

**CIRAD, Montpellier
UMR System/ UR Systèmes d'élevage**

**CONTRIBUTION A L'ELABORATION DE METHODES DE MISES AU
POINT DE SYSTEMES DE CULTURE DURABLES A L'AIDE DE LA
MODELISATION COUPLEE SYSTEME DE CULTURE-SYSTEME
D'EXPLOITATION.**

ENCADREMENT DE STAGE

29 juin au 8 juillet 2007

Par

**Véronique Alary
CIRAD, UR système d'élevage, Montpellier**

Rapport CIRAD



**Cirad
TA C-18/ A
Campus international de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5
FRANCE**

AUTEUR(S) : Véronique Alary

ORGANISME AUTEUR : Cirad

ACCES A LA REFERENCE DU DOCUMENT : Libre

ETUDE FINANCEE PAR : CIRAD

REFERENCE :

AU PROFIT DE : UMR System

TITRE : Contribution à l'élaboration de méthodes de mises au point de systèmes de culture durables à l'aide de la modélisation couplée système de culture-système d'exploitation. Encadrement de stage

TYPE D'APPROCHE : Modèle bioéconomique, système d'exploitation

DATE ET LIEU DE PUBLICATION : juillet 2007, Montpellier, France

PAYS OU REGIONS CONCERNES : Brésil

MOTS CLES : Modèle bioéconomique, Système d'élevage, Système de culture, pratique du semis direct, Système d'exploitation

RESUME :

Cette mission a été organisée dans le cadre d'un projet de recherche en coopération entre le CIRAD et l'EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pasquisa Agropecuaria) dans le Municipio de Unai. Le projet cherche à appuyer les exploitants dans l'identification et la mise en place de stratégie de développement des activités culturales. A la vue du développement récent de la technique du semis direct en traction animale sur paillis de résidus de culture ou sur pâturage traité à l'herbicide, le projet souhaite intégrer des plantes de couverture dans ces systèmes. Ces plantes de couverture auraient certes des fonctions environnementales (limiter l'érosion, contrôle de l'enherbement, amélioration des bilans minéraux et hydriques) mais aussi pourraient être utilisées en partie comme aliments fourragers pour le bétail. Dans ce contexte a été proposé un stage de Master pour le développement de modèle de comportement des producteurs afin de tester l'intérêt et la faisabilité socio-économique de ces techniques pour des petites exploitations agricoles issues de la réforme agraire.

La mission de terrain avait pour objectif :1) d'encadrer le stage ; 2) participer au développement du modèle bioéconomique à l'échelle des exploitations ; 3) valider les choix du modèle à partir de visites sur le terrain et de discussions avec les chercheurs du projet.

Cette mission a permis de développer le cadre du modèle de programmation linéaire. Une attention particulière a été portée à l'intégration du système de culture et du système d'élevage au travers des fonctions d'alimentation mais aussi des contraintes de travail. Le modèle développé permet de comprendre le fonctionnement global de l'exploitation et de simuler l'introduction de plantes de couverture telles que le *Cajanus cajan* ou le *Brachiaria* dans le système.

Déroulement :

30 juin 2007 :

- Arrivée à Brasilia
- Discussion avec Eric Scopel, UMR System
- Synthèse des travaux effectués par Stéphanie Alvarez, stagiaire ENSAM.

1 juillet 2007 :

- Voyage Brasilia-Unai
- Présentation du projet de recherche en coopération entre le CIRAD et l'EMBRAPA par Eric Scopel
- Visite des essais culturaux à l'Ecole Technique de Unai

2 juillet 2007 :

- Visite d'une exploitation 'Genilson', producteur ayant développé un atelier laitier et pratiquant le semi direct sur la culture du maïs.
- Choix des activités et des paramètres dans le modèle

3 juillet 2007 :

- Travail avec la stagiaire sur le modèle : 1) définition de tous les paramètres du modèle ; 2) construction des équations du modèle.

