



## **Communications présentées lors de l'atelier**

**Evaluation des impacts des innovations dans les systèmes de  
production et territoires agro-pastoraux d'Afrique de  
l'Ouest :  
Quelles méthodes, Quels indicateurs ?**

**Ouagadougou, 1-4 décembre 2009**

**Nadine Andrieu, Coordonnateur scientifique**

# Remerciements

Merci aux membres des comités scientifique et d'organisation pour leur contributions diverses depuis plusieurs mois : Jean César, Eduardo Chia, Patrick Dugue, Jean-Luc Hofs, Philippe Solano et Eric Vall pour leurs relectures et suivi du montage de l'atelier, Caroline Congo pour la conception et la diffusion des annonces, Micheline Ilboudo pour la conception du site web, Jacqueline Badolo et Sylvie Palenfo pour la gestion administrative, Ritha Vall pour la conception des kits, Bouyer Jeremy, Abdoulaye Gouro, Augustin Kanwe, Michel Partiot, et Eric Vall pour leur appui à l'organisation.

Nadine Andrieu

**Tableau I : Liste des membres du comité scientifique**

Nom	Fonction	Etablissement de rattachement
Andrieu Nadine	Chercheur	CIRAD
Cesar Jean	Chercheur	CIRAD
Chia Eduardo	Chercheur	INRA
Dugue Patrick	Chercheur	CIRAD
Solano Philippe	Chercheur	IRD
Vall Eric	Chercheur	CIRAD

**Tableau II : Liste des membres du comité d'organisation**

Nom	Fonction	Etablissement de rattachement
Andrieu Nadine	Chercheur	CIRAD
Bouyer Jeremy	Chercheur	CIRAD
Badolo Jacqueline	Comptable Cirad	CIRAD
Congo Caroline	Attachée de communication	CIRDES
Gouro Abdoulaye	Directeur Général	CIRDES
Ilboudo Micheline	Cellule informatique	CIRDES
Kanwe Augustin	Chercheur – Chef d'unité	CIRDES
Palenfo Sylvie	Secrétaire	CIRAD
Vall Eric	Chercheur	CIRAD
Vall Ritha	Assistante de gestion	CIRAD

# Sommaire

## Introduction Générale

### **Thème 1 : Analyse des échecs et succès dans l'adoption des innovations en Afrique de l'Ouest**

<i>Analyse des causes du faible taux d'adoption et de réussite de l'insémination artificielle animale en zone sylvopastorale et dans le Bassin arachidier au Sénégal.....</i>	<i>7</i>
<i>Adoption du pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso .....</i>	<i>19</i>
<i>Facteurs d'adoption des foyers améliorés en zone Soudano-Sahélienne d'Afrique Centrale ...</i>	<i>37</i>
<i>Les déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion hydrique des sols en zone cotonnière du Cameroun .....</i>	<i>47</i>

### **Thème 2 : Indicateurs d'évaluation socio-anthropologique**

<i>La recherche-action-en-partenariat : .....</i>	<i>59</i>
<i>Innover c'est trop dur ! .....</i>	<i>59</i>
<i>En amont de l'évaluation des innovations, une méthode socio-anthropologique .....</i>	<i>74</i>
<i>Sciences sociales et indicateurs d'évaluation d'actions du développement : cas de l'Association pour le développement de Sien (ADESI) .....</i>	<i>84</i>
<i>Quels dispositifs pour assurer durablement les services aux agriculteurs du Nord Cameroun ? .....</i>	<i>95</i>
<i>Innovations technologiques et organisationnelles et relations de pouvoir dans les systèmes de production pastorale au Mali : Dynamique des acteurs de la filière laitière périurbaine de Bamako .....</i>	<i>105</i>

### **Thème 3 : Revue critique des méthodes d'évaluation des innovations dans les projets en cours en Afrique de l'Ouest**

<i>Evaluation d'impact et adoption d'une innovation agropastorale : Cas de l'introduction du <i>Mucuna deeringiana</i>, légumineuse à double fin (fertilité, fourrage) .....</i>	<i>116</i>
<i>Replacer les innovations et leurs impacts dans le cadre plus général des stratégies adaptatives des ménages agricoles. ....</i>	<i>132</i>
<i>Evaluation de l'intérêt d'un modèle de simulation du fonctionnement de l'exploitation comme outils d'évaluation d'innovations – Cas de l'embouche bovine .....</i>	<i>145</i>

### **Thème 4 : Méthodes d'évaluation multicritères et multi-échelles en Afrique de l'Ouest**

<i>Introduction aux communications du thème 4 « Méthodes d'évaluation multicritères et multi échelle en Afrique de l'Ouest ».....</i>	<i>155</i>
---	------------

<i>Comment évaluer un processus innovant ? Cas de l'utilisation raisonnée de fumure organique au champ.....</i>	<i>167</i>
<i>Evaluation Participative du Potentiel d'Adoption et de la Durabilité des Innovations de Recherche en Pré-vulgarisation: Méthodes et Application au Sud du Togo.....</i>	<i>183</i>
<i>Evaluation ex-ante de la prévision saisonnière en petit paysannat burkinabè.....</i>	<i>196</i>
<i>Prise en compte des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre dans la conception des systèmes d'élevage innovants .....</i>	<i>204</i>

# Introduction Générale

## Contexte

Dans les territoires agropastoraux d'Afrique de l'Ouest, malgré les investissements importants de la recherche nationale ou internationale force est de constater que le niveau de production des exploitations d'agriculture et d'élevage ne permet pas de couvrir les besoins croissants des communautés rurales. Les aléas économiques et climatiques, le manque d'infrastructures ou de structuration des filières sont autant de facteurs explicatifs. Néanmoins il convient de s'interroger sur les dispositifs mis en œuvre par la recherche pour évaluer ses propositions afin d'améliorer leur adéquation avec les besoins des populations rurales. Parallèlement la mise en œuvre d'une méthode d'évaluation des impacts des propositions de la recherche est devenue un critère de choix pour les principaux bailleurs de fonds.

## Objectif général

Contribuer à l'amélioration des méthodes d'évaluation des innovations (génétiques, techniques, méthodologiques, organisationnelles...) visant à augmenter le niveau de production des exploitations d'agriculture et d'élevage

## Objectifs spécifiques

- Analyser les facteurs d'échec ou de réussite de quelques innovations afin d'en tirer des enseignements pour la conception de méthodes d'évaluation pertinentes
- Analyser différentes méthodes d'évaluation des innovations actuellement mise en œuvre en Afrique de l'Ouest
- Analyser des méthodes d'évaluation des innovations tenant compte de plusieurs échelles spatiales et de plusieurs disciplines
- Proposer une aide à la sélection d'indicateurs pertinents en fonction de la nature de l'innovation et de son environnement d'inclusion

## Thème 1 : Analyse des échecs et succès dans l'adoption des innovations en Afrique de l'Ouest

Un certain nombre de propositions de recherche testées avec succès en situation contrôlée ont connu un taux d'adoption limité sur le terrain. D'autres ont connu au contraire des taux d'adoption élevés. Les communications acceptées seront celles permettant de répondre à la question suivante : comment à partir de l'analyse des facteurs de réussite ou non d'une innovation donnée élaborer des méthodes et indicateurs d'évaluation pertinents ?

## Thème 2 : Indicateurs d'évaluation socio-anthropologique

L'impact limité des propositions de la recherche est souvent lié à une prise en compte insuffisante des dimensions sociales des systèmes étudiés. Les communications acceptées seront celles traitant des questions suivantes :

Comment transformer les savoirs locaux en indicateurs d'évaluation ? Comment évaluer des innovations organisationnelles (conventions locales, cadres de concertation, démarches de conseil...) ?

## Thème 3 : Revue critique des méthodes d'évaluation des innovations dans les projets en cours en Afrique de l'Ouest

Un certain nombre de projets en cours mettent en œuvre des démarches d'évaluation afin d'évaluer les impacts de leurs activités, améliorer le processus de conception d'innovation ou tout simplement répondre aux exigences des bailleurs de fonds. Les communications acceptées seront celles présentant des méthodes d'évaluation innovantes et/ou récemment mises en œuvre sur différents terrains d'Afrique de l'Ouest.

## Thème 4 : Méthodes d'évaluation multicritères et multi-échelles en Afrique de l'Ouest

L'évaluation mono disciplinaire des innovations a montré ses limites et cela à plus forte raison en Afrique de l'Ouest où les systèmes de production sont particulièrement vulnérables aux risques environnementaux et où les sphères techniques, économiques et sociales s'entremêlent. De même les impacts d'une innovation peuvent être mesurés à une échelle spatiale dépassant son unité de mise en œuvre (la parcelle, l'animal, l'exploitation) compte tenu des relations d'échange entre les communautés rurales, des modes de gestion ou des processus de dégradation des ressources naturelles. Les contributions acceptées seront celles proposant des méthodes d'analyses multicritères et/ou multi-échelles des innovations.

# Introduction aux communications du thème 4 « Méthodes d'évaluation multicritères et multi échelle en Afrique de l'Ouest »

Damart Sébastien\*

\*DRM, M-Lab – CNAM - 292, rue Saint-Martin - 75141 Paris - FRANCE  
e-mail : [sebastien.damart@cnam.fr](mailto:sebastien.damart@cnam.fr)

## *Liste des communications du thème :*

BLANCHARD M., KOUTOU M., VALL E., BOGNINI S., Comment évaluer un processus d'innovation ? Cas de l'utilisation raisonnée de fumure organique au champ (désigné ensuite par Blanchard et al., 2009)

DABIRE W.P.I., BARBIER B., SAVADOGO K., Evaluation ex-ante de la prévision saisonnière en petit paysannat burkinabè (désigné ensuite par Dabiré et al., 2009)

DEFFO V., HOUNTANGBE-ADOTE S., MALIKI R., OULD FERROUKH H.H.M., Evaluation Participative du Potentiel d'Adoption et de la Durabilité des Innovations de Recherche en Pré-vulgarisation: Méthodes et Application au Sud du Togo (désigné ensuite par Deffo et al., 2009)

VAYSSIÈRES J., VIGNE M., THEVENOT M., CANO M., BROU R., BELLINO E., DIACONO E., TILLARD P., LECOMTE P., Prise en compte des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre dans la conception des systèmes d'élevage innovants (désigné ensuite par Vayssières et al., 2009)

## 1. Introduction

Les communications présentées dans le cadre du thème « Méthodes d'évaluation multicritères et multi échelles en Afrique de l'Ouest » de l'atelier sur « l'évaluation des impacts dans les systèmes de production et les territoires agropastoraux d'Afrique de l'Ouest » ont en commun de traiter des questions méthodologiques liées de l'évaluation de systèmes de production agricole.

La communication de Blanchard et al. (2009), traite de la concurrence entre activité agricole et activité d'élevage. L'évaluation concerne les solutions de production de fumures organiques et s'appuie sur la méthodologie dite du budget partiel, en grande partie inspirée des méthodes d'analyse coûts avantages (cf. ensuite). Le travail de Dabiré et al. (2009) porte sur l'évaluation des combinaisons de cultures pour déterminer grâce à une modélisation de programmation linéaire une solution optimale, maximisant le revenu et ce pour différents scénarii. L'article de Vayssières et al. (2009) décrit une recherche portant sur la comparaison de productions agricoles et d'élevage par la méthode de l'analyse du cycle de vie. Enfin, la communication de Deffo et al. (2009) présente l'application d'une démarche participative d'évaluation de différentes innovations de recherche sur la base de plusieurs indicateurs.

Si les chercheurs, auteurs dans le thème de l'atelier, s'intéressent effectivement tous à la question de l'évaluation d'objets liés directement ou non à la politique agricole, nous constatons une relative

diversité des méthodologies d'évaluation mises en avant, des concepts structurants mobilisés et des objets du processus d'évaluation.

Par ailleurs, il est frappant d'observer que deux de ces travaux font explicitement le choix de faire porter une évaluation d'objets complexes sur des indicateurs multiples tandis que la notion de critères multiples est plus implicite dans les deux autres travaux<sup>22</sup>. Ils s'inscrivent dans ce sens, dans une tradition de recherche importante : l'aide multicritère à la décision<sup>23</sup>.

Les approches multicritères désignent un ensemble de méthodologies mises en oeuvre pour éclairer diverses problématiques décisionnelles ou d'évaluation. Ces méthodologies ont en commun de toujours chercher à modéliser les dimensions multiples d'une réalité ou d'une classe de phénomènes. Elles sont généralement utilisées dans le cadre de problématiques d'aide à la décision, mais plus généralement dans le cadre de problématiques d'aide à l'évaluation.

Les méthodes multicritères d'aide à la décision ont pour la plupart été élaborées ces quatre dernières décennies (plus généralement, « l'aide à la décision » est avec certitude héritière des travaux en recherche opérationnelle née pendant la seconde guerre mondiale sur des problématiques essentiellement militaires, cf. Ackoff, 1979 ou Bouyssou, 2003). Deux repères historiques nous semblent importants à mentionner pour introduire les approches multicritères : 1966, une note interne de la SEMA par Bernard Roy présente la méthode qui plus tard portera le nom d'ELECTRE et 1976, date de publication de l'ouvrage de référence de Ralph Keeney et Howard Raiffa. Ces deux dates comptent pour expliquer le développement par la suite de deux grandes classes d'approches multicritères aux fondements sensiblement éloignés. Ces deux grandes classes correspondent approximativement à deux écoles : une école et une tradition dans la lignée des méthodes de type ELECTRE et une école et une tradition (plutôt anglosaxone) dans la poursuite des travaux de Keeney et Raiffa.

L'objectif de cette communication introductive est de proposer un cadrage conceptuel et méthodologique dans lequel les communications du thème pourraient prendre place. Nous tenterons à plusieurs reprises d'inscrire très explicitement chacune des quatre communications dans les différentes composantes du cadre proposé. Un premier temps de l'exposé sera consacré à la présentation des principes fondamentaux communs à la plupart des approches multicritères. Nous proposons une classification des méthodes multicritères et nous situons les quatre communications dans les classes ainsi identifiées. Dans un second temps, nous montrons par quelques illustrations, comment les approches multicritères précédemment évoquées sont utilisables dans le domaine très général de la gestion des ressources naturelles (nous incluons dans cette expression, le domaine de la gestion environnementale et le domaine de la gestion de systèmes de production agricole complexes). Enfin, dans un troisième et dernier temps, nous insistons sur les apports et les limites des méthodes multicritères pour traiter la question de l'évaluation des politiques de gestion des ressources naturelles.

## 2. Proposition d'une classification des approches multicritères

Les approches monocritères ne font pas un recours explicite à différents points de vue pour éclairer une situation complexe. Généralement, des procédures complexes permettent de transformer toutes les

---

<sup>22</sup> Le travail de Dabiré et al. (2009) utilise une modélisation sous forme de programme linéaire. Cette modélisation ramène la recherche proposée plutôt du côté des approches monocritères, dont nous parlons succinctement ensuite. Le travail de Blanchard et al. (2009) conduit à un bilan économique et une monétarisation implicite des évaluations sur différents critères est réalisée.

<sup>23</sup> Nous choisissons délibérément de ne pas distinguer à ce stade de la communication évaluation et décision.

évaluations des conséquences des alternatives pour ne faire apparaître qu'un seul type d'échelle. C'est le cas en particulier des méthodes fondées sur l'analyse coûts avantages dont s'inspire très probablement la méthode du budget partiel utilisée dans Blanchard et al. (2009). L'une des particularités des méthodologies de ce type est de parvenir à faire apparaître un optimum (c'est le terme d'ailleurs utilisé dans Dabiré et al. (2009) qui utilise une modélisation sous forme de programme linéaire) (lire également Damart et Roy, 2009).

