservation agriculture systems within support process for mixed crop-livestock farms in Alaotra lake region (Madagascar). An association between simulation and optimization at the service of the innovation?

Keywords: Conservation agriculture, mixed crop-livestock farms, support process, simulation, optimization, Madagascar.

Summary:

Within conservation agriculture (AC) approach, mixed crop-livestock farms have to deal with the trade-off around use of biomass for livestock feed and soil cover. So, innovative cropping systems need to be designed in line with farmers' strategies. We focus on the project designing process including CA methods by experimenting the association between an optimization model and a support process based on a whole farm simulation tool, with three dairy farmers. Feeding animals during the dry season is the main constraint for producer, the biomass poor availability means the use of cut grass purchased off the farm. In order to improve feed autonomy, producers plan to use plant associations, annual rotation and forage preservation. Within the three studied cases we saw that cover crops from CA system could be used to feed the cattle during the dry season. As a result for the simulation tool use, we manage to create and evaluate various scenarii for each producer, helping them for their reflection. Defining the parameters of the optimization tool to fit with the farmers' reality reveals a lot of difficulties, and it leads sometimes to results hardly understandable. The optimization tool needs a lot of modifications to be associated with the support process and it seems better to use a tool design to select conservation agriculture systems that could suit to plot characteristics and farmers' goals.

Nombre total de volume: 4
Nombre total de page du document principale: 54

Demandeur: CIRAD