4 juillet 2007

- Visite d'une exploitation 'Zé Alecho', petite exploitation qui pratique le semis direct et démarre juste une activité d'élevage par l'achat d'une génisse.
- Test du modèle sur une exploitation 'Genilson'

5 juillet 2007

- Visite d'une exploitation 'Le Alexander', exploitant qui possède une quinzaine de têtes de bétail pour la viande et pratique le semi direct sur le maïs.
- Discussion sur le modèle avec Eric Scopel
- Elaboration du plan de travail pour Stéphanie Alvarez
- Retour sur Brasilia

6 juillet 2007

- Retour Montpellier

1. OBJECTIF DE LA MISSION

Cette mission a été organisée dans le cadre d'un projet de recherche en coopération entre le CIRAD et l'EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) dans le Municipio de Unai. Le projet cherche à appuyer les exploitants dans l'identification et la mise en place de stratégie de développement des activités culturales. A la vue du développement récent de la technique du semis direct en traction animale sur paillis de résidus de culture ou sur pâturage traité à l'herbicide, le projet souhaite intégrer des plantes de couverture dans ces systèmes. Ces plantes de couverture auraient certes des fonctions environnementales (limiter l'érosion, contrôle de l'enherbement, amélioration des bilans minéraux et hydriques) mais aussi pourraient être utilisées en partie comme aliments fourragers pour le bétail. Dans ce contexte a été proposé un stage de Master pour le développement de modèle de comportement des producteurs afin de tester l'intérêt et la faisabilité socio-économique de ces techniques pour des petites exploitations agricoles issues de la réforme agraire.

La mission de terrain avait pour objectif : 1) d'encadrer le stage ; 2) participer au développement du modèle bioéconomique à l'échelle des exploitations ; 3) valider les choix du modèle à partir de visites sur le terrain et de discussions avec les chercheurs du projet.

Ce rapport de mission se propose de retracer le cadre du projet, les hypothèses élaborées dans la conception du modèle de comportement des producteurs et le plan de travail pour le stage en cours.

2. PRESENTATION DU PROJET DE RECHERCHE

2.1. Historique du projet de recherche : un projet de recherche Embrapa

Un projet de recherche Embrapa en partenariat avec deux instituts brésiliens dont l'Ecole technique d'Unai a démarré en 2002. Ce projet comprenait deux volets :

1. le développement d'une recherche d'accompagnement : l'objectif étant le développement d'un outil de diagnostic et d'accompagnement basé sur un réseau de fermes de référence. Le fondement de ce suivi était en partie construit sur l'expérience acquise dans le cadre du projet développé à Sylvania. Ce projet se structurait en deux composantes : 1) composante technique (avec des propositions techniques comme l'amélioration fourragère, l'amélioration de l'alimentation du bétail, etc.); 2) composante organisationnelle avec une structuration ascendante depuis les associations au niveau des communautés rurales jusqu'aux coopératives ou services techniques au niveau des districts.
2. Formation selon le principe de l'alternance : ainsi une cinquantaine de jeunes, des fils d'exploitants installés, suivent une formation de 15 jours à l'école suivis de 45 jours sur l'exploitation et ce sur une période d'une année.

Une deuxième phase a démarré en 2003. Il s'agit alors de comprendre comment les résultats acquis, notamment dans la composante technique, peuvent servir à accompagner les secteurs de la réforme agraire. Le secteur de la réforme agraire regroupe l'ensemble des acteurs (notamment des producteurs) qui se sont installés suite aux politiques de redistribution des terres des gros exploitants aux petits. Il s'agit à la fois d'un secteur très contraint (peu de capital, exploitations en cours de construction) et d'un secteur très revendicateur. En effet issus le plus souvent du mouvement très actif des sans terre, ces exploitants ont une tradition syndicaliste avec de nombreuses attentes envers les services publics.

Aujourd'hui l'Embrapa à Unai compte une petite équipe de 2-3 personnes qui travaillent sur l'agriculture familiale. Cette équipe a deux atouts : une formation technique et une vision systémique plus englobante. Le projet s'appuie à présent sur un diagnostic participatif dans 2-3 groupements de producteurs (appelés 'ascementos').

2.2. Le partenariat avec le CIRAD

Parallèlement le CIRAD venait de finaliser un projet de recherche et de développement largement axé sur une approche systémique des gros producteurs des *Cerrados*. La question qui se posait alors était comment les systèmes techniques développés pouvaient être adaptés aux petits producteurs dans une option de développement durable : gestion des ressources naturelles, limitation de l'érosion, etc.