Le cadre conceptuel de base des approches multicritères est relativement identique d'une méthode à l'autre. Dans ces méthodes, des objets appelés actions (on parle dans certains contextes de scénarii, d'alternatives, etc.) sont évalués sur plusieurs critères et une procédure d'agrégation multicritère permet de comparer ces actions entre elles ou de les comparer avec des actions de référence. Les évaluations des actions sur les critères peuvent être de même type (mêmes unités, mêmes échelles, etc.) ou très différentes. Certaines échelles utilisées pour l'évaluation d'actions sont de nature qualitative<sup>24</sup> non numérique. D'autres sont des échelles numériques aux propriétés diverses que nous n'énumérerons pas ici. Naturellement, la forme de la procédure d'agrégation est liée aux propriétés des critères.

Nous distinguons traditionnellement deux grandes classes de procédures d'agrégation multicritère : les procédures fondées sur la construction d'un critère unique de synthèse d'une part et les procédures fondées sur la construction d'une relation de synthèse d'autre part.

## **2.1. Les procédures d'agrégation multicritères fondées sur l'élaboration d'un critère unique de synthèse**

Le premier type de procédure consiste à agréger en un unique critère une famille de critères clairement explicités. Les outils qui s'appuient sur une telle agrégation diffèrent évidemment sur les techniques d'agrégation mobilisées et la fonction d'agrégation utilisée. Mais ils diffèrent également sur la nature de l'information inter critère prise en compte à côté de l'évaluation des actions sur les différents critères agrégés. Enfin, ils peuvent également différer de par le pouvoir discriminant éventuellement accordé au critère de synthèse.

L'approche MAUT (Multi Attribute Utility Theory) introduite par Keeney et Raiffa (1976) est basée sur l'affectation d'un niveau d'utilité à la performance d'une action sur un critère. Il s'agit d'une utilité au sens de Von Neumann Morgenstern reposant sur une prise en compte probabiliste de la mauvaise connaissance et reflétant l'attitude face au risque. Les évaluations d'une action sur chacun des critères prennent ici la forme d'une espérance d'utilité. Celles-ci se situent toutes sur une échelle commune et cela même si à l'origine certains des critères font intervenir des appréciations qualitatives pourvu qu'elles se situent sur une échelle aux propriétés particulières (échelle dite ordinale). Il découle de la théorie que le critère de synthèse ne peut prendre que deux formes analytiques : additive ou multiplicative. Celles-ci font intervenir des constantes d'échelle (qui ne peuvent être assimilées à des poids) mais qui servent à différencier le rôle dévolu à chacun des critères. Pour attribuer des valeurs numériques à ces constantes, il faut passer par un protocole d'interrogation de l'acteur dont on veut modéliser les préférences, protocole qui est complexe et assez lourd.

Dans le même esprit que l'approche MAUT, il convient de mentionner l'approche MAVT (Multi Attribute Value Theory) (Fishburn, 1970) qui affecte une valeur (qui n'est pas une utilité au sens de Von Neumann Morgenstern) prise sur une échelle commune à l'ensemble des évaluations des actions potentielles sur chacun des critères agrégés. A titre illustratif, VISA est une méthode qui mobilise de façon très simplifiée une telle procédure (Belton, 1985 et voir aussi Pictet et Belton, 2001). VISA intègre MAVT dans une interface visuelle et graphique qui rend part ailleurs l'outil très propice à la discussion et à l'échange. VISA, comme la plupart des techniques proposées dans la littérature

---

<sup>24</sup> Les travaux de Deffo et al. (2009) et Vayssières et al. (2009) illustrent relativement bien ce point.

scientifique pour construire un critère de synthèse, élabore un critère de type somme pondérée : l'évaluation globale d'une action s'obtenant comme une sommation d'évaluations partielles obtenues avec chaque critère après multiplication de celles-ci par un coefficient généralement appelé (de façon inappropriée : cf. Roy et Mousseau, 1996) poids. Ces poids sont en fait des taux de substitution. Pour que ceux-ci aient un sens, il est nécessaire que non seulement les évaluations partielles auxquelles ils s'appliquent soient numériques mais encore que celles-ci se situent sur des échelles aux propriétés particulières (échelle dite d'intervalle). Il n'y a aucune raison qu'il en soit toujours ainsi avec les évaluations concrètes susceptibles d'avoir un sens clair pour les acteurs. Il en est toutefois ainsi lorsque les évaluations partielles s'expriment dans la même unité monétaire. Lorsqu'il en est autrement (et en particulier lorsque certaines de ces évaluations sont qualitatives), une méthode spécialement intéressante a été mise au point par C. Bana e Costa et J.-C. Vansnick (1997 a et b) méthode dénommée MACBETH. En particulier, cette méthode permet de construire des échelles aux propriétés intéressantes (échelles cardinales) à partir d'une procédure de recueil des préférences adaptée et portant sur les différences d'attractivité entre les objets comparés..

Notons que pour la construction des échelles évoquées ci-dessus, il convient d'introduire des objets fictifs dont les évaluations sur les différents critères sont représentatives de niveaux 'acceptable' et 'satisfaisant'. L'introduction de ces niveaux est souvent vertueuse et permet d'éclairer des contextes d'évaluation complexes.

Signalons, l'existence de la méthode AHP (Analyse hiérarchique de Saaty, 1980) qui elle aussi a pour objet de construire un critère de synthèse de type somme pondérée. Elle a été conçue pour prendre en compte des évaluations qui peuvent être qualitative (sur échelle ordinale) pour toute ou partie des critères. Elle a donné lieu au développement de plusieurs logiciels très conviviaux. Ils ont été utilisés dans de nombreux contextes (environnementaux notamment). La procédure de T. Saaty (fondée sur les concepts de valeurs propres et vecteurs propres d'une matrice) a donné lieu à de très nombreuses critiques.

## **2.2. Les procédures d'agrégation multicritères fondées sur la construction d'une relation de synthèse**

Les approches multicritères fondées sur la construction de relations de synthèse permettent de mettre en jeu d'autres modélisations des systèmes de préférences des acteurs. Ces modélisations sont parfois plus riches. En particulier, elles permettent de mettre en évidence certaines difficultés de comparaison (existence d'incomparabilité de non transitivité) car, contrairement à la plupart des précédentes elles ne sont pas de nature compensatoire.

L'incomparabilité peut naître de situations dans lesquelles il n'y a ni suffisamment de raisons pour qu'il y ait de préférence d'une action sur l'autre ni suffisamment de raisons pour qu'il y ait de l'indifférence entre les deux.

Avec ce deuxième type d'outil (citons sans être exhaustif, les méthodes PROMETHEE ou ELECTRE), les actions sont comparées paires par paires. Cette comparaison a pour objet de tester pour chaque paire (a, b) d'actions s'il est ou non justifié de valider une assertion de type « a n'est pas pire que b ». Cette justification repose sur des concepts de concordance et dans certains cas de non discordance ; ces concepts sont inspirés des procédures de vote respectivement avec une idée de majorité requise et d'absence de veto (cf. Roy et Bouyssou, 1993 et Vincke, 1989). Pour différencier le rôle dévolu à chaque critère des coefficients d'importance sont introduits. Ils s'interprètent ici clairement comme des poids (cf. Roy et Mousseau, 1996). Ces méthodes se différencient notamment par la problématique dans laquelle l'aide est envisagée (choix, tri, rangement, cf. ci-dessous). Selon les problématiques servies, différentes figures de restitution peuvent être utilisées (différents logiciels implémentent ces méthodes) : graphes de surclassement, tri des objets sur différentes catégories, etc.

Selon Roy (1985), il est possible de concevoir quatre problématiques de l'aide multicritère à la décision : la problématique du choix (ou problématique  $\alpha$ ), la problématique du tri (ou problématique  $\beta$ ), la problématique du rangement (ou problématique  $\gamma$ ) et enfin la problématique de la description (ou problématique  $\delta$ ).

La problématique du choix consiste en la détermination d'un sous-ensemble d'actions potentielles (ou alternatives) aussi restreint que possible et devant contenir les « meilleures » actions. Elle s'appuie pour cela sur des procédures de sélection. La problématique du tri vise à l'affectation de chacune des actions potentielles dans une catégorie définie a priori en fonction des propriétés (« normes ») associée à la catégorie. Dans une problématique du rangement l'aide à la décision vise à ranger des actions éventuellement regroupées en classes d'équivalence de la plus satisfaisante à la moins satisfaisante. Enfin la problématique de la description est une description dans un « langage approprié » des actions et de leur évaluation sur éventuellement plusieurs critères.

Que ce soit PROMETHEE I, II ou III, ELECTRE IS, II, III ou IV, ELECTRE TRI et quelques autres, ces méthodes ont déjà donné lieu à de très nombreuses publications (cf. bibliographie).

### 3. Applications liées à la gestion des ressources naturelles

La gestion de ressources naturelles (environnement et agriculture) a très souvent été un thème d'application des méthodes multicritères. Différentes problématiques ont été investiguées grâce à l'utilisation de méthodes multicritères de différents types : gestion d'une ressource rare (l'eau en particulier), mise en place d'infrastructures polluantes, etc. Ci-dessous, un tableau indique quelques références (rappelées et complétées en bibliographie), le type de problématique concernée par les travaux et les méthodologies multicritères mobilisées:

Référence	Problématique	Références méthodologiques multicritères
Marchi et al. (2000)	Gestion de l'eau	NAIADE
Messner et al. (2008)	Gestion de l'eau	-
Norese (2008)	Localisation de sites de traitement des déchets ménagers	ELECTRE III
Hermans et al. (2008)	Canalisation du cours d'une rivière	PROMETHEE
Strager et Rosenberg (2006)	Préservation d'un territoire rural de l'expansion urbaine	AHP
Sheppard et Meitner (2004)	Gestion de domaines forestiers	-
Mustajoki et al. (2004)	Gestion des utilisations multiples d'un lac	MAVT, AHP
Mendoza et Prabhu (2004)	Gestion de domaines forestiers	Belton et Stewart (2001)
Adrianto et al. (2005)	Gestion de la pêche durable	AHP
Salgado et al. (2006)	Gestion de l'eau	NAIADE

Citons également Rey et al. (2007). Il s'agit d'un travail portant sur la mise en place d'un observatoire de l'étang de Thau dans le sud de la France et qui mobilise partiellement une méthodologie multicritère de type ELECTRE TRI. Nous décrivons brièvement cette application.

L'étang de Thau est un territoire sensible. De nombreuses activités de l'homme y ont un impact fort sur l'environnement et le partage de la ressource environnementale y est donc problématique (différentes activités de pêche, loisir, etc.). Il y a plusieurs années, un programme de mise en place

d'un observatoire du territoire a été décidé ayant pour vocation d'éclairer dans une logique de développement durable les impacts des différentes activités sur l'étang.

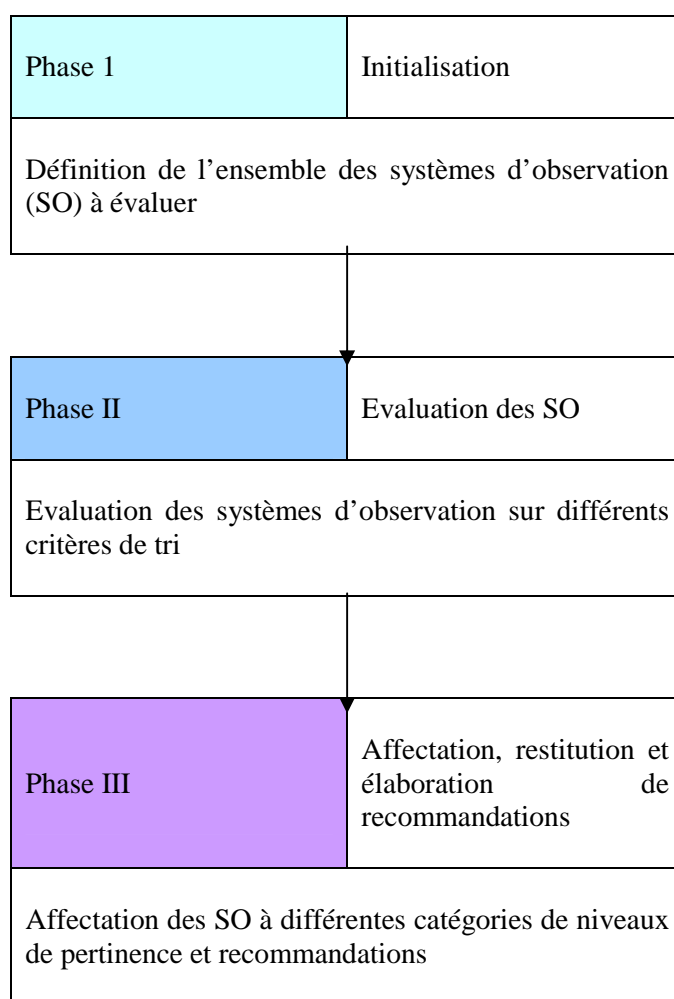
Un groupe de travail a été formé ayant comme objectif la mise en place d'une démarche participative de sélection d'indicateurs de développement durable constitutif d'un tableau de bord du territoire.

Les exigences du développement durable d'une part et la complexité des chaînes d'impacts des activités humaines sur l'environnement (sur l'étang de Thau) d'autre part conduisent à retenir potentiellement un très grand nombre d'indicateurs relevant des domaines écologique, économique, social et institutionnel.

Dans le cadre du programme PNEC: chantier lagunes méditerranéennes, plusieurs recherches ont permis d'identifier deux volets d'indicateurs. Un premier a été défini à partir de la construction par des chercheurs d'une matrice d'interactions qui met en relation les activités liées à la lagune ou à l'économie locale d'une part et les types d'impacts de ces activités sur l'étang de Thau d'autre part. Un second volet d'indicateurs a été construit à partir essentiellement d'enquêtes de perception.

Ces différents volets constituent une base d'indicateurs importante. L'objectif de la mise en œuvre d'une méthodologie multicritère a été de donner des recommandations utiles à l'élaboration d'un système d'information à partir de cette base d'indicateurs relativement exhaustive.

La méthodologie a été mise en œuvre en respectant l'organisation et le phasage suivant :



Différentes combinaisons possibles des indicateurs de la base évoquées plus haut ont été identifiées (phase 1) comme étant pertinentes (en fait, il existe un très grand nombre de combinaisons possibles : un groupe d'expert a restreint à quelques unes seulement).

Ces combinaisons, également appelées système d'observation, ont ensuite été évaluées sur plusieurs critères indiqués dans le tableau ci-dessous :

<b>Critères</b>	<b>Description</b>
Comparabilité à l'échelle intra et inter territoriale	Critère évaluant chaque SO par une note comprise entre 1 et 4 la possibilité de se servir du SO pour des comparaisons à des échelles territoriales différentes.
La pertinence par rapport aux particularités du territoire de Thau qui renvoie à une notion de la légitimité, au sens de la cohérence pour le territoire	Critère évaluant chaque SO par une note comprise entre 1 et 4.
La compréhensibilité et la transparence au vu du public visé	Critère évaluant chaque SO par une note comprise entre 1 et 4.
La facilité de mesure (point de vue technique, financier, etc.) et donc de collecte des données	Critère évaluant chaque SO par une note comprise entre 1 et 4. L'évaluation des SO sur ces critères a été réalisée par un sous-groupe restreint de participants pour des raisons techniques et d'organisation.

L'évaluation des différents systèmes d'observation (phase 2) et l'utilisation d'une méthode d'agrégation de type ELECTRE (ELECTRE TRI) a permis d'affecter les différentes alternatives à différentes catégories permettant alors d'établir des recommandations sur le choix d'une combinaison d'indicateurs constituant l'outil privilégié de l'observatoire (phase 3). Une des particularités de cette démarche a été l'implication importante d'acteurs experts et de parties prenantes dans l'évaluation des différents systèmes d'observation.