Ce questionnement soulève un certain nombre d'enjeux :

1. une approche intégrée de l'innovation autour des systèmes de culture intégrée et durable. Il s'agit de systèmes pluri-spécifiques, non conventionnels et de systèmes complexes qui demandent de répondre à un cahier des charges relativement rigide et donc une certaine appropriation des connaissances.
2. Reconsidérer ces options culturelles à l'échelle de l'exploitation autour de la problématique de l'intégration agriculture élevage : ainsi l'innovation doit être conçue ou adaptée à l'échelle de l'exploitation en tenant compte des besoins en ressources fourragères des animaux mais aussi des contraintes inhérentes au fonctionnement socio-économique de l'exploitation (travail familial disponible, trésorerie, etc.).

Ainsi le CIRAD s'est associé au projet de l'Embrapa dans une optique de travail sur l'accompagnement de l'innovation technique. Ce projet regroupe 3 unités du CIRAD :

1. UR ARENA : organisation des producteurs et interface avec les politiques publiques
2. UMR Innovation : recherche sur la création d'innovation en partenariat
3. UMR System : développement d'innovations qui s'inscrivent dans le cadre de la durabilité.

D'autres projets de recherche se sont greffés dans ce processus d'accompagnement de l'innovation.

Plus généralement, le projet travaille à l'échelle du système agricole local dans le cadre de la réforme agricole conduite par le gouvernement Brésilien, et cherche à appuyer les exploitants dans l'identification et la mise en place de stratégies de développement de leur activité.

3. CADRE DU STAGE

3.1. Présentation des options techniques et des hypothèses.

Un certain nombre d'éléments tendent à rendre les options techniques conventionnelles relativement peu performantes d'un point de vue technique et économique par rapport aux systèmes semis direct (Table 1).

A l'échelle des systèmes de culture, les agriculteurs paraissent donc intéressés par le recours au semis direct en traction animale sur paillis de résidus de culture ou sur pâturage traité à l'herbicide. Outre leur avantage en termes de lutte contre l'érosion, qui n'est pas nécessairement la motivation première des agriculteurs, ces techniques permettent une mise en culture dans des conditions beaucoup plus favorables qu'en recourant à des tracteurs de location dont la disponibilité et la qualité de travail sont aléatoires.

Dans ce système de semis direct, le projet en cours travaille sur l'introduction de plantes de couverture. L'intérêt de ces plantes de couverture serait l'occupation de l'espace en fin de cycle pour éviter la multiplication des mauvaises herbes. L'intérêt de ces plantes de couverture serait multiple : 1) assurer la production d'une biomasse supplémentaire utilisable en partie comme fourrage et en partie pour contribuer à la constitution de mulchs pour les cultures suivantes et 2) ainsi assurer des fonctions de protection contre l'érosion, de contrôle de l'enherbement de la culture principale, d'amélioration des bilans minéraux et hydriques.

Différentes options ont été envisagées :

- les céréales mil/sorgho : problème de rendements
- des légumineuses dont *cajanus cajan* et *Crotater*. *Crotater* constitue une source importante d'azote mais il s'agit d'une plante avec peu d'appétence pour les animaux. Ainsi le *cajanus* semble être préféré : semence facile à multiplier, riche en protéine, production importante de biomasse
- *Bracharia* : avec deux options : 1) semis du *bracharia* fin-février-début mars ou 2) semis avant la levée du maïs afin que le *Bracharia* bénéficie de la fertilisation sur le maïs.

Techniques d'implantation :

- semences : soit achat soit autoproduction (stock, temps de préparation)
- la plante de couverture (PC) pourrait être implantée avec le même semoir (Semoir en traction animale) que le maïs.
- besoin d'utiliser un rouleau-couteau (en traction bovine) avant le passage de l'herbicide.

L'idée à terme serait d'introduire ces plantes de couverture pour éviter la multiplication des mauvaises herbes et utiliser le rouleau couteau (au lieu des herbicides) avant la mise en place du maïs en début de saison agricole.