Formellement, dans cette étude, l'approche multicritère a donc été utilisée dans le but d'éclairer une décision portant sur la **conception d'un outil d'observation** d'un territoire et de ses caractéristiques environnementales et **non une décision entraînant directement des conséquences sur le milieu.**

D'autres applications mobilisent les approches multicritères pour aider à agréger une information environnementale multidimensionnelle complexe sur un territoire. Nous citons par exemple Joerin (1998) ou Joerin et Rondier (2007). Nous évoquons également le travail sur une problématique connexe d'aide à la conception de tarifs pour le transport public en Ile-de-France présenté dans Damart (2003). En particulier, cette étude a conduit à montrer comment recourir à une méthodologie multicritère pour agréger différentes caractéristiques de zones composant un territoire afin de les comparer entre elles (en terme d'accessibilité au réseau de transport).

## 4. Utilisation des approches multicritères pour l'évaluation de politiques agricoles : apports et limites

### 4.1. Diversité des problématiques

Le premier apport des approches multicritères est incontestablement la possibilité de les utiliser dans un grand nombre de contextes de gestion environnementale. Nous en avons évoqués quelques-uns à la section précédente.

Ci-dessous, nous dressons une liste non exhaustive des types d'aide dont une approche multicritère peut être le support :

- Aide au rangement d'alternatives de modes de production agricole,
- Aide à la cartographie de zones environnementales sensibles (zones inondables, zones à écosystème fragile, etc.)
- Aide au choix de sites pour des installations sensibles (sites d'élevage polluant ou site de traitement de déchets ménagers)
- Aide à la conception et au choix de politiques de gestion de l'eau
- Aide à l'évaluation et au choix de scénarii de planification de l'utilisation de ressources forestières
- Aide à l'élaboration de politiques durables de la pêche
- Aide à l'élaboration d'un tableau de bord environnemental cohérent par rapport à un système d'objectifs

## **4.2. Utilisation dans le cadre de démarches participatives**

Un certain nombre d'outils multicritères s'inscrivent avec pertinence dans le cadre de démarches de gestion concertée portant sur des questions agricoles et environnementales. Pour justifier ce point de vue, nous voudrions attirer l'attention sur les points suivants :

Il s'agit d'outils permettant de prendre en compte explicitement, sans recours à un formalisme excessif, plusieurs critères parfois de nature très différente. La comparaison paire par paire de projets ou d'alternatives (dans les méthodes de type ELECTRE notamment) peut être réalisée sur la base de l'évaluation de ces projets sur des critères quantitatifs et qualitatifs (pas avec toutes les méthodes néanmoins). Il est même possible de s'affranchir d'un recodage numérique pour les critères qualitatifs, ce qui peut être utile pour la prise en compte de critères difficilement quantifiables ;

La quantité d'information préférentielle et de paramètres qui permettent de faire fonctionner de tels outils est peu importante, si bien que la part d'arbitraire nécessairement contenue dans tout outil d'aide à la décision est dans ce cas limitée et le dialogue avec les différents acteurs de la démarche est facilité ;

La pratique de l'aide multicritère à la décision peut être aisément appropriée par de multiples acteurs, y compris ceux qui n'en sont pas experts. De ce point de vue, elle constitue ainsi un outil sur lequel s'appuyer pour structurer une concertation et un débat.

Dans certaines méthodes d'aide multicritère à la décision, l'agrégation des différents points de vue pour comparer deux alternatives fait intervenir non seulement la position de ceux qui expriment une opinion majoritaire (compte tenu d'une pondération des points de vue) mais aussi celle de ceux qui sont minoritaires lorsqu'ils sont en forte opposition (possibilité de veto). On peut voir là un principe de démocratie raisonnée apte à contribuer à mieux légitimer les décisions.

Par ailleurs, dans une perspective de concertation, la possibilité avec les approches fondées sur la construction de relations de synthèse de modéliser de l'incomparabilité et de la non compensation entre critères (cf. précédemment) peuvent être tout à fait essentiels et ce pour plusieurs raisons.

En premier lieu, si a priori l'incomparabilité ne paraît pas vraiment être une relation très fertile et si a priori, elle ne permet pas de faire progresser la réflexion sur la comparaison de deux alternatives, elle est certainement un indice qui indique qu'il faut peut être revenir sur la définition des actions potentielles ou sur la façon de procéder à leur évaluation. L'incomparabilité engage ainsi à la discussion et ceci favorise la concertation.

En second lieu, les phénomènes de compensation masquent, par définition, les forts conflits entre critères et donc entre points de vue. La mauvaise performance d'une action sur un critère (l'environnement par exemple) est compensée par sa bonne performance sur un autre critère (économique par exemple). Les différences de points de vue sont lissées et pour peu que la fonction d'agrégation multicritère utilisée soit un peu obscure, il est fort à parier que le processus ne soit pas suffisamment accepté par tous les acteurs parties prenantes pour que la décision puisse en finalité être pleinement légitimée.

### **4.3. Contraintes liées à l'utilisation de méthodes multicritères pour tout processus d'évaluation ou d'aide à la décision**

La mise en œuvre d'une démarche multicritère conduit à se poser les questions suivantes :

#### **Quels objets souhaite-t-on évaluer ?**

Il est nécessaire d'identifier très clairement ce que l'on souhaite évaluer. Dans le cas de gestion d'une ressource rare, les objets de l'évaluation peuvent, par exemple, être des scénarii ou des choix stratégiques alternatifs.

Dans les contextes respectifs des communications du thème, les objets sont modes de production de produits agricoles (Blanchard et al., 2009), des combinaisons de cultures (Dabiré et al., 2009), de productions agricoles émettrice de gaz à effet de serre (Vayssières et., 2009) ou des innovations technologique agricole (Deffo et al., 2009).

Les objets sont multiples et si ce n'est pas le cas, alors le recours à une méthodologie multicritère peut ne pas avoir de pertinence.

#### **Que souhaite-t-on faire de cette évaluation ?**

Il s'agit d'identifier la problématique de l'évaluation portant sur les objets. Il est possible que la problématique soit un choix d'un objet parmi l'ensemble des objets ; par exemple, le choix de la meilleure technique de production d'un bien agricole parmi l'ensemble des techniques possibles.

Il est également possible de faire un rangement des différents objets ; par exemple, un rangement de modes de production depuis la plus respectueuse de l'environnement jusqu'à la moins respectueuse.

Il peut également être possible d'affecter les différents objets à différentes catégories ; par exemple, un classement de zones agricoles en fonction de leur fragilité.

#### **Sur quels critères souhaite-t-on faire cette évaluation ?**

Les objets sont évalués sur des critères. Ces critères sont multiples (une approche multicritère est sans objet sinon, naturellement). Ces critères peuvent être de natures très différentes selon la procédure

d'agrégation multicritère envisagée. Une moyenne pondérée implique de coder numériquement et avec quelques précautions formelles l'ensemble des critères. Le recours à une méthode de type ELECTRE par exemple ne nécessite pas un codage numérique systématique (des échelles qualitatives non numériques peuvent suffire, ce qui est un avantage certain).

### Quelle procédure d'agrégation doit-on choisir ?

En premier lieu, il faut indiquer que l'agrégation n'est pas une nécessité. Ainsi qu'évoqué plus haut, la seule évaluation d'objets sur des critères multiples peut suffire (en aide multicritère à la décision, il s'agit de la problématique de la description).

En second lieu, le choix de la procédure d'agrégation dépend du type de modélisation des préférences que l'on souhaite mobiliser. Ne pas souhaiter de compensation entre critères peut inviter à choisir une procédure d'agrégation multicritère fondée sur la construction d'une relation de synthèse, par exemple. La somme pondérée, procédure d'agrégation fondée sur la construction d'un critère unique de synthèse, conduit à compenser d'éventuelles mauvaises évaluations sur certains critères par de bonnes sur d'autres critères. La comparaison paire par paire selon une procédure d'agrégation ordinale (procédure fondée sur la construction d'une relation de synthèse) permet d'éviter les phénomènes de ce type. Dans certains contextes, ce type de propriété peut être recherché (par exemple, une mauvaise qualité environnementale d'une technique de production de fumures non compensable par un faible coût).

## Références<sup>25</sup>

- ACKOFF R.L., 1979, The future of Operational Research is past, *Journal of Operational Research Society*, 30, pp 93-104.
- ADRIANTO L., MATSUDA Y, SAKUMA Y., 2005, Assessing local sustainability of fisheries system: a multi-criteria participatory approach with the case of Yoron Island, Kagoshima prefecture, Japan, *Marine Policy*, Volume 29, Issue 1, pp 9-23.
- BANA E COSTA C., VANSNICK J.-C., 1997a, Applications of the Macbeth approach in the framework of an additive aggregation model, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, vol. 6, pp. 107-114.
- BANA E COSTA C., VANSNICK J.-C., 1997b, A Theoretical Framework for Measuring Attractiveness by a Categorical Based Technique (MACBETH), in Joao Climaco [1997], *Multicriteria Decision Analysis*, pp. 15-24, Springer.
- BELTON V., VICKERS S., 1989, V.I.S.A - VIM for MCDA, In A.G. Lockett and G. Islei, editors, 1989, *Improving decision making in organizations*, LNEMS 335, Berlin, pp 287-304, Springer-Verlag.
- BOUYSSOU D., 1989, Problèmes de construction de critères, *Cahier du LAMSADE n°91*, Université Paris-Dauphine.
- BOUYSSOU D., 2003, La crise de la recherche opérationnelle: 25 ans après, *Mathématiques et Sciences Humaines*.
- BOUYSSOU D., MARCHANT T., PIRLOT M., PERNY P., TSOUKIAS A., VINCKE Ph., 2000, *Evaluation and decision models: a critical perspective*, éd. Kluwer Academic, Dordrecht.
- BRANS J.-P., MARESCHAL B., 1990, The PROMETHEE methods for MCDM; the PROMCALC, GAIA and BANKADVISER software, in BANA E COSTA C.A. (éd.), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, éd. Springer Verlag.
- DAMART S., 2003, Une étude de la contribution des outils d'aide à la décision aux démarches de concertation. Le cas des décisions publiques de transport. Thèse de doctorat soutenue publiquement le 09 Décembre 2003 à l'université Paris Dauphine – Directeur de thèse : Bernard ROY.

---

<sup>25</sup> Figurent dans cette liste, les références citées dans le texte mais également, dans un souci de cadrage du thème, les références les plus importantes du champ de l'aide multicritère à la décision.

- DAMARTS., ROY B., 2009, The Uses of Cost Benefit Analysis in Public Transportation Decision-making in France, *Transport Policy*, n°16, pp. 200-212,
- HALDI P.A., FREI C., BEURSKENS L., SARLOS G., 2000, Comparative sustainability assessment of electricity, generating scenarios by a multicriteria approach, *51st Meeting of the European Working Group "Multicriteria Aid for Decisions"*, Madrid, March 30-31.
- HERMANS C., ERICKSON J., NOORDEWIER T., SHELDON A., KILNE M., in press, Collaborative environmental planning in river management : an application of multicriteria decision analysis in the White River watershed in Vermont, *Journal of Environmental Management*.
- JOERIN F., 1998, □□Décider sur le territoire : proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère, Thèse EPFL, no 1755 (1998). Dir.: André Musy.
- JOERIN F., RONDIER P., 2007, Indicateurs et décision territoriale : Pourquoi? Quand? Comment? In G. Sénécal, Les indicateurs socio-territoriaux et les métropoles, Québec, Presses de l'Université Laval.
- KEENEY R., RAIFFA H., 1976, Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, éd. John Wiley & Sons.
- LOSA F.B., PASQUIER-DORTHE J., 2001, Comment sortir de l'impasse ? Note pédagogique sur l'incomparabilité. Approche conceptuelle et à partir de cas, in AMCDA – *Aide Multicritère à la Décision (Multiple Criteria Decision Aiding)*, edited by A. Colomi, M. Paruccini, B. Roy, Joint Research Centre, EUR Report, The European Commission, pp. 178-189.
- MARCHI B.D., FUNTOWICZ S.O., CASCIO S.L., MUNDA G., 2000, Combining participative and institutional approaches with multicriteria evaluation. An empirical study for water issues in Troina, Sicily, *Ecological Economics* 34, pp 267-282.
- MAYSTRE L.-Y., BOLLINGER D., 1999, *Aide à la Négociation Multicritère*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- MENDOZA G., PRABHU R., 2006, Participatory modeling and analysis for sustainable forest management: Overview of soft system dynamics models and applications, *Forest Policy and Economics*, Volume 9, Issue 2, pp 179-196.
- MESSNER F., ZWIRNER O., KARTUSCHKE M., in press, Participation in multicriteria decision support for the resolution of a water allocation problem in the Spree River basin, *Land Use Policy*.
- MOLINES N., CHEVALLIER J.J., 2001, Système d'information géographique et analyse multicritère : une association novatrice au service du processus d'évaluation des grandes infrastructures linéaires, in AMCDA – *Aide Multicritère à la Décision (Multiple Criteria Decision Aiding)*, edited by A. Colomi, M.Paruccini, B. Roy, Joint Research Centre, EUR Report, The European Commission, pp. 190-207.
- MOUSSEAU V., ROY B., SOMMERLATT I., 2000, Elaboration d'un outil d'aide à la décision en vue de l'évolution de la tarification des transports publics en Ile de France, *Journal of Decision Systems*, vol. 9, n°2, pp 289-315.
- MUNDA, G., 1995, *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment Theory and Applications*. éd. Physika-Verlag,
- MUSTAJOKI J., HAMALAIEN R. P., MARTTUNEN M., 2004, Participatory multicriteria decision analysis with Web-HIPRE: a case of lake regulation policy, *Environmental Modelling & Software*, Volume 19, Issue 6, pp 537-547.
- NORESE M.F., in press, ELECTRE III as a support for participatory decision-making on the localisation of waste-treatment plants, *Land Use Policy*.
- REY-VALETTE H., DAMART, S., ROUSSEL S., 2007, A multicriteria participation based methodology for selecting sustainable development indicators : an incentive tool for concerted decision making beyond the diagnosis framework, *International Journal of Sustainable Development*, vol 10, n°1/2, pp 122-138
- ROY B., 1968, Classement et choix en présence de points de vue multiples (La méthode ELECTRE), *Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle*, vol. 2, n°8, mars 1968, pp 57-75.
- ROY B., 1985, *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*, Economica.
- ROY B., BOUYSSOU D., 1993, *Aide multicritère à la décision : Méthodes et cas*, Economica.

- ROY B., DAMART S., 2002, L'analyse coûts avantages, outil de concertation et de légitimation ?, *Metropolis*, n°108/109, pp 7-16.
- ROY B., MOUSSEAU V., 1996, A theoretical framework for analysing the notion of relative importance of criteria, *JMCDA*, vol. 5, 145-159.
- SALGADO P., QUINTANA S. C., PEREIRA A. G., DEL MORAL ITUARTE L., PEDREGAL MATEOS B., 2006, Participative multi-criteria analysis for the evaluation of water governance alternatives. A case in the Costa del Sol (Málaga), *Ecological Economics*, In Press, Corrected Proof, Available online 22 December 2006.
- SHEPPARD S., MEITNER M., 2005, Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups, *Forest Ecology and Management*, Volume 207, Issues 1-2, pp 171-187.
- STRAGER M. P., ROSENBERGER R. S., 2006, Incorporating stakeholder preferences for land conservation: Weights and measures in spatial MCA, *Ecological Economics*, Volume 58, Issue 1, pp 79-92.
- VINCKE Ph., 1989, *L'Aide Multicritère à la Décision*, Editions de l'Université de Bruxelles - Editions Ellipses, Bruxelles.

# Comment évaluer un processus innovant ?

## Cas de l'utilisation raisonnée de fumure organique au champ

Blanchard <sup>1</sup>M., Koutou <sup>2</sup>M., Vall <sup>1</sup>E., Bognini<sup>3</sup>S.