Table 1 : Bilan rapide des avantages/inconvénients technico-économiques de la technique semis direct par rapport à la technique conventionnelle

	Technique conventionnelle	Semis direct
Avantage	<ol style="list-style-type: none"> 1. le Municipio d'Unai fournit gratuitement 3 heures de tracteur par producteur 	<ol style="list-style-type: none"> 1. suppression du travail du sol remplacé par deux passages d'herbicides. Economie de 3h de tracteur par ha et 10 heures de travail par ha. 2. Equipement de traction animal (basé sur le cheval) pour le semis (avec un récipient pour les engrais) 3. Semis du maïs plus tôt (fin oct) 4. qualité de contrôle des mauvaises herbes : diminution de la pénibilité du travail de dés enherbement grâce aux herbicides
Inconvénients	<ol style="list-style-type: none"> 1. dépendance au tracteur et donc aux services extérieurs (difficile de trouver un tracteur, accès le plus souvent au mauvais moment entraînant des plantations tardives) 2. Semis manuel avec une matraque : faible densité au semis, problème de fertilisation 3. Fort enherbement : Semis tardif entraînant des récoltes en mai où se multiplient les mauvaises herbes. Le contrôle des mauvaises herbes dans la technique conventionnelle est coûteux en nombre de jours de travail et en pénibilité. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deux passages d'herbicides : 1) 1-2 semaines avec les pluies ; 2) contrôle post germination (3 semaines après le semis) 2. nécessité de s'entendre avec d'autres producteurs pour l'achat du matériel de traction (Semoir/ voire rouleau couteau pour ce qu'ils veulent mettre en place des plantes de couverture)

3.2. Contexte du stage

Le stage s'inscrit donc dans le cadre de ce projet de recherche en coopération entre le CIRAD et l'EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria) dans le Municipio de Unai. L'objectif du stage est de vérifier l'intérêt et la faisabilité de ces techniques pour ces exploitations agricoles issues de la réforme agraire en tenant compte notamment des contraintes de gestion de la trésorerie

(achats d'intrants dont herbicides) et de la main d'œuvre et des possibilités de valorisation des plantes de couverture éventuelles par l'élevage.

Les exploitations de la réforme agraire dans le Municipio d'Unai se sont installées à la fin des années 90 jusqu'aujourd'hui. Il s'agit donc en général d'exploitants d'une quarantaine d'année avec différents niveaux de capitalisation dans le cheptel bovin selon la date d'installation mais aussi la contrainte de travail. Ainsi se distinguent trois grands types d'exploitations :

- Type 1 : des exploitants installés à la fin des années 90 qui ont développés un atelier laitier pour la commercialisation. Ces exploitants détiennent entre 10-20 vaches laitières. Certains exploitent aussi les bovins males pour la viande. Tous pratiquent la complémentation en concentrés selon un ratio relativement fixe de 3 kg de concentré par litre de lait.
- Type 2 : des exploitants installés aussi vers la fin de années 90 qui possèdent entre 10 et 30 têtes de bétail essentiellement orientées sur la production de viande. Ces exploitants pratiquent généralement une deuxième activité non agricole qui occupe une partie de leur temps de travail. Les pratiques d'élevage sont très variées : 1) système d'embouche de 3 mois à un an ; 2) système de confiage avec partage des produits de l'élevage ; etc.
- Type 3 : il s'agit d'exploitants installés récemment qui possèdent moins de 5 têtes bovines. Pour l'instant le lait est principalement réservé à la consommation familiale. Ces exploitants sont réellement en phase de construction de leur élevage.

Le choix d'orientation de l'élevage entre le lait et la viande pourrait bien résulter de deux facteurs :

- Facteur organisationnel au niveau de la communauté: la possession d'un tank à lait ou la proximité d'un tank de la coopérative laitière ;
- Facteur organisationnel au niveau du travail dans la famille : la plupart des producteurs qui pratiquent l'élevage bovin pour la viande sont des pluri actifs ayant une autre activité non agricole.

L'acquisition des bovins s'est faite le plus souvent grâce aux crédits spéciaux mis en place par l'INCRA (Institut National pour la réforme agraire). Il s'agit de prêts PRONAF. On peut distinguer :

- les prêts Pronaf pour l'installation : il s'agit de prêts de 10 à 18000 Reals dont le remboursement débute 7-8 ans après, un remboursement sur plus de 10 ans et sans intérêt
- le prêt PRONAF pour l'investissement : il s'agit de prêts de 10 000 Reals dont le remboursement peut s'étaler sur 20 ans
- les prêts PRONAF annuel : il s'agit de prêt de près de 3000 Reals sans taux d'intérêt mais remboursé dans l'année qui suit. Pour les remboursements à temps, les exploitants bénéficient généralement d'un rabais.