<sup>1</sup> CIRAD UPR Systèmes d'élevages, Montpellier, France, CIRDES, URPAN Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, [melanieblanchard@yahoo.com](mailto:melanieblanchard@yahoo.com)

<sup>2</sup> CIRDES URPAN, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

<sup>3</sup>PPC-Tuy, Houndé, Burkina Faso

### Résumé

La fertilité des zones cotonnières d'Afrique de l'ouest est soumise à des pressions agropastorales de plus en plus fortes. L'augmentation démographique, l'extension des surfaces cultivées au détriment de l'espace pastoral et le développement de l'élevage entraînent des menaces pour le maintien et le développement des activités agricoles et d'élevage. La sécurité alimentaire et les revenus agricoles sont incertains.

Le projet Fertipartenaires propose d'améliorer la gestion agropastorale de la fertilité des sols à travers une démarche de Recherche Action en Partenariat (RAP) impliquant les acteurs à toutes les étapes de recherche : diagnostic, recherche de solution, mise en œuvre et évaluation.

Une des activités du projet vise à co-concevoir des innovations pour améliorer la production de fumure organique (FO) tout en raisonnant son application au champ. Le processus innovant proposé comporte trois composantes successives : augmentation de la capacité de production de FO (répartition des fosses sur l'exploitation), production améliorée (compostage, fumier de fosse, conditions de décomposition) et application raisonnée de FO au champ (quantité de FO et d'engrais).

Afin d'évaluer les impacts de ces innovations sur les exploitations et leur dynamique locale, nous proposons une méthode participative d'évaluation en trois étapes. L'évaluation débute par une analyse, auprès des expérimentateurs, des résultats techniques et économiques de l'innovation (effets directs, bilan partiel 1). Elle se poursuit par une analyse de ses conséquences économiques, écologiques et sociologiques (effets indirects, bilan partiel 2). Chaque bilan partiel est présenté aux acteurs et les voies d'améliorations sont discutées. Elle s'achève par une analyse de sa dynamique (diffusion, adoption) au sein de la communauté locale (bilan final).

**Mots clés** : fertilité du sol, amendement organique, engrais, innovation agropastorale, évaluation de l'impact.

## 1. Introduction

Dans les zones cotonnières de l'Afrique de l'ouest, la problématique de la durabilité de la fertilité des sols est mise en avant par la recherche agricole depuis une cinquantaine d'années. L'augmentation démographique, le développement de la culture cotonnière et parallèlement de l'élevage ont provoqué une augmentation des pressions anthropiques qui remettent en cause les processus reconnus de renouvellement de la fertilité des sols. Les zones sylvo-pastorales sont réduites et la mise en jachère des terres agricoles est limitée. La recherche développement a conçu un ensemble de techniques favorisant l'intégration des activités agricole et d'élevage pour une meilleure de gestion de la fertilité des sols (fumure organique, utilisation d'engrais, amendements calcique ou phosphaté, jachère améliorée...). Vulgarisées par les services de développement, ces techniques ont été peu adoptées par les paysans. Les incertitudes sur la durabilité des systèmes de culture et d'élevage demeurent dans un contexte climatique, économique et institutionnel difficile, incertain et évolutif.

Aujourd'hui, les producteurs de l'Ouest du Burkina Faso disposent de peu d'infrastructures pour la production de fumure organique (FO), seulement 37 % des exploitations de la province du Tuy possèdent une fosse (Blanchard, 2009). La production de FO s'appuie sur l'utilisation des ordures ménagères et des déjections animales avec d'importantes pertes en biomasses végétales car le compostage reste peu développé. Les paysans ont une faible maîtrise des conditions de décomposition (rapport des éléments, aération, humidité) (Blanchard 2007). L'application de FO reste limitée aux champs proches car les exploitations sont mal équipées en moyen de transport (50 % possède une charrette) (Blanchard 2009). Les quantités de FO appliquées restent largement en dessous des 2,5 t/ha/an recommandées avec en moyenne 500 kg/ha sur le coton et 1 600 kg/ha sur le maïs (Vall, 2007).

Une des activités du projet Fertipartenaires vise à co-concevoir des innovations techniques sur la gestion agropastorale de la fertilité des sols en améliorant la production de FO et en raisonnant son application au champ. Le processus innovant proposé se décline en trois composantes successives : l'augmentation de la capacité de production de FO, la production améliorée et son application raisonnée au champ. Pour chacune de ces composantes, des modalités techniques sont actuellement testées auprès de paysans de la province du Tuy (ouest du Burkina Faso).

Selon la définition d'Alter N. 1997, une innovation représente une transgression de l'ordre établi par la mise en œuvre de propositions techniques et de leur intégration dans le milieu social par un groupe d'acteur. Une innovation peut être évaluée par ses performances techniques et économiques, par les effets directs observables qu'elle engendre, par les conséquences indirectes sur le long terme et par sa dynamique (diffusion, adoption, redéfinition). L'évaluation doit permettre de déterminer les conditions nécessaires à la mise en œuvre de l'innovation. La démarche de recherche action en partenariat (RAP) implique d'évaluer les processus innovants en cours de réalisation afin d'aider à la prise de décision au moment de la reprogrammation des activités. L'évaluation du processus innovant représente donc un outil d'aide à la décision (reprogrammation, modifications ou abandon).

Comment évaluer une innovation agropastorale impliquant un changement de gestion des biomasses dans les exploitations au sein d'une RAP ? La démarche d'évaluation des processus innovant générés par le projet vise à évaluer, pour chaque composante (augmentation de la capacité de production, production améliorée et application raisonnée) et de manière participative, les effets directs des changements techniques, les conséquences indirectes sur les exploitations sur le plan économique, écologique et social et leur dynamique locale. Cette méthode doit permettre d'évaluer globalement un processus de changement complexe et de définir le contexte nécessaire au développement de cette innovation dans les exploitations.

L'évaluation met en évidence des freins à l'adoption par les paysans de techniques innovantes qui peuvent être levés par des propositions techniques ou organisationnelles. L'analyse participative des conséquences des innovations sur les aspects économiques, environnementaux et sociaux permet d'identifier les conditions d'adoption et d'enrichir la simple analyse des bilans partiels.

Dans une première partie, nous présentons les différentes composantes du processus innovant sur la production améliorée et l'utilisation raisonnée de fumure organique au champ. Nous développerons, dans une seconde partie, une méthode innovante d'évaluation participative des impacts d'un processus innovant (effets directs, conséquences indirectes, dynamiques). Enfin, nous appliquerons la méthode au cas théorique de l'utilisation raisonnée de la fumure organique au champ.

## 2. Le processus innovant proposé : production améliorée et utilisation raisonnée de la fumure organique

### 2.1. Démarche de recherche action en partenariat appliqué à la production et utilisation de la fumure organique

La démarche de RAP s'appuie sur quatre étapes principales. Les grands principes de l'innovation proposée sont présentés aux producteurs regroupés dans des cadres de concertation villageois (CCV) (Dispositif de gouvernance), organe gérant le partenariat entre acteurs. Les engagements de chacun pour l'expérimentation sont discutés, co-définis et inscrits dans un cahier des charges servant à la contractualisation des producteurs volontaires pour l'expérimentation. La problématique locale est reconnue par des études (Diagnostic et problématisation) et une session de formation des producteurs, techniciens et chercheurs sur la production et l'application de FO vise à explorer les options possibles pour améliorer la situation. Les pratiques et les savoirs techniques locaux sur la FO sont abordés au cours de la session qui aboutit sur la définition des modalités de l'expérimentation consignées dans un protocole (Recherche de solutions). Enfin, les expérimentations visent à évaluer la faisabilité d'options retenues par les producteurs, techniciens et chercheurs (Mise en œuvre des solutions et évaluations).

### 2.2. Caractéristiques de l'échantillon

Les essais ont été lancés en 2008 dans sept villages de la province du Tuy (ouest du Burkina Faso). Le Tableau 1 présente les caractéristiques des échantillons de producteurs volontaires pour chaque composante du processus innovant.

**Tableau I : Échantillons des producteurs volontaires**

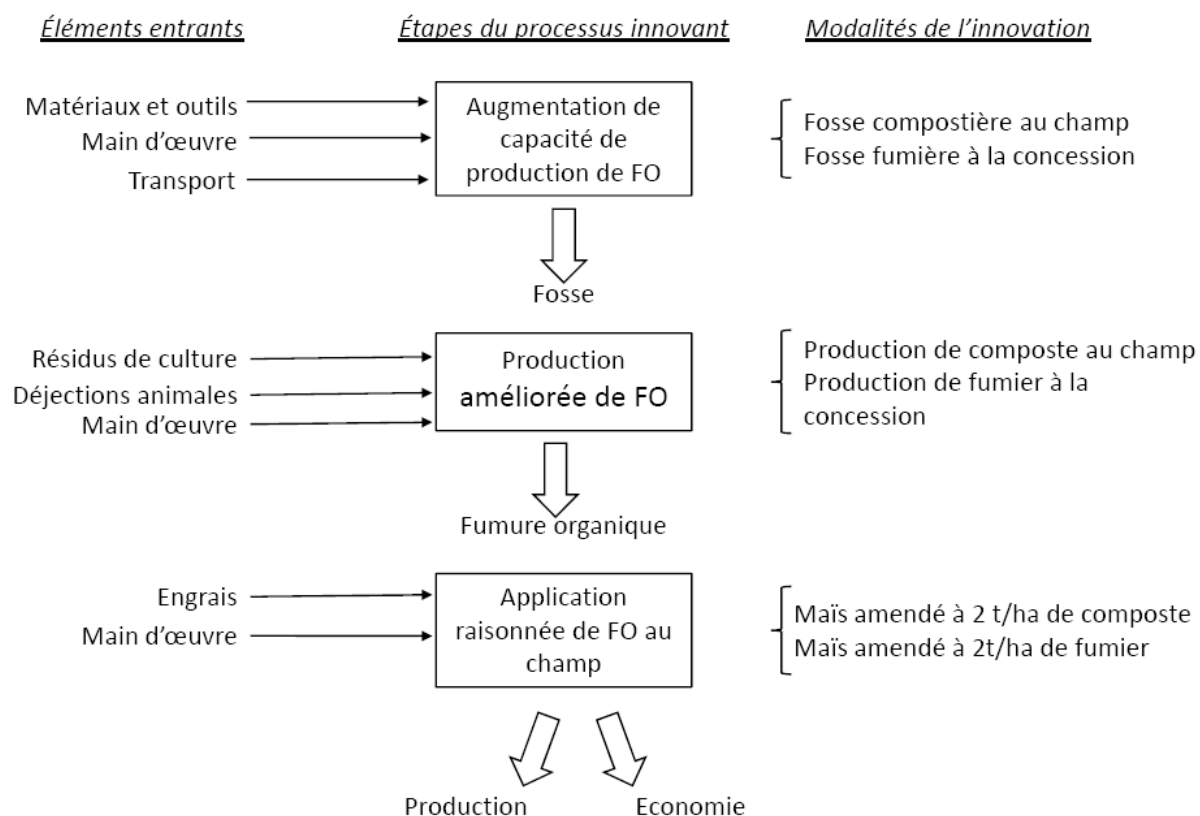
<i>Étapes du processus innovant</i>	<i>Échantillon</i>
Augmentation de la capacité de production de FO	Bilan chez 251 volontaires
Production améliorée de FO	Déclaratif auprès de 7 producteurs
Application raisonnée de FO au champ	Suivi de 29 parcelles d'essai

### 2.3. Les composantes du processus innovant

Les modes de production améliorée et d'application raisonnée de FO au champ représentent une alternative à la pratique actuelle de production et d'application de FO testé par un groupe de producteurs volontaires. Ils se fondent sur quelques grands principes :

- La proposition d'un modèle relativement simple de deux fosses par exploitation, une fosse compostière au champ et fumièrre à la concession, adaptable au cas spécifique de chaque expérimentateur
- Un processus innovant supporté par une démarche de RAP qui vise une amélioration progressive des pratiques actuelles (innovation incrémentale).
- Un processus innovant expérimenté à grande échelle chez les producteurs (construction de fosses, mise en production, application au champ)

La Figure 1 illustre l'organisation des composantes du processus innovant expérimenté.



**Figure 1. Production améliorée et application raisonnée de FO**

Le processus innovant proposé implique un engagement des paysans pour un changement de gestion des biomasses de l'exploitation. Ce changement intervient à différentes échelles de temps : cinq ans de capacité moyenne de production de FO dans une fosse, un an pour la production de FO et trois mois de cycle culturale pour l'application raisonnée de FO. L'évaluation doit nécessairement dépasser une évaluation annuelle et prendre en compte les investissements sur le long terme des exploitations.

### 2.3.1. Augmentation de la capacité de production de FO

L'augmentation de la capacité de production de FO est recherchée par la répartition des lieux de production de FO sur les exploitations entre les champs (fosse compostière) et la concession (fosse fumière) afin de réduire les temps de transport et de valoriser les biomasses abandonnées.

La fosse compostière au champ est remplie avec les tiges de cotonnier disponibles sur le champ au moment de la préparation des champs avant la mise en culture. Elle ne nécessite que l'apport de deux charrettes de déjections animales pour lancer la décomposition. Le cycle de production s'achève, l'année suivante par l'épandage de la FO avant le labour.

La fosse fumière installée à la concession est remplie progressivement avec les déjections des animaux stabulés et les refus de l'affouragement au fur et à mesure de leur disponibilité. Le cycle s'achève par le transport de la FO au champ avant épandage et labour.

Après une présentation des objectifs et des modalités de l'expérimentation, des producteurs volontaires s'engagent à creuser et stabiliser au ciment (fournit par le projet) deux fosses sur leur exploitation. Une série de 461 fosses ont été construites dans 251 exploitations entre septembre 2008 et avril 2009.

### **2.3.2. Production améliorée de FO**

Au cours des réunions et des formations, l'équipe technique et les producteurs, ont formulé des propositions techniques afin d'améliorer les pratiques actuelles de production de FO. Pour une meilleure maîtrise des conditions de décomposition, ils proposent d'ajouter aux pailles mises en fosse, 20 % de déjection animale afin de se rapprocher d'un rapport C/N de 25 et ainsi, favoriser un compostage à chaud avec destruction des graines et des germes. Le retournement du produit après deux et quatre mois en fosse permet de réactiver la fermentation aérobie par les bactéries grâce à un apport d'oxygène (Pépin 2008). Enfin, l'arrosage des pailles au moment du remplissage devait lancer la décomposition avant l'arrivée des pluies, mais cette modalité n'a pas été retenue par les producteurs. Des propositions d'amélioration supplémentaires du compostage ont été proposées à quelques paysans avec l'enrichissement des fosses au phosphate tri-calcique (Burkina Phosphate<sup>®</sup>, 25 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ou l'ajout d'activateur de composte (Compost Plus<sup>®</sup>). Les améliorations de la pratique de production de fumier en fosse proposées sont principalement orientées vers la réactivation de la décomposition par le retournement de la fosse.

Sur l'ensemble des fosses construites, l'amélioration de la production de FO est testée à travers les techniques de compostage au champ (64 % des fosses) et la production de fumier de fosse (36 %).

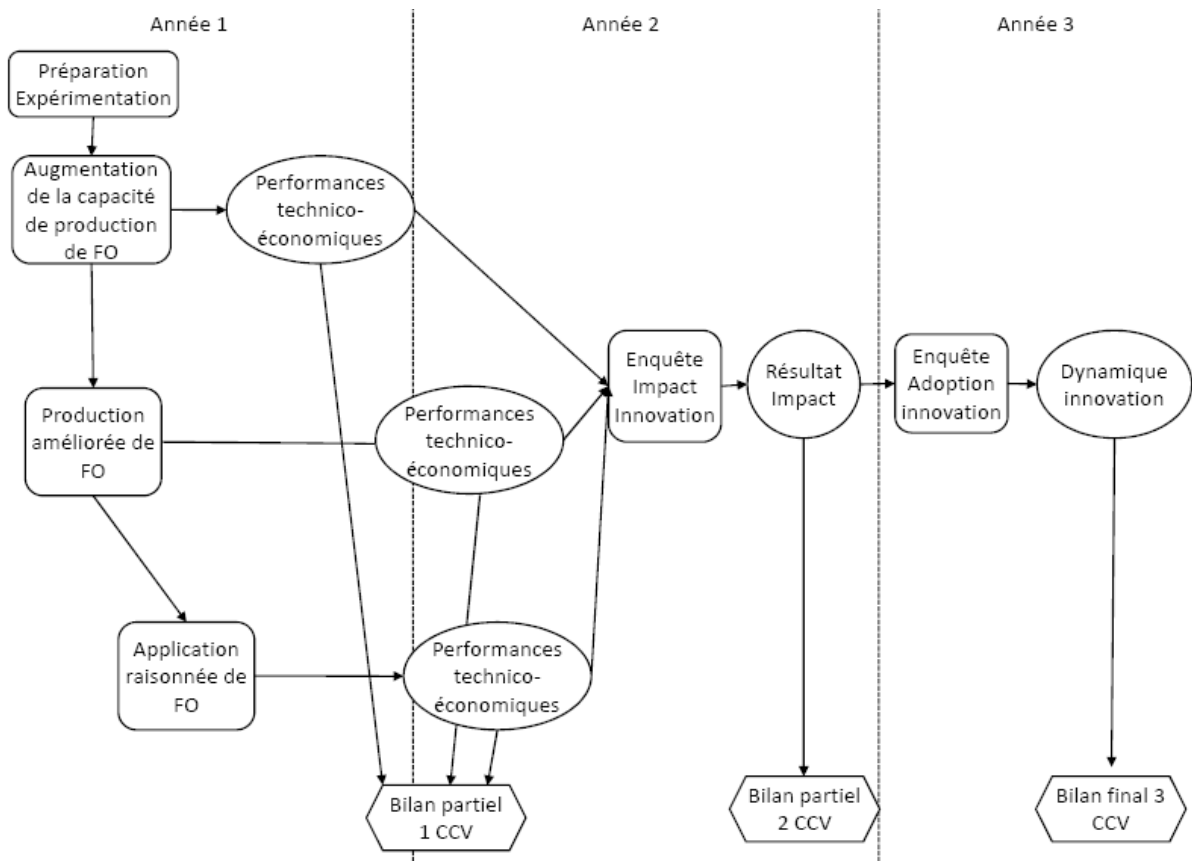
### **2.3.3. Application raisonnée de FO au champ**

La FO produite dans chaque type de fosse est appliquée des parcelles d'essai de maïs à la dose recommandée de 2 t/ha/an (Berger, 1996). Sur des parcelles de 0,25 ha, une partie test a reçu 2 t/ha de FO, laissant une moitié témoin non amendée. Les deux parties ont reçu une dose paysanne d'engrais (150 kg/ha de NPK, 50 kg/ha d'urée). En 2009, les expérimentations ont débuté sur un échantillon indépendant de producteurs disposant déjà de fumure organique avec 29 parcelles d'essais.

## **2.4. Évaluation participative du processus innovant**

### **2.4.1. Démarche générale**

Une innovation technique, organisationnelle, simple ou complexe engendre des effets directs observables sur les exploitations, des conséquences ou effets indirects sur les aspects économiques, écologiques et sociaux. Une innovation engendre également une dynamique au sein de la communauté locale avec de nouvelle adoption et des redéfinitions de l'innovation. L'impact d'une innovation peut donc se décliner en performances, effets directs, conséquences indirects et dynamique. La méthode globale d'évaluation d'impacts du processus innovant proposé est présentée Figure 2.



**Figure 2. Méthode globale d'évaluation du processus innovant**

#### 2.4.2. Evaluation des résultats techniques et économiques : de la préparation au bilan partiel

La méthode du budget partiel représente un outil d'aide à la décision permettant d'analyser globalement les effets d'un changement sur le fonctionnement de l'exploitation (Brossier & al. 1997). Elle permet de traduire en terme monétaire les conséquences favorables ou défavorables d'un changement sur l'exploitation. Chacune des composantes du processus innovant est évaluée séparément par le calcul de sous-bilans afin d'étudier la pertinence des différentes modalités proposées et de discuter de leurs améliorations possibles. Enfin, pour évaluer globalement le processus, les trois composantes doivent être analysées dans un référentiel commun de temps (une année) et d'espace (une fosse). L'établissement des bilans partiels prend ainsi en compte des résultats de l'ensemble du processus. Les améliorations engendrées par l'innovation sont décrites par l'économie des charges réalisée et les produits nouveaux obtenus. Les détériorations engendrées par l'innovation sont exprimées à travers l'augmentation des charges et les produits anciens. La différence entre terme d'amélioration et de détérioration constitue le bilan. Le Tableau 2 présente les charges et les produits pris en compte dans l'établissement des budgets partiels à chaque étape du processus innovant.

**Tableau 2. Variable utilisées pour les bilans partiels**

<i>Économies des charges ou produits nouveau</i>	<i>Augmentation des charges ou produits anciens</i>
<i>Augmentation de la capacité de production de FO</i>	
/	Main d'œuvre (creusement et stabilisation)

		Matériaux utilisés (ciment, sable, gravillons, briques)
<b><i>Production améliorée de FO</i></b>		
Compostage champ	au	Compost produit
		Amortissement de la fosse Résidus de culture mobilisés Main d'œuvre (ramassage, remplissage, retournement)
Fumier concession	à	la Fumier produit
		Amortissement de la fosse Main d'œuvre (ramassage, remplissage, retournement)
<b><i>Application raisonnée de FO au champ</i></b>		
Amendement organique		Production supplémentaire en grain Production supplémentaire en paille
		Compost ou fumier produit Transport de la FO Main d'œuvre (épandage, désherbage)

Ces bilans sont enrichis par la mise en relief des considérations non prises en compte par la méthode des bilans partiels mais pouvant apporter une amélioration des bilans. L'objectif de cette première étape est de fournir les premiers éléments de l'évaluation et de disposer de représentations des effets de l'innovation pour discuter, avec les paysans, de la pertinence des modalités et définir les conséquences de l'innovation sur les exploitations.

### **2.4.3. Évaluation des conséquences indirectes sur les exploitations**

Les présentations des bilans partiels aux producteurs expérimentateurs permettent de discuter de la pertinence des modalités de chacune des composantes du processus innovant. Les facteurs de variations des bilans sont mis en débat afin de construire des propositions d'améliorations des différentes modalités testées. Les conditions préalables à la mise en place des innovations (moyens à mobiliser, objectifs des exploitations...) sont reconnues. Enfin, les conséquences indirectes du processus innovant sur les aspects sociaux, économiques et environnementaux sont définies par le partenariat équipe technique-producteurs expérimentateurs à l'aide d'une grille de caractérisation des conséquences présentée dans le Tableau 3. Pour chacun des critères, les indicateurs proposés par les producteurs sont d'abord reconnus avant de précéder au renseignement des indicateurs proposés par les techniciens et chercheurs.

### **2.4.4. Analyse de la dynamique du processus innovant**

Dans les communautés où ont été menées les expérimentations de production améliorée et application raisonnée de FO, la dynamique du processus innovant sera appréhendée par des études sur l'adoption de l'innovation par de nouvelles exploitations (adoption totale, partielle, déterminant de l'adoption) et sur la poursuite de l'innovation chez les producteurs volontaires (redéfinition des composantes, arrêt, facteur déterminant).

**Tableau III. Grille de caractérisation des conséquences des innovations**

<i>Grille de caractérisation des conséquences</i>	<i>Capacité de production de FO</i>	<i>Production améliorée de FO</i>	<i>Application raisonnée de FO au champ</i>	<i>Bilan global</i>
<i>Pôle humain et social</i>	Formation (connaissances) et maîtrise technique	...	...	...
	Entraide (modalités, développement) et relations sociales (travail, matériel, échange technique) ou concurrence (ressource, savoir)	...	...	...
<i>Pôle écologique</i>	Durabilité des systèmes de culture	...	Brûlis évité	Indicateur de fertilité
	Fertilité des sols	...	Quantité de FO disponible	Rendement, Enherbement, ...
<i>Pôle économique</i>	Revenu agricole	...	...	Dépense, Revenu
	Travail (charge et répartition)	...	...	...
	Sécurité alimentaire	...	Évacuation des déchets	Production céréales

### 3. Résultats

Cette partie illustre, à partir de références bibliographiques et des premières données de terrain, comment la première étape de la méthode peut être utilisée pour évaluer le processus innovant de production améliorée et application raisonnée de FO.

#### 3.1. Augmentation de la capacité de production de FO

L'augmentation de la capacité de production de FO sur les exploitations passe par le creusement de fosses de 3\*3\*1,20 m (9 m<sup>3</sup>) et leur stabilisation au ciment et application d'un crépi (ciment et gravillon). Le budget partiel pour cette étape est présenté dans la première partie du tableau 4. Les équations pour établir le sous-bilan sont détaillées dans Encadré 1.

**Tableau IV Bilan partiel sur la production améliorée et l'application raisonnée de compost au champ et de fumier à la concession**

	<i>Compost de tige de coton</i>		<i>Bilan</i>	<i>Fumier</i>		<i>Bilan</i>			
<i>Construction des fosses (par fosse et par an)</i>		Creusement (éq.1)	7 500		Creusement (éq.1)	7 500			
		Stabilisation (éq. 1)	3 000	-14 500	Stabilisation (éq. 1)	3 000	14 500		
		Sable (1 brouette)	2 500	sur 5 ans	Sable (1 brouette)	2 500	sur 5 ans		
		Gravillons	1 500	- 2 900	Gravillons	1 500	- 2 900		
		<u>Charges anciennes</u>	0	<u>Charges nouvelles</u>	14 500	<u>Charges anciennes</u>	0	<u>Charges nouvelles</u>	14 500
	<u>Produits nouveaux</u>	0	<u>Produits anciens</u>	0	<u>Produits nouveaux</u>	0	<u>Produits anciens</u>	0	par an
<i>Production améliorée de FO (par fosse et par an)</i>		Ramassage Tiges (éq.2)	2 000		Ramassage Poudrette (éq.3)	3 250			
		Transport 2 charrettes fèces	600		Ramassage Fèces (éq.3)	3 250			
		Remplissage (éq.2)	2 000		Transport Pailles (éq.3)	2 250			
		Retournement (éq.2)	4 000	- 8 600	Retournement (éq.3)	4 000	-14 130		
		<u>Charges anciennes</u>	0	<u>Charges nouvelles</u>	8 600	<u>Charges anciennes</u>	3 250	<u>Charges nouvelles</u>	5 500
	Composte (510 kg)			Fumier (833 kg)		Poudrette (éq.4)	6 480		
	<u>Produits nouveaux</u>	0	<u>Produits anciens</u>	0	<u>Produits nouveaux</u>	0	<u>Produits anciens</u>	11 880	
<i>Application raisonnée de FO (par an)</i>		Epannage (éq.6)	1 275		Transport FO (éq.7)	1 999			
		Désherbage (éq.6)	523		Epannage (éq.6)	2 085			
		<u>Charges anciennes</u>	0	<u>Charges nouvelles</u>	1 798	<u>Charges anciennes</u>	0	<u>Charges nouvelles</u>	4 939
		Production maïs (éq.8)	19 890	18 551	Production maïs (éq.8)	32 526	28 338		
		Production pailles (éq.8)	459		Production pailles (éq.8)	751			
	<u>Produits nouveaux</u>	20 349	<u>Produits anciens</u>	0	<u>Produits nouveaux</u>	33 277	<u>Produits anciens</u>	0	
<i>Bilan partiel</i>	Production et application d'un compost de coton au champ			7 051	Production et application d'un fumier au champ			11 308	

### Encadré 1. Légende des équations du bilan partiel

Equation .1 : *Creusement et Stabilisation = Nombre d'H.j.\* Prix H.j*

H.j : Homme jour. Nombre d'H.j pour le Creusement estimé à 15 H.j et la Stabilisation à 6 H.j (Bilan A4, Projet Fertipartenaires). Prix H.j à 500 Fcfa (Déclaratif)

Equation .2 : *Ramassage des Tiges, Remplissage et Retournement = Nombre d'H.j.\* Prix H.j*

Nombre d'H.j pour le Ramassage des Tiges estimé à 4 H.j, le Remplissage à 4 H.j et le Retournement à 8 H.j, Prix H.j à 500 Fcfa (Déclaratif)

Equation .3 : *Ramassage de la Poudrette, Fèces, Pailles et Retournement = Nombre d'H.j \* Prix H.j*

Nombre d'H.j pour le ramassage de la Poudrette estimé à 6,5 H.j, les Fèces à 6,5 H.j, les Pailles à 4,5 H.j et Retournement à 8 H.j. Prix H.j à 500 Fcfa (Déclaratif)

Equation .4 : *Poudrette = Quantité de fèces \* Prix des fèces.*

Quantité de fèces estimée à 540kg pour 2 bœufs en stabulation nocturne, 6 mois (Berger, 1996). Prix des fèces déclaré à 2 500 Fcfa par charrette de 125 kg.

Equation .5 : *Résidus mobilisés = Quantité de pailles \* Prix des pailles.*

Quantité de pailles estimée à 540kg (Berger, 1996). Prix des pailles déclaré 10 Fcfa/kg (Déclaratif).

Equation .6 : *Epannage, Désherbage = nombre d'H.j/ha\*Prix H.j \* Surface fumée.*

Nombre d'H.J pour l'épandage estimé à 10 H.J et Désherbage à 4,1 H.j (Suivi A4 Fertipartenaires)

Surface fumée par 0,510 t de Composte = 0,255 ha (2 t/ha). Surface fumée par 0,833 t de fumier = 0,417 ha (2t/ha)

Equation .7 : *Transport de fumier = Quantité de fumier / poids d'une charrette \* Prix transport*

avec 833 kg de fumier produit à 300 Fcfa la charrette de 125 kg de fumier (Déclaratif)

Equation .8 : *Production = Gain de Production \* Surface fumée \* Prix du maïs ou des pailles*

Gain en maïs estimée à 780 kg/ha par apport de 2 t/ha de FO et en paille à 180 kg/ha (Projet Fonio). Prix du maïs déclaré 100 Fcfa/kg (Déclaratif)

Le sous-bilan concernant la construction des fosses permet de calculer l'amortissement annuel de l'infrastructure à appliquer à l'ensemble du processus innovant proposé (2 900 Fcfa, 4,42 €).

Le bilan obtenu est influencé par la durée de vie des fosses. Elle est estimée à 5 ans, sans réparations majeures, d'après une enquête rapide auprès des paysans, mais elle varie énormément selon le mode de construction et le type de sol.

La majorité des fosses creusées et stabilisées au ciment en zone cotonnière ouest-africaine ont été construites avec du ciment subventionné ce qui allège l'amortissement annuel des infrastructures qui serait alors de 5 900 Fcfa (8,99 €). Les producteurs qui ont testé la stabilisation des fosses avec des briques de cuirasse ont réalisé un investissement supplémentaire qui doit être justifié par une utilisation plus longue des fosses (50 Fcfa/briques apportées à la fosse, 60 briques/fosse, 3 000 Fcfa).

Le

Tableau 5 présente les calculs de l'amortissement des fosses selon les durées de vie estimée et les modes de construction. La maîtrise des techniques de maçonnerie et l'utilisation effective du ciment (fournit par le projet) dans les fosses représente les alternatives les plus efficaces, même si le ciment n'est pas à la charge des producteurs.

Enfin, la qualité du sol où est installée la fosse (sableux, cuirasse, inondable...) influence la solidité des infrastructures. L'ensemble de ces facteurs de variation doivent être discutés avec les expérimentateurs pour définir de nouvelles propositions afin d'améliorer la solidité des fosses (organisation collective autour d'un maçon, travail collectif pour le creusement, utilisation de briques...).