Certains producteurs ont aussi bénéficié des aides de la CAPOU, coopérative agricole, pour l'acquisition de génisses.

Si ces exploitants se distinguent bien du point de vue du système d'élevage, il est beaucoup moins aisé de les distinguer du point de vue du système cultural. La plupart cultivent du maïs, du riz et du manioc, des cultures annuelles essentiellement réservées aux besoins familiaux ou pour couvrir les besoins alimentaires du petit élevage (volailles et porcs). L'autre partie des terres est réservée aux cultures fourragères (canne à sucre et pennisetum) et aux prairies (Brachiaria et Andropogon).

Ainsi 2 exploitations ont été choisies dans chaque grand type d'exploitation dont une au moins appartient au réseau de référence mis en place dans le projet. Ces exploitations ont été choisies sur la base d'une connaissance fine des exploitations par les techniciens et chercheurs du projet.

Vis-à-vis de la technique du semis direct, tous recourent à la technique du semis direct sur le maïs à l'exception d'une seule exploitation. En fait ces exploitants bénéficient soit du matériel du projet soit du matériel acquis par d'autres exploitants. L'acquisition du matériel nécessaire au semis direct (Semoir en traction animale voire rouleau couteau pour certains) ne constitue donc pas une contrainte en soi. Seul le type 1 des exploitants laitiers a acquis réellement le matériel.

Les principales raisons dans l'adoption de la technique seraient d'ordre :

- technique : meilleure qualité du semis en terme de densité et de germination (avec des rendements de 5 tonnes/ha sur le maïs en semis direct contre 3.5 T dans la technique conventionnelle) mais aussi grâce à une meilleure fertilisation
- faciliter de trouver un semoir en traction animale via le projet par rapport au tracteur (difficile à trouver et cher)
- grâce à l'adoption de la technique du semis direct, ces exploitants bénéficient souvent d'un suivi rapproché de l'Embrapa
- les herbicides sont fournis par l'Embrapa avec des facilités de paiements (avances parfois sur plus d'une année).
-

Ainsi, pour confirmer ou infirmer ces potentielles raisons, il est intéressant d'avoir un modèle qui représente le mode de fonctionnement global de l'exploitation. Il ne s'agit pas de confronter les producteurs vis-à-vis de l'adoption (adoption versus non adoption) mais davantage de comprendre la logique qui sous tend l'adoption de la technique du semis direct en fonction des contraintes/opportunités ou des objectifs pour chaque type de producteurs.

Dans l'optique du développement d'un itinéraire technique comprenant une plante de couverture, il s'agit de comprendre dans quelle mesure cette option technique peut être adoptée selon les différents types ou stades de développement des exploitations. Outre les aspects environnementaux, cette technique doit s'insérer dans un processus plus poussé d'intégration agriculture-élevage, en permettant le pâturage des plantes de couverture. Dans quelle mesure cette nouvelle ressource fourragère pourrait favoriser l'adoption de la technique.

Ainsi le stage se doit de répondre à deux principaux objectifs :

- 1) identifier les déterminants des équilibres actuels à l'échelle des exploitations : comprendre le processus d'adoption de la technique du semis direct; Y a-t-il un lien entre le développement de l'élevage et la technologie ? Ou ne faut-il pas voir dans cette adoption un processus davantage social lié au projet de recherche Embrapa qui facilite la mise en réseau, le conseil technique, etc.
- 2) anticiper les processus d'adoption ou plutôt d'adaptation de la technique du semis direct avec plantes de couverture.

Les méthodes classiques de mesure des effets micro-économiques de changements techniques ou politique permettent généralement d'apprécier d'une part les effets en terme de revenu, à structure constante, sur les grands types d'exploitation, et d'autre part les réactions adaptatives des exploitations, anticipés à partir des estimations d'experts et ce en relation avec les exploitants. Les outils de simulation sont variés : certains mesurent les effets de changement de prix des intrants, du matériel d'équipement ou des produits sur les résultats économiques de l'exploitation (modèle QV, ANAIS); d'autres permettent de vérifier à posteriori l'intérêt économique de propositions techniques. Par exemple, le logiciel EBD-Système permet dans un premier temps de faire l'adéquation entre les besoins du troupeau et les disponibilités en surfaces et d'évaluer dans un deuxième temps la faisabilité et la viabilité économique. Dans les deux cas, il s'agit d'avantage de calculateurs sans objectif d'optimisation économique.

A côté, il existe une autre voie : la modélisation linéaire dont l'enjeu est d'identifier et d'expliquer les déterminants de l'équilibre des productions sur les exploitations ainsi que d'anticiper l'évolution de cet équilibre, suite à des scénarii de changement technique ou de réforme des politiques agricoles. La programmation linéaire permet d'envisager des évolutions dynamiques des exploitations.

Il s'agit donc d'un outil de modélisation des systèmes technico-économiques à partir d'un processus de décision rationnel et de prévision des comportements des exploitants à l'optimum. Sa capacité de représentation des adaptations des systèmes est définie par l'ensemble des alternatives techniques introduites dans la matrice de départ. Elle permet d'effectuer une optimisation économique du système d'exploitation, à partir des données introduites (niveaux de prix, charges, aides, itinéraires techniques),

sous l'effet de différentes contraintes techniques, sociales ou de gestion des flux de trésorerie ou accès au crédit. Elle donne en plus des indications sur les coûts d'opportunité des facteurs de production et des différentes activités dans l'exploitation.

Cet outil permet donc à la fois d'avoir une meilleure compréhension du système technico-économique des exploitations dans une zone donnée et d'anticiper les adaptations des exploitations à des changements extérieurs qu'ils soient d'ordre économique, social ou technique, et pourrait de ce fait répondre à la demande du projet.

4. CONCEPTION DU MODELE D'EXPLOITATION

On se propose de retracer rapidement les hypothèses et choix effectués dans la représentation des exploitations choisies dans le Municipio d'Unai. Il ne s'agit pas d'une présentation détaillée du modèle –qui fera l'objet du rapport de stage- mais d'un bilan des choix qui peut faire l'objet de discussion dans le projet.

4.1. Systèmes de cultures/ systèmes fourragers

Dans la région considérée, se distinguent trois grands types de sols :

- les sols dites à culture : il s'agit de sols alluviaux ou de bas fond
- les latosols : sols relativement acides sur les cerrados
- les cambisols : des sols pauvres et escarpés

Les principales cultures pratiquées sont :

- maïs : la superficie cultivée en maïs répond principalement à la couverture des besoins en grain des petits élevages (volailles et porcs). Une faible partie est utilisée dans la consommation humaine. Quelques producteurs donnent des épis de maïs aux jeunes bovins, notamment lorsque ceux-ci naissent en saison sèche. Très peu de producteurs s'adonnent à l'ensilage.
- Riz et manioc : surface cultivée dépend exclusivement de la couverture des besoins de la famille
- Canne à sucre et pennisetum : cultures fourragères réservées à l'alimentation du troupeau bovin en saison sèche. Toutes deux sont récoltées en vert en fonction des besoins journaliers des animaux.
- Bracharia et Andropogon : prairies pâturées tout le long de l'année.

Pour l'étude, a été rajoutée la culture de sorgho qui pourrait être une alternative intéressante pour l'affouragement des animaux.

Il existe aussi les prairies naturelles dont une partie peut être exploitée et l'autre constitue une réserve non exploitable. Ces prairies naturelles sont uniquement pâturées par les animaux.

Pour les simulations de l'introduction des plantes de couverture, ont été introduites les cultures de cajanus et Brachiaria dans l'itinéraire technique du maïs.

On suppose que le producteur met en place son système cultural en début de la saison des pluies (octobre-novembre) où ils décident des choix techniques pour l'année. Ainsi c'est à cette date qu'il fera le choix d'un maïs avec plantes de couverture ou sans plantes de couverture.

On distingue trois principales techniques :

- 1) technique conventionnelle : avec un labour mécanisé (tracteur), semis manuel (avec une matraque) et désenherbement manuel et/ou traction animale ;
- 2) technique en semis direct (sans plante de couverture) : recours au semoir en traction équine et désenherbement chimique (herbicide) au démarrage de la saison des pluies avant l'implantation des cultures pour une nouvelle saison culturale ; et dessiccation assuré par un pulvérisateur tractée.