**Tableau V. Amortissement des fosses construites**

Modalité de construction		Durée de vie des fosses	Coûts global d'une fosse		Amortissement annuel			
					Global		hors coût du ciment	
					année	Fcfa	(euro)	Fcfa
au ciment et crépi	Maitrise de la maçonnerie, utilisation effective du ciment	5	29 500	44,97	5 900	8,99	2 900	4,42
	Non maitrise de la maçonnerie, utilisation de peu de ciment	2	29 500	44,97	14 750	22,49	7 250	11,05
avec brique de cuirasse	Maitrise de la maçonnerie	5	32 500	49,54	6 500	9,91	3 500	5,34
	Maitrise de la maçonnerie	10	32 500	49,54	3 250	4,95	1 750	2,67

## 3.2. La production améliorée de FO

### 3.2.1. Cas de la fosse à composte au champ

Le compostage des tiges de cotonnier est un mode de production de FO additionnelle à la pratique actuelle qui n'entre pas en concurrence avec les modes de production traditionnelle (fumier de lieux de stabulation des animaux, tas d'ordures domestiques). Dans la situation de référence utilisée pour l'évaluation, la vaine pâture des feuilles vertes et des capsules de cotonnier peut intervenir avant le ramassage des tiges pour le composte (février).

Une fosse compostière de 9 m<sup>3</sup>, remplie au-delà de la limite supérieure (prise en compte du tassement au cours de la décomposition) peut contenir jusqu'à 1 700 kg de tige de cotonnier (Vall, 2007). Au moment du remplissage (mai), les résidus sont disposés en couche alternées avec des déjections animales (2 charrettes), transportées depuis le parc ou le hangar. D'après un suivi de la décomposition de composte de cotonnier, la perte en matière dû à la décomposition des éléments s'élève à 70 %, ce qui permet d'estimer la production de composte dans la fosse à 510 kg (Vall 2007). Le bilan partiel de la production de composte est présenté dans la seconde partie du Tableau .

D'après le bilan partiel de la production améliorée de compost dans une fosse au champ, le composte produit coûte 8 600 Fcfa (13,11 €). La charrette de composte devrait alors se négocier sur le marché local à 2 107 Fcfa (3,21 €), ce qui est en dessous des déclarations faite à 2 500 Fcfa par charrette de 125 kg.

La proposition d'enrichir le compost avec du phosphate tricalcique permet d'obtenir un produit riche en phosphate et ainsi d'amender les terres carencées. L'application de phosphate tricalcique directement au sol avant labour n'a jamais rencontré de succès auprès des paysans qui trouve le produit trop poudreux donc difficile à appliquer et dont l'effet est long (3ans). Le mélange dans le compost lève la première préoccupation des paysans. Le coût du Burkina phosphate<sup>®</sup> (5 000 Fcfa/ 50 kg, 7,62 €), doit être compensé par une augmentation de la production en maïs cumulé sur les 3 ans suivant l'application.

L'ajout d'activateur de compost, de type Compost Plus<sup>®</sup> doit permettre une décomposition rapide de compost chez les paysans qui peuvent maintenir les conditions d'humidité et d'aération nécessaire au développement des bactéries. Le coût du produit (6 000 Fcfa/sachet, 9,15 €) peut être compensé dans le cas du compostage de saison sèche (3 mois) pour les maraichers qui souhaitent disposer de FO dès la fin de l'hivernage.

Les travaux de retournement sont également consommateurs en main d'œuvre et influencent largement le bilan partiel (4 000 Fcfa ou 6,10 €). Cependant, l'aération par le retournement de la fosse est nécessaire pour la bonne décomposition des éléments et pour relancer l'activité bactérienne (Pépin 2008). Il est peu effectué même si certains paysans reconnaissent la qualité néfaste pour les cultures d'un compost mal décomposé.

### 3.2.2. Cas de la fosse fumière à la concession

Le fumier de fosse peut s'évaluer par rapport à la pratique actuelle de production de FO à base de déjections animales simple (poudrette). Pour la production de fumier en fosse, les paysans ramassent des déjections animales déposées, la nuit, sous les hangars et les apportent à la fosse (1,4 kg de fèces/nuit, Berger 1996). Nous prenons l'exemple d'un paysan possédant 2 bœufs de trait. Afin d'équilibrer l'origine des éléments mis en fosse (rapport C/N proche de 25), les paysans apportent à la fosse également les refus de l'affouragement que les animaux ont reçu en saison sèche (1 kg de litière/nuit). La Figure 3 présente, de manière synthétique, le remplissage de la fosse fumière au cours du temps. En tenant compte du temps passé par chacune des couches dans la fosse, permettant de calculer un pourcentage de décomposition, on obtient 833 kg de fumier produit dans une fosse fumière par année.

	Fèces et litière apportées à la fosse	% de décomposition*	Fumier produit (kg)
Fumier de saison sèche chaude	90 j * 2 bœufs * 1,4 Kg/j de fèces + 90 j * 2 bœufs * 1 kg/j de litière	82,5	356
Fumier de saison sèche froide	90 j * 2 bœufs * 1,4 Kg/j de fèces + 90 j * 2 bœufs * 1 kg/j de litière	65	281
Fumier de la période des récolte	90 j * 2 bœufs * 1,4 Kg/j de fèces	47,5	120
Fumier d'hivernage	90 j * 2 bœufs * 1,4 Kg/j de fèces	30	76
			833

\* % de décomposition sur la base d'une décomposition de la matière à 30 % en 365 jours mis en fosse

**Figure 3. Remplissage de la fosse fumière au cours du temps**

Les retournements de la fosse permettent de relancer la fermentation aérobie provoquant une augmentation forte de la température et détruisant les graines des adventices contenues dans les déjections et les germes potentiels (Pépin 2008). Le changement de pratique de production de FO entraîne un changement de la qualité du produit obtenu et une augmentation de la quantité par la transformation de résidus de culture.

Le bilan partiel de la production de améliorée de fumier est présenté dans la seconde partie du Tableau 4.

D'après le bilan partiel, la production de fumier dans une fosse au champ coûte 14 130 Fcfa (21,5 €). La charrette de fumier devrait alors se négocier sur le marché local à 2 137 Fcfa (3,25 €), légèrement plus cher que le compost, mais toujours en dessous des déclarations sur le marché local. Il est à analyser avec prudence car la FO entre peu sur le marché local et la qualité de la FO n'est pas prise en compte à ce niveau du bilan. La qualité de la FO (fumier V/S poudrette) pourrait être évaluée par rapport aux gains de production mais aussi par rapport aux gains de temps sur les travaux de désherbage.

Le retournement des fosses reste consommateur en temps et les producteurs l'effectuent peu avec des conséquences sur la qualité du produit. Un autre terme de détérioration du bilan est la mobilisation de résidus valorisables. L'utilisation de pailles déjà disponible dans la concession permettrait d'améliorer le bilan partiel (vieux seccos ou fourrage) (7 650 Fcfa ou 11,66 €). La pratique de production de fumier amélioré en fosse est en concurrence avec la pratique actuelle de production de FO, mais elle permet d'améliorer la qualité du produit (voir discussion sur application raisonnée de FO) et d'augmenter le volume produit par la valorisation de nouvelles biomasses.

### 3.2.3. L'application raisonnée de FO au champ

L'apport de FO sur une parcelle de maïs demande de disposer de FO (composte ou fumier), de la transporter au champ, de la déposer en tas et de l'épandre avant le labour. Pour l'essai, les paysans

apportent 2 t de FO par hectare et par an suivant les recommandations de la recherche (Berger 1996). Cette pratique doit offrir un gain de rendement en grain et en paille estimé par la mesure de la production en fin de campagne agricole. Le bilan partiel pour l'application raisonnée de FO au champ est positif pour les deux types de FO apportées. Le compost permet de gagner 18 551 Fcfa (28,3 €) et le fumier 28 338 Fcfa (43,2 €). La production d'une fosse fumièrè permettant de fumer une surface plus grande en maïs (0,417 ha contre 0,255 ha).

Certains paysans apportent la FO au champ au moment du ramassage des résidus de culture. La FO reste alors jusqu'à 3 mois au soleil (partage des coûts de transport mais altération de la qualité). D'autres producteurs transportent la FO quand les travaux de labour sont prêts à être réalisés. La FO est alors enfouie immédiatement après l'application (organisation du travail mais qualité maintenue). Les travaux d'épandage de la FO représentent un terme important du bilan. Ils sont plus ou moins pénibles selon la disposition des tas de FO sur la parcelle (5 000 Fcfa, 7,82 €). Pour l'ensemble des parcelles, la Figure 4 représente le temps d'épandage de la FO en fonction de la densité des tas de FO. Il apparait que le temps d'épandage augmente nettement pour les faibles densités de tas (en dessous de 100 tas/ha soit 1 tas tous les 10 m, transport en remorque de tracteur) et diminue nettement pour une densité supérieure (transport par charrette petit plateau ou tombereau). De plus, la disposition de gros tas de FO l'avant épandage entraîne un amendement localisé fort qui peut provoquer des brûlures des plants de maïs au moment de la levée.

Travaux d'épandage selon la densité de tas de FO apportée au champ, par type de matériel de transport

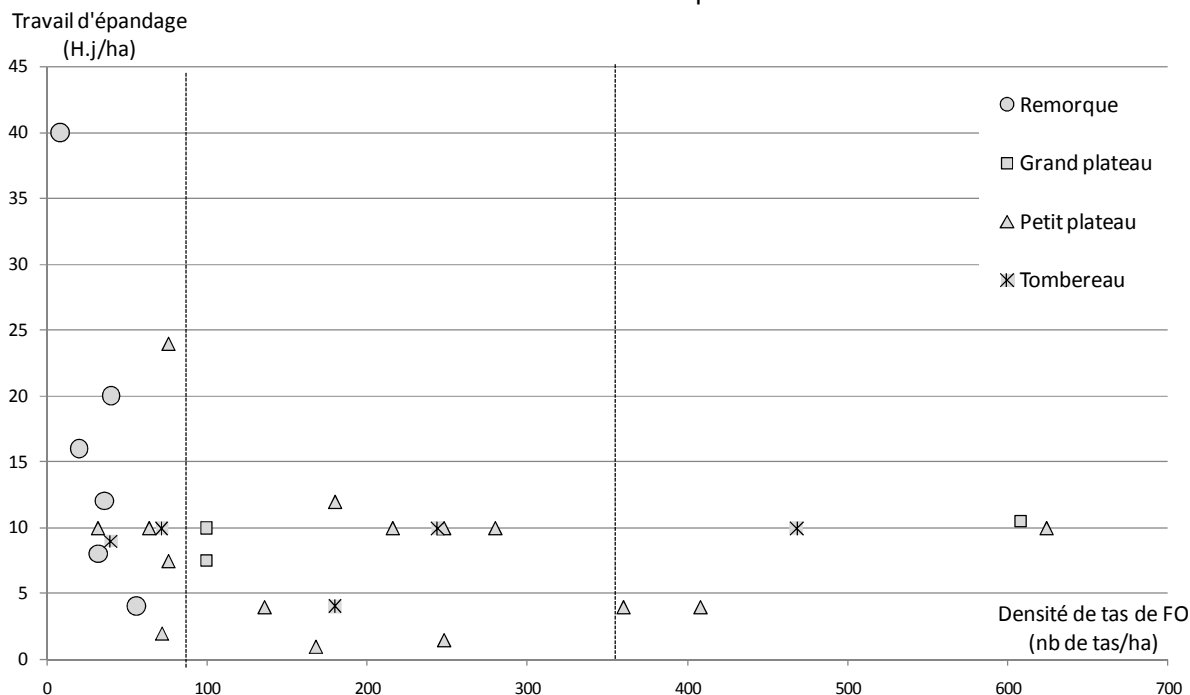


Figure 4. Travaux d'épandage selon la densité de tas de FO apportée

La qualité de la FO apportée au champ est un facteur de variation du bilan (réduction du transport pour le compost, amélioration potentielle des gains pour les fumures bien décomposées, désherbage supplémentaire pour le fumier).

### 3.2.4. Les bilans partiels de la production à l'application de la FO

Les bilans partiels pour la production et l'application raisonnée de composte et de fumier sur une culture de maïs sont positifs avec respectivement 7 051 Fcfa (10,75 €) et 11 308 Fcfa (17,24 €).

Le fumier reste préférentiel malgré les coûts de transport au champ (1 999 Fcfa ou 3,05 €) et les coûts de production plus fort (produits perdus). La production de fumier permet de produire une plus grande quantité de FO dans la fosse, même avec un effectif de bovin réduit (2 bœufs de trait). Le composte

présente des coûts en travail élevés (8 600 Fcfa ou 13,11 €) qui sont couverts par les gains de production en grain de maïs et en pailles. Les deux modes de production de fumure organique présentés ne sont pas contradictoires et peuvent être développés dans la même exploitation si les travaux peuvent être assurés. Le model de deux fosses réparties sur les exploitations entre les champs et la concession peut être proposé aux producteurs.

### 3.3. Conséquences, risques et conditions de l'innovation

Les bilans partiels fournissent une représentation monétaire du processus innovant. Leur présentation et le débat avec les paysans permettent de préciser les modalités faisant varier les bilans et identifier des opportunités de les améliorer. Les risques encourus pour chacune des modalités sur la cohésion sociale, les revenus ou la production céréalière etc. doivent être reconnus. De même, les conditions nécessaires à la mise en place des modalités de l'innovation peuvent être précisées (proession d'animaux, disponible en main d'œuvre, appartenance à un groupe d'entraide...). Les conséquences globales des étapes du processus innovant sont abordées par la grille proposée dans le Tableau . Les freins à l'adoption de l'innovation ainsi identifiés permettent de construire dans une démarche de RAP des propositions d'amélioration et ainsi favoriser le changement des pratiques.

## 4. Conclusion et perspectives

Cet article présente une méthode originale d'évaluation des innovations complexes. Cette méthode se base sur l'analyse des effets directs, des conséquences et de la dynamique des différentes étapes d'une innovation complexe. Les effets directs sont estimés à partir du calcul du budget partiel à chaque étape de l'innovation enrichi par une caractérisation des sources de variation des termes du bilan compte tenu des modalités de mise en œuvre de l'innovation choisies par les producteurs. Les conséquences indirectes économiques, environnementales et sociales de l'innovation sont appréhendées à partir d'une grille de caractérisation conjointement renseignée par les producteurs et les techniciens-chercheurs.

Les limites de la méthode du budget partiel réside dans la nécessité de convertir toutes les charges et produits annexes en ressource monétaire. Les méthodes de conversion ne sont pas toujours évidentes et n'ont pas nécessairement de sens pour les paysans. De plus, elle permet d'appréhender les effets directs de l'innovation sans prendre en compte les conséquences. Cependant, elle permet de simplifier la représentation de l'évaluation pour l'intégrer dans une démarche de RAP et servir de base de discussion sur les modalités de l'innovation et initier la discussion sur les conséquences indirectes. La méthode des bilans partiels accompagnés d'une caractérisation des conséquences permet d'évaluer un processus innovant étape par étape en identifiant les facteurs de variation des bilans source de propositions techniques ou organisationnelles efficaces, étape préalable avant toute analyse de la dynamique d'une innovation.

## Références bibliographiques

- Alter N., 2000. L'innovation ordinaire. Presse Universiatire Francophone. Collection Quadrige. Sociologies.- 278p.
- Blanchard M., 2009.- Gestion agropastorale de la fertilité des sols : Rapport technique annuel activité 4, projet Fertipartenaires.- Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).- Cirde.- 19p.
- Blanchard M., Vall E., 2007. Production et utilisation de la fumure organique au Mali Sud : savoirs des agriculteurs face aux savoirs des agronomes, quels enseignements pour le développement ?, Colloque international « Système de production et durabilité dans les Suds », Poitiers, MSHS, 7-8 février 2008.
- Brossier J., Chia E., Marshall E., Petit M. 1997. Le budget partiel, cadre général de raisonnement de toute décision, 133-158p. In : Gestion de l'exploitation agricole familiale, éléments théoriques et méthodologiques.- Dijon.-Educagri éditions.
- Dugué P., 1995.- Amélioration de la production et de l'utilisation de la fumure organique animale en zone cotonnière du Nord Cameroun.-19p. In : troisième atelier Respao/Grefmass :

- « Production et utilisation de fumure organique en zone subhumide : technologie disponible, méthodes de transfert et gestion paysanne ». - Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). - 13-17 février 1995.
- Pearce D., Atkinson G., Mourato S. 2006.- Analyse des coûts bénéfiques et environnement, développement récents.- Paris : OCDE éditions.- 352 p.
- Pépin D., 2008.- Compost et Paillage au jardin: recycler, fertiliser. - Mens (France).- Terre Vivante édition.- 160p.
- Vall E., Bayala I. 2007. -Production améliorée et application raisonnée de la fumure organique : Compte rendu technique, Projet Cirop-Teria –Bobo Dioulasso (Burkina Faso).- Cirdes.- 47p.

# Evaluation Participative du Potentiel d'Adoption et de la Durabilité des Innovations de Recherche en Pré-vulgarisation: Méthodes et Application au Sud du Togo

Deffo V.<sup>1</sup>, Hounzangbé-Adoté S.<sup>2</sup>, Maliki R.<sup>3</sup>, Ould Ferroukh H.H. M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IRAD-Wakwa, B.P. 65 Ngaoundéré, Cameroun, vdeffo@yahoo.fr

<sup>2</sup>DPA/FSA/UNB, 01 B.P. 526 Cotonou, Bénin

<sup>3</sup>UNIHO/IITA, 08 B.P. 0932 Cotonou, Bénin

<sup>4</sup>INRA, B.P. 16050 Alger, Algérie

## Résumé

En Afrique de l'ouest, un grand nombre de propositions de recherche, testées avec succès en station, ont connu un taux d'adoption limité à cause de leur inadaptation aux conditions socioéconomiques des utilisateurs. Cette communication, dont l'objectif est de contribuer à l'amélioration des méthodes d'évaluation et du niveau d'adoption et d'impact des innovations de recherche, présente une série de méthodes basées sur les outils de la Méthode Active de Recherche Participative (MARP) (Typologie, entretiens participatifs, visualisation, hiérarchisation des options, etc.) permettant une évaluation multicritères des innovations avant leur vulgarisation et de minimiser ainsi les risques d'échec. Ces méthodes ont été appliquées au sud du Togo pour évaluer le paquet technologique MME (Maïs-Mucuna-Engrais), une innovation d'amélioration de la fertilité des sols testée avec succès en station. Cette évaluation a permis de démontrer que le MME avait un potentiel d'adoption de 66%, une durabilité écologique de 53% et une équité sociale de 81,7%. Il a été aussi trouvé que la compétitivité économique du MME était supérieure à celle des méthodes traditionnelles de production alors utilisées dans la région. L'évaluation a permis en outre de démontrer qu'en plus du MME, d'autres options d'intensification des cultures telles que le MMCCE (Maïs-Mucuna à Cycle Cours-Engrais) qui permettait deux cultures de maïs par an et le MHF (Maïs-Haies vives +fumier) permettant une intégration agriculture-élevage, présentaient un potentiel d'adoption et une durabilité supérieurs à la moyenne. De ce fait, la vulgarisation simultanée des trois options a été recommandée comme solution à l'amélioration de la fertilité des sols.

**Mots clés:** MME, MMCCE, MHF, Préférence des producteurs, Durabilité des options

## 1. Introduction

En Afrique subsaharienne et de l'ouest en particulier, un grand nombre de propositions de recherche, testées avec succès en station, ont connu un taux d'adoption limité sur le terrain. Une des causes de cette faiblesse est l'inadaptation des propositions aux conditions socioéconomiques de leurs utilisateurs finaux. Dixon et al.(2001) explique le faible taux d'adoption du programme engrais-semences en Afrique subsaharienne par la faible disposition à payer des producteurs. Dans l'étude des contraintes à l'adoption des méthodes améliorées de gestion des sols en Afrique subsaharienne, la participation des agriculteurs a été relevée comme un facteur important à l'adoption des solutions envisagées (FAO, 2001). Le problème de taux de rentabilité à l'investissement relative aux innovations a été aussi présenté comme un facteur déterminant de l'adoption des propositions de recherche (FAO, 2001); La non ou mauvaise compréhension des paquets technologiques par les innovateurs due à l'utilisation d'une technique inappropriée de communication lors de la vulgarisation

constitue un frein important à l'innovation. A ce propos, RIU (2008), souligne que l'un des principaux problèmes auxquels il faut répondre afin de mettre en pratique la recherche est le besoin de transformer les informations scientifiques en des formats et « langages » qui faciliteront la promotion et l'explication de nouvelles technologies et méthodes à des utilisateurs potentiels. La méconnaissance des débouchés potentiels pour l'écoulement des produits d'innovations est une des contraintes majeures à l'innovation en Afrique; c'est dans ce contexte que lors du sommet des chefs d'Etat de l'union africaine tenu en janvier 2008, un des points à l'ordre du jour consistait à rechercher des stratégies visant à appliquer les fruits de la recherche africaine à la logique du marché (Nordling, 2008).

L'inadaptation des propositions de recherche aux conditions des populations cibles telles que présentée ci-dessus, pourrait s'expliquer d'une part, par le fait que certaines des propositions sont développées dans des laboratoires sophistiqués loin des utilisateurs finaux, ce qui crée un grand fossé entre la perception des utilisateurs et ces propositions; d'autres part, certaines propositions, bien que développées à base d'un diagnostic participatif des problèmes avec les utilisateurs finaux potentiels, sont mises sur pied à plus ou moins long terme et de ce fait, deviennent inadaptées à cause de l'évolution des conditions socioéconomiques du milieu avec le temps. Une autre explication est que les tests de pré-vulgarisation, généralement coûteux et conduits de façon mono disciplinaire sur échantillon réduit, sont loin d'être représentatifs de la situation réelle du milieu utilisateur.

Cette communication, dont l'objectif est de contribuer à l'amélioration des méthodes d'évaluation des innovations de recherche, présente une série de méthodes basées sur des outils de la Méthode Active de Recherche Participative (MARP) permettant une évaluation du potentiel d'adoption et de la durabilité des innovations de recherche en phase de pré-vulgarisation, afin de minimiser les risques d'échec. La communication montre ensuite comment ces méthodes ont été appliquées au sud du Togo pour évaluer le paquet technologique MME (Maïs-Mucuna-Engrais), une innovation d'amélioration de la fertilité des sols en phase de pré-vulgarisation, testée avec succès en station par les chercheurs Togolais, mais dont les questions suivantes restaient encore sans réponse:

- Quel est le potentiel d'adoption du MME par les exploitants au sud du Togo?
- Quelles sont les principales contraintes potentielles à l'adoption de MME et les solutions potentielles ?
- Quelles sont les conséquences que l'introduction du MME pourrait induire?
- Y a-t-il d'autres options éventuelles susceptibles d'être durables pour l'agriculture, l'économie et le paysan ?

Les méthodes présentées dans cette étude permettent de répondre à ces questions.

## **2. Méthodologie d'évaluation du potentiel d'adoption et de la durabilité des innovations**

La méthode présentée dans cette communication découle d'une méthode générale d'analyse systémique dite de « Recherche Agricole orientée vers le Développement » (RAD), permettant de comprendre des situations complexes à composantes multiples qui interagissent entre elles (ICRA, 2000). Elle comprend quatre principales étapes:

- l'analyse du développement local;
- l'identification et la compréhension des groupes d'intérêt et des systèmes agricoles;
- l'évaluation du potentiel d'adoption de l'innovation;
- l'évaluation de la durabilité de l'innovation.

Ces étapes étant mises en œuvre par une équipe interdisciplinaire de chercheurs.

### **2.1. L'analyse du développement local**

Il s'agit d'une évaluation du contexte de développement de toute la région concernée afin de délimiter une zone d'étude représentative de la région. Les outils utilisés dans la réalisation de cette évaluation comprennent: l'analyse des données secondaires (par revue de la littérature) sur la région concernée,

des entretiens avec des personnes ressources (chefs de villages, représentants des organisations des producteurs et des ONG oeuvrant dans la région, etc.).

## **2.2. Identification et compréhension des groupes d'intérêts et des systèmes agricoles**

Cette étape permet de choisir un échantillon représentatif de la population dans la zone d'étude choisie précédemment. Pour ce faire, on utilise des données secondaires et surtout la carte ou plan de chaque village, élaborée de façon participative par le chef du village aidé par ses notables sous la direction des chercheurs. Ce plan est fait sur un tableau, mais de préférence à même le sol en utilisant de la craie ou du charbon de bois. Ceci permet d'apprécier la diversité du village, par exemple les détails suivants pourront être observés:

- le nombre de grandes familles ou de quartiers;
- la taille des familles ou des quartiers;
- le degré de dispersion ou de rapprochement des quartiers;
- la chronologie de peuplement ou d'installation des familles (des autochtones ou allochtones);
- la situation des allochtones par rapport aux autochtones;
- la localisation des unités de production (champs);
- les zones de drainage (cours d'eau, bas fonds), etc.

En plus des éléments ci-dessus, un entretien auprès des chefs de villages et/ou des personnes ressources sur les systèmes de production et l'histoire du village est nécessaire pour mieux comprendre les faits marquants dans les villages, les types de relation et conflits possibles entre groupes ou tribus, etc.

A l'aide de tous ces éléments, une technique d'échantillonnage est choisie ainsi que l'échantillon représentatif de la population du village, compte tenu des groupes homogènes identifiés dans les villages et des caractéristiques de l'innovation à évaluer.

## **2.3. L'évaluation du potentiel d'adoption de l'innovation**

Cette évaluation comprend deux opérations: la typologie des exploitants ou des exploitations et la sélection des options.

### **2.3.1. La typologie des exploitants/exploitations**

La logique sous-tendant cette opération est que les exploitants de types différents ont des potentiels d'adoption différents. Deux approches sont généralement utilisées selon les moyens disponibles: le transect à travers les exploitations et les enquêtes à l'aide d'un questionnaire formel (ICRA, 2001). Pour l'approche par transect, les chercheurs, guidés par quelques exploitants traversent les exploitations suivant une direction tracée sur la carte lors de l'élaboration de cette dernière. Au cours de cette traversée, des observations et des mesures concrètes (taille des exploitations, systèmes de cultures et d'élevage, taille de famille, etc.) sont faites dans chaque exploitation située le long du transect. L'analyse de ces données permet de déterminer les types d'exploitations. Cette approche est relativement plus exigeante en moyens (temps, personnel et finance). Pour l'approche par enquêtes, un questionnaire de typologie d'adoption est conçu en tenant compte des caractéristiques des exploitants (éducation, taille de la famille et d'actif agricole, âge du chef d'exploitation, etc.), la composition et les exigences du paquet technologique à évaluer. Par exemple pour une technologie d'amélioration de la fertilité des sols telles que le MME évalué au sud du Togo, le questionnaire comprenait cinq parties:

- les caractéristiques des exploitants ;
- les caractéristiques foncières ;
- les systèmes de productions ;
- l'aptitude de l'exploitant à l'innovation (niveau d'éducation, fréquence des contacts avec les services de vulgarisation, appartenance à une organisation paysanne, etc.) et;

- la connaissance du paquet MME (pour les paysans pilotes ayant des parcelles d'essais).

Le questionnaire ainsi conçu et administré à l'échantillon des producteurs précédemment choisi (en 2.2.), permet de définir les types d'exploitants suivant leur potentiel d'adoption. La classification des exploitants/exploitations dans ce cas est un exercice subjectif basé sur la capacité d'adoption des exploitants. Cela se fait en examinant de façon systématique les caractéristiques de chacune des exploitations enquêtées et en les classant progressivement suivant leur ressemblance. La première exploitation analysée est considérée comme type A. Celles qui suivent et ne présentent pas des caractéristiques semblables sont classées dans des types différents. Après une première classification, on peut procéder à d'autres classifications en combinant les types qui se ressemblent.

### 2.3.2. La sélection des options

Cette étape suppose en général qu'il y ait au moins deux options parmi lesquelles les producteurs doivent opérer un choix adapté à leurs conditions: la proposition de recherche en pré-vulgarisation et la ou les technologie(s) endogène(s) concurrentes déjà en utilisation dans le milieu. En plus de ces options, les chercheurs, compte tenu de leur expérience, peuvent proposer d'autres options concurrentes ou complémentaires ayant prouvé leur efficacité dans des zones semblables à celle étudiée.

Ces options étant identifiées, les groupes d'exploitants homogènes sélectionnés selon les critères typologiques ou au cours de l'étape 2.2., sont appelés tour à tour à classer par ordre de préférence la proposition de recherche en étude et d'autres options. Ceci est fait en tenant compte des contraintes potentielles à l'adoption de chaque option. Les outils de la MARP les plus utilisés dans cette phase sont:

- le guide d'entretien collectif pour l'évaluation de l'adoption potentielle du paquet technologique. Ce guide, préparé à l'avance par les chercheurs, permet à ces derniers de mieux diriger les exploitants dans leur choix. Il comprend les grandes lignes suivantes: la description ou l'explication par les chercheurs de l'innovation aux exploitants, le point de vue des exploitants suite aux explications, les contraintes potentielles et leur classification, Les possibilités de modification de l'innovation compte tenu des contraintes relevées, les méthodes endogènes alternatives à l'innovation proposée, etc.)
- la visualisation de la proposition et des options alternatives: elle permet de compléter la description des options faite par les chercheurs; la présentation sur dessins, photos, parcelles de démonstration, images vidéo, etc. suivie des explications des options montre leurs exigences en intrants et leur importance relative sur le rendement des cultures. Elle permet aux paysans de mieux comprendre ce qu'est le paquet technologique qui leur est proposé, de mieux le comparer à la technologie ou méthode endogène et d'en relever les contraintes potentielles à l'adoption avant de donner leur point de vue.
- la matrice de priorisation (hiérarchisation) des options construites sur un tableau ou à même le sol par chaque groupe d'exploitants (Tableau 1) : c'est une matrice à deux colonnes; dans la première colonne on liste de façon désordonnée les options proposées par les paysans et les chercheurs (liste des contraintes à l'adoption ou des paquets technologiques). Dans la deuxième colonne, les exploitants classent les options en mettant un nombre de cailloux devant chaque option. Plus le nombre de cailloux est élevé, plus l'option a de l'importance pour eux. On obtient un tableau comme celui du Tableau 1.

**Tableau I : Modèle de matrice de priorisation des options**

Options	Importance Relative selon les paysans (nombre de cailloux)
A	OOO
B	OO
C	OOOOOO
D	O

Cette matrice indique par exemple que l'option C est deux fois plus importante que l'option A.

Afin de faciliter l'analyse des différentes matrices, les facteurs suivants ont été définis (Adoté et al., 1999):

- 1- *Importance relative d'une contrainte ou d'un paquet technologique (IR)* : c'est la note ou le nombre de points que l'exploitant ou groupe d'exploitants donne à cette contrainte ou à ce paquet en le comparant à d'autres contraintes ou d'autres paquets. L'échelle de notation est préétablie par les exploitants guidés par les chercheurs. La note maximale est celle que l'exploitant donnera à la contrainte ou au paquet qu'il jugera le plus important et la note minimale pour les options moins importantes.
- 2- *Degré de sévérité d'une contrainte (DS)* : exprimé en pourcentage, c'est le ratio entre la note donnée à une contrainte et la note maximale multiplié par 100. Une contrainte de degré de sévérité de 100% serait celle ayant été ressentie comme la plus importante par tous les paysans ou groupe de paysans concernés.
- 3- *Degré de préférence (DP)* : exprimé en pourcentage, est le ratio de la note donnée au paquet technologique par le paysan et la note maximale multiplié par 100. Plus le degré de préférence est élevé pour une technologie, plus la technologie est aimée par la majorité des paysans et donc a un taux d'adoption potentielle élevé.