- 3) technique en semis direct avec plante de couverture : même technique que pour le semis direct mais recours au rouleau couteau (tracté par des boeufs) pour broyer les plantes de couverture avant l'implantation du maïs.

Pour les cultures pérennes telles que la canne à sucre, le pennisetum, le brachiaria ou l'andropogon, ont été calculé les coûts d'arrachage et d'implantation. En fonction de leur date d'implantation, a été calculé l'âge de chaque parcelle en prairie. Ceci permet de tenir compte de la variabilité des rendements en fonction de l'âge des prairies. Compte tenu de la forte variabilité de la durée des plantations, on n'a pas supposé d'âge d'arrachage. L'exploitant peut à tout moment replanter sa prairie. Par contre on suppose que chaque prairie ne peut excéder une durée de plus de 10 ans.

Chaque exploitant possède un stock de matériel. Ce stock peut évoluer en fonction des achats et des ventes au cours de l'horizon de planification qu'on a choisi de 5 ans. Mais aujourd'hui l'acquisition du matériel, notamment pour le semis direct, ne constitue pas une contrainte en soi du fait des prêts de matériel par le projet ou de l'échange de matériels entre exploitants. Ainsi, les besoins sont couverts avec un prix correspondant à une proportion du taux d'utilisation de ce matériel qui peut être assimilé à un coût d'amortissement.

4.2. Systèmes d'élevage

Le système d'élevage se subdivise en trois types d'élevage :

- les bovins
- les équins
- et le petit élevage : porc et volaille

Pour le troupeau bovin, on distingue les races locales (zébu) des races croisées ayant de meilleur rendement lait. Les animaux se caractérisent par leur race (Zébu/ cross), leur sexe (male/femelle), leur stade physiologique (pour l'évaluation des besoins nutritifs en matière sèche (DM), en matière digestible (TDN) et protéine (DCP)) et leur âge (de 0-1 an à 9-10 ans).

Les besoins nutritifs du troupeau sont couverts

- par les produits de l'exploitation : résidus des cultures annuelles, apports en vert de la canne à sucre et du pennisetum et pâturage du brachiaria et de l'andropogon et des prairies naturelles, maïs ensilage, apport restreint de maïs en grain (limité à moins de 1% de la ration).
- Et les concentrés, utilisés notamment pour la production laitière

Le total de la ration doit couvrir les besoins en matière sèche, en matière sèche digestible (TDN) et en matière protéinique digestible (DCP).

L'exploitant choisit chaque saison son mode de valorisation soit pour la viande soit pour le lait. Il part avec un stock initial dont on suit la démographie en fonction des achats, des ventes, du taux de mortalité (en fonction de l'âge) et du taux de reproduction des vaches.

Chaque exploitant possède en général 1-2 chevaux pour assurer les travaux de traction animale. Il s'agit davantage d'un équipement de traction qu'un élevage en soi. Dès lors on ne prend pas en compte la dynamique du troupeau.

Enfin, les exploitants pratiquent généralement un petit élevage de volaille et de porc, dédiés essentiellement à l'autoconsommation mais dont le surplus est commercialisé. Cet élevage conditionne en partie la superficie allouée à la culture du maïs. Par simplification, on suppose un stock constant d'animaux sur l'exploitation, dont une partie est exploitée chaque saison pour l'autoconsommation et la vente. Les besoins de ces animaux sont couverts par le maïs produit et/ou acheté sur le marché.

4.3. Processus de décision

On suppose que chaque année, l'exploitant décide de son système de culture en fonction des besoins des animaux et des besoins du ménage (notamment en manioc et riz). Il peut faire évoluer son troupeau chaque saison par des décisions d'achat ou de vente à tous les stades physiologique du troupeau bovin.

Généralement la décision d'investissement dans l'élevage bovin excède l'année. Dès lors a été développé un modèle dynamique et récursif sur un horizon de planification de 5 ans.

Les principales contraintes décisionnelles au niveau du ménage concernent :

- 1) l'allocation du travail entre le système de culture, le système d'élevage ou une activité non agricole,
- 2) la trésorerie avec la possibilité de recours au crédit annuel PRONAF.
- 3) Et la satisfaction des besoins alimentaire du ménage (notamment avec le manioc et le riz)

Le producteur cherche à maximiser une fonction de revenu net qui tient compte de la variation de stock sur les produits cultureux et les animaux.

Par souci de simplification, on n'a pas introduit de contraintes relatives au risque. Ceci pourrait faire l'objet d'une analyse plus détaillée au niveau des systèmes étudiés que ce soit par rapport aux techniques culturales étudiées que par rapport à l'intégration agriculture-élevage, au-delà du comportement psychologique des exploitants par rapport au risque.

5. PLAN DE TRAVAIL POUR LE STAGE

5.1. Validation du modèle

Vu le temps restant, l'idée de la validation est de retrouver les principales logiques relatives aux choix techniques sur les cultures et aux processus d'exploitation du troupeau bovin. Il ne s'agit en aucun cas de retrouver les données recueillies dans l'enquête pour les 6 exploitations. Ce processus de validation serait trop long à conduire. Il demande de nombreux aller retours sur le terrain qu'il est difficile d'envisager dans le temps restant. Donc, dans la validation proposée, on cherche à représenter non des exploitations mais davantage des types d'exploitation tels que définis par leur orientation élevage et choix technique.

Ce processus de validation pourra être complété par la suite pour tester à la fois le degré de représentativité (écart entre la simulation du modèle sans changement et les données d'enquête) mais aussi la stabilité du modèle sur l'horizon de planification.

5.2. Plan d'analyse du comportement des producteurs

Il est proposé de restreindre l'analyse des résultats sur trois scénarios :

- le scénario de référence (sans changement) : il s'agit alors d'analyser les logiques de fonctionnement des exploitations type et de comprendre les choix techniques relatifs aux cultures en fonction des orientations prises sur l'élevage bovin mais aussi la pluriactivité ;
- scénario de simulation avec introduction des plantes de couverture : dans ce scénario, est introduit la possibilité technique de mettre en place des plantes de couverture après un maïs. Il s'agit alors de comprendre les choix de l'adoption ou non adoption de la technologie entre les différents types d'exploitation. Une attention particulière sera accordée au rôle de la plante de couverture dans le système d'affouragement des animaux.
- scénario de simulation avec introduction des plantes de couverture et mesures d'accompagnement: dans ce scénario, est introduit la possibilité technique de mettre en place des plantes de couverture

après un maïs avec un appui financier incitatif (sous forme de crédit). Ainsi dans ce scénario, on peut envisager des tests de sensibilité : à savoir à partir de quel niveau de soutien les exploitants adopteraient cette technique.

Il est à noter que le stage a fait l'objet d'un important travail de rassemblement de données technico-économiques sur les différentes techniques culturales comme conduite du cheptel, qui pourrait être valorisé au niveau du mémoire de stage.

6. CONCLUSION

Cette mission a permis de développer le cadre du modèle de programmation linéaire. Une attention particulière a été portée à l'intégration du système de culture et du système d'élevage au travers des fonctions d'alimentation mais aussi des contraintes de travail. Le modèle développé permet de comprendre le fonctionnement global de l'exploitation et de simuler l'introduction de plantes de couverture telles que le *Cajanus cajan* ou le *Brachiaria* dans le système.

Un travail important de simplification du système a été réalisé en vue de faciliter le calibrage et l'exploitation des données du modèle dans le cadre du stage.

Il est important de noter que ce travail montre des liens intéressants qui pourraient se nouer entre l'UMR System et l'UR Système d'élevage sur un questionnement sur la durabilité des systèmes au travers de l'intégration agriculture-élevage.

Remerciements

Je tiens à remercier Eric Scopel pour son accompagnement sur le terrain pour comprendre les systèmes étudiés, ses conseils et appuis dans le développement du modèle et son hospitalité, Stéphanie Alvarez pour son travail assidu pour avancer dans l'élaboration du modèle, ainsi que les producteurs qui nous ont accueillis.

Listes des personnes rencontrées

- Eric Scopel, UMR System, Brasilia
- Stéphanie Alvarez, Stagiaire ENSAM
- Davi, assistant au projet Embrapa
- Le Alexander, exploitant viande
- Genilson, exploitant laitier
- Zé Alecho, Exploitant en phase de démarrage d'une activité d'élevage