En utilisant ces facteurs pour analyser les différentes matrices, les chercheurs sélectionnent les options préférées par les paysans et identifient les contraintes de degré de sévérité élevé auxquelles il faudrait apporter une solution pour faciliter l'adoption de l'option.

## **2.4. L'évaluation de la durabilité des options**

Afin de compléter l'évaluation des options, une étude de leurs attributs en termes de durabilité est faite, en combinant, par l'approche MARP, le point de vue des producteurs et celui des chercheurs. On évalue successivement (i) la durabilité écologique, (ii) l'équité sociale, et (iii) la compétitivité économique de chaque option.

### **2.4.1. Evaluation de la durabilité écologique ou environnementale**

Il s'agit de l'évaluation de la capacité de chaque option à améliorer la qualité du sol et de l'environnement. Elle se fait en trois phases:

- Sélection des critères de durabilité environnementale: Ils sont identifiés en fonction de l'objectif de l'étude et de la composition des différents paquets ou options. Dans le cas du paquet MME par exemple, les critères ont été choisis dans trois domaines : Gestion du sol, effet sur le microclimat du sol et gestion des ressources naturelles (sol, eau, biodiversité).
- Evaluation par l'équipe de chaque option par rapport aux critères sélectionnés: ici, des matrices de classification permettent d'attribuer des notes aux critères sélectionnés, selon une échelle préétablie, par exemple de 0 (option non pertinente pour le critère de durabilité choisi) à 10 (option très pertinente) (Tableau 3). Ces notes représentent un compromis entre des critères quantitatifs précis et des évaluations plus qualitatives par les personnes interrogées.
- Calcul et comparaison des totaux des notes obtenues par l'option. L'option ayant la plus forte note est la plus durable écologiquement.

### **2.4.2. Durabilité sociale (équité sociale)**

L'équité sociale d'une technologie est la capacité de cette technologie à procurer du profit à tous les acteurs concernés. Après avoir établi la liste des acteurs concernés par l'innovation, l'équipe, à l'aide d'une matrice de classification, évalue le niveau relatif de profit ou d'intérêt par acteur pour chaque option, selon une échelle préétablie, par exemple de 0 (pas d'intérêt pour le type d'acteur en question) à 5 (intérêt maximum) (Tableau 4). La note dépend de la composition et de l'efficacité de l'option, des caractéristiques et du point de vue des acteurs. L'option la plus profitable à plusieurs acteurs est la plus durable socialement.

### 2.4.3. Compétitivité économique

La compétitivité économique d'une technologie est l'aptitude qu'elle a à procurer un profit économique à ceux qui l'utilisent. Elle s'évalue généralement au moyen d'une analyse du profil (calendrier) de la main-d'œuvre, étant entendu qu'il s'agit d'une ressource critique en Afrique de l'Ouest. Pour ce faire, on évalue d'abord la main-d'œuvre disponible en homme-jour par hectare. Cette main-d'œuvre est égale à celle utilisée dans le système de production type de la zone d'étude. Elle est obtenue par une combinaison des données secondaires et des résultats d'enquêtes. Le surplus de main-d'œuvre nécessaire pour mettre en œuvre la nouvelle technologie est ensuite estimé compte tenu des résultats des tests de pré-vulgarisation. Plus ce surplus est élevé sans justification d'un profit économique satisfaisant pour l'exploitant, moins l'option est économiquement compétitive pour ce dernier (Tableau 5).

## 3. Evaluation du potentiel d'adoption et de la durabilité de l'innovation Maïs–Mucuna–Engrais (MME) au sud du Togo

### 3.1. L'analyse du développement local au sud du Togo

De cette analyse, trois critères pertinents de différenciation des villages de la zone d'étude ont été identifiés: la disponibilité et l'organisation du crédit, l'accès à la vulgarisation et aux systèmes de livraison des intrants et la présence d'organisations paysannes et d'appui. A base de ces critères, trois villages ont été choisis pour représenter la zone d'étude: Blama-kondji encadré par le Projet d'Organisation et de Développement Villageois (PODV) financé par le Fond International de Développement Agricole (FIDA); Masséda encadré par l'Association des Communautés Villageois Rurales (ACVR) et d'autres organisations non gouvernementales; Zooti, village non encadré.

### 3.2. Identification et compréhension des groupes d'intérêt et des systèmes agricoles au sud du Togo

Sept principaux groupes d'intérêt ont été identifiés: les propriétaires terriens, les locataires de terres, les membres d'organisations paysannes (OP), les non adhérents aux OP, les lettrés, les illettrés, et les femmes. L'association du maïs et du manioc sur deux saisons de cultures a été identifiée comme système de cultures type de la région. Il a été noté qu'il existait dans la zone d'étude, des variantes du paquet MME utilisées par certains exploitants: la variante Maïs-Mucuna (MM) caractérisée par la suppression des engrais et la variante Maïs-Mucuna cycle court-Engrais (MMCCE): ici, le *Mucuna pruriens* var. *utilis* dit « de cycle long » (137 jours) est remplacé par le *Mucuna pruriens* var. *rajada*, à cycle court (60 jours) arrivant à maturité juste après le maïs (Carsky et al., 1998) et permettant la deuxième culture de maïs.

### 3.3. L'évaluation du potentiel d'adoption du MME

#### 3.3.1. Typologie des exploitants/exploitations

En procédant par une enquête d'adoption auprès de 52 exploitants, trois grands types d'exploitations ont été identifiés:

- le type A, considéré comme ayant un potentiel d'adoption élevé, composé par des chefs d'exploitations membres d'un groupement villageois, propriétaires de plus de 2,2 ha et ayant déjà testé le Mucuna; 94% des exploitants sont agro-éleveurs et élèvent des petits ruminants, des porcins et de la volaille.

- le type B, dit à potentiel d'adoption moyen, caractérisé par les chefs d'exploitation jeunes (24-42 ans), cultivant 1,5 ha en moyenne dont ils sont rarement propriétaires; 33% des exploitants sont agro-éleveurs.
- le type C où les exploitants ont plus de 42 ans, propriétaires d'une petite surface cultivée et n'appartiennent à aucun groupement; 50% des exploitants sont agro-éleveurs. Il est dit à faible potentiel d'adoption.

### 3.3.2. La sélection des options

Afin d'élargir la comparaison, d'autres options d'intensification, toutes basées sur l'amélioration et la gestion de la fertilité des sols ont été proposées par les chercheurs:

- une culture en couloirs de maïs et *Cajanus cajan* (option « cajanus »), et
- des cultures de Maïs entourées de Haies vives de légumineuses (*Leucaena leucocephala* et *Glirricidia sepium*) pour la production de fourrage destiné à du bétail en stabulation contrôlée, dont le Fumier est ensuite épandu au champ (option MHF).

Les résultats de la sélection sont donnés au tableau 2. Selon ces résultats, pour le paquet MME et ses variantes, les exploitants possédant des terres (les producteurs de type A et C et les illettrés) ont porté leur préférence sur le paquet MME, en raison de son efficacité sur la fertilité du sol. Les femmes n'étaient cependant pas favorables à ce paquet qui les obligerait à utiliser des engrais minéraux; elles ont donc porté leur choix sur la variante MM. Ce choix des femmes confirme le problème d'insécurité foncière et de charge familiale auquel les femmes rurales sont confrontées (Honfaga et Tshibaka, 1997). Ainsi, le paquet MM arrive en seconde position, pour ceux qui n'ont pas de moyen pour faire face à l'achat des engrais, suivi par le paquet MMCCE parce qu'il permet le maintien de la seconde saison de cultures. La tendance générale est que le paquet MME a été choisi par les paysans comme celui susceptible d'apporter la solution la plus satisfaisante aux problèmes de dégradation des sols.

Pour les autres options d'intensification, le Tableau 2 montre que l'option MHF est d'autant plus importante pour les paysans qu'ils sont déjà agro-éleveurs et que les animaux ont un problème d'alimentation (Adoté et al., 1999). Elle est suivie par l'option Cajanus qui, en plus de son apport sur la fertilité des sols, pourvoit du bois et des aliments.

Il faut noter que les 5 paquets ainsi choisis n'ont pas exactement les mêmes contraintes et pourraient dans certaines conditions être complémentaires.

Tableau 2 : Hiérarchisation des différentes options d'intensification par les exploitants

Option d'intensification	Forte AT (8 hmes)		Faible AT (9 hmes)		Lettres (11 hmes)		Illettrés (4 hmes + 3 fmes)		Femmes du OPA (5)		Femmes non OPA (5)		Groupe <i>Mucuna</i> (7)		Bilan		
	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IR	OP	IRT	DP %	OP
MME + variantes MME	5	1 <sup>er</sup>	4	2 <sup>e</sup>	2	2 <sup>e</sup>	5	1 <sup>er</sup>	2	3 <sup>e</sup>			5	1 <sup>er</sup>	23	66	1 <sup>er</sup>
MM	2	2 <sup>e</sup>	2	3 <sup>e</sup>	1	3 <sup>e</sup>	2	3 <sup>e</sup>	5	1 <sup>er</sup>	5	1 <sup>er</sup>	3	2 <sup>e</sup>	20	57	2 <sup>e</sup>
MMCCE	0	3 <sup>e</sup>	5	1 <sup>er</sup>	5	1 <sup>er</sup>	4	2 <sup>e</sup>	3	2 <sup>e</sup>			2	3 <sup>e</sup>	19	54	3 <sup>e</sup>
Autres options <i>Cajanus cajan</i>			4	1 <sup>er</sup>	3	2 <sup>e</sup>	4	1 <sup>er</sup>	3	1 <sup>er</sup>	4	1 <sup>er</sup>	4	1 <sup>er</sup>	22	79	2 <sup>e</sup>
MHF	4	1 <sup>er</sup>	3	2 <sup>e</sup>	4	1 <sup>er</sup>	3	2 <sup>e</sup>	3	1 <sup>er</sup>	4	1 <sup>er</sup>	3	2 <sup>e</sup>	24	86	1 <sup>er</sup>

Source: Adoté et al., 1999.

AT = Appropriation des terres, Hmes = Hommes, Fmes = Femmes, OPA = Organisation Paysanne Agricole, IR = Importance Relative  
 OP = Ordre de préférence, IRT = Importance Relative Totale (IRT<sub>max</sub> = 28 points), DP = Degré de Préférence par les exploitants, (5) = Nombre de personnes interviewées

### 3.4. Evaluation de la durabilité du MME

#### 3.4.1. Durabilité écologique

Le tableau 3 présente la matrice combinée d'options en fonction d'alternatives de durabilité. Le paquet MME favorise mieux l'amélioration de la fertilité chimique du sol grâce aux engrais mais aussi grâce à la fixation symbiotique de l'azote. L'application d'engrais permet entre autre une meilleure production de biomasse par le *Mucuna* qui par effet de couverture étouffe *Imperata cylindrica* et détruit le *Striga hermontica* par son effet fertilisant ; cette biomasse contribue à la réduction de la température du sol et à l'augmentation de son humidité. Cependant, le MME pollue plus par l'application des engrais minéraux et par la fixation de l'azote atmosphérique très mobile dans le sol déjà très dégradé (sablo argileux).

Les autres options (MM et MHF) ont un effet fertilisant moindre (à cause de leur production plus faible de biomasse et/ou l'absence d'engrais), malgré leur faible effet polluant (Adoté et al., 1999). Le MMCCE recyclerait moins d'éléments que le MME à cause de sa production plus faible de biomasse (Adoté et al., 1999) alors que le système MHF permet de transformer la biomasse en fumier. Cette option présente une meilleure intégration des ressources de l'exploitation. MHF donne continuellement du bois en comparaison au système *Cajanus* qui ne le fournit qu'une fois par an. Il ressort de cette matrice et l'analyse qui s'ensuit que le paquet MME est le plus écologiquement durable et le *Cajanus* le moins durable.

**Tableau III: Matrice combinée d'options de recherche en fonction d'alternatives de durabilité**

Critères		MME	MM	MMCCE	MHF	MCC
Gestion du sol	Amélioration du statut chimique du sol	9	4	7	5	3
	Amélioration du statut organique	9	7	5	5	3
	Meilleur recyclage des éléments nutritifs	8	5	7	4	3
Micro-climat	Diminution de la pollution	2	7	3	6	8
	Augmentation de l'effet brise vent	1	1	1	6	4
Gestion des ressources	Micro-climat du sol	6	6	5	4	3
	Meilleure production de biomasse	9	7	5	2	4
	Meilleure production de bois	0	0	0	5	3
	Intégration de la biodiversité	2	2	3	8	5
	Lutte contre les adventices	7	6	5	3	1
Total		53	45	41	48	37

MME : Maïs – *Mucuna* – Engrais, MMCCE : Maïs – *Mucuna* à Cycle Court – Engrais, MM : Maïs – *Mucuna* (à cycle long), MHF : Maïs – Haie vive + Fumier, MCC : Maïs – *Cajanus cajan*.

#### 3.4.2. Durabilité sociale

Le tableau 4 est la matrice de résultats en fonction de la satisfaction des acteurs. Il montre que le MME et MMCCE représentent les meilleurs compromis suivis de MHF. Ceci peut s'expliquer par leur meilleure efficacité dans la fertilisation du sol. Le MM est le moins durable socialement.

**Tableau IV: Matrice de résultats en fonction de la satisfaction des acteurs**

Acteurs	MME	MMCCE	MM	MHF	MCC
Propriétaires terriens	5	5	4	2	3
Locataires	3	4	2	0	3
Agro-éleveurs	3	3	2	0	3
Exploitants-hommes	4	4	2	5	3
Exploitants-femmes	2	3	4	2	3
Organisations villageoises	4	4	2	3	2
Greniers villageois	5	5	2	4	2
Organismes d'appui	4	4	3	4	2
Chercheurs	4	4	2	2	4
Vulgarisateurs	5	5	0	4	2
Consommateurs	5	4	2	4	2
Commerçants	5	4	2	4	2
TOTAL	49	49	27	34	31
	(81,7%)	(81,7%)	(45%)	(56,7%)	(51,7%)

### 3.4.3. Durabilité économique

Le tableau 5 présente le profil de la main-d'œuvre des différentes options. Il indique que les options MCC et MHF paraissent les moins compétitives car nécessitant un fort surplus de main-d'œuvre. On note que ce surplus est concentré en période de préparation des champs pour le *Cajanus* et n'est pas économiquement rentable. Alors que celui de la MHF est équitablement réparti sur toute l'année et est économiquement compensé par le gain pondéral des animaux. Aux Philippines, les petits ruminants de poids moyen de 22,7 kg nourris de fourrage de *Leucaena leucocephala* ont un gain de poids de 4,7 kg en huit semaines (Serra et al., 1995).

L'analyse du profil de la main-d'œuvre présente le MCC comme l'option la moins durable économiquement. Alors que le total de gain durant l'année est favorable pour les options MME et MM.

**Tableau V: La compétitivité économique par analyse du profil de la main-d'œuvre**

Saisons	Période	Activités	Traditionnel (HJ)*	MME (HJ)	MM (HJ)	MMCCE (HJ)	Cajanus (HJ)	MH F (HJ)	Activités d'élevage	
	Janvier							+5,7		
	Février							+5,7	Préparation de terrain, Transport et	
Grande saison	Mars	Préparation des champs	33,3	0	0	0	0	+31	Enfouissement du fumier, Fourrage	
		Avril	Semis maïs	11,5	0	0	0	0	+0,7	Recherche fourrage + Compostage
		Plantation manioc	12,5	-12,5	-12,5	-12,5	0			
		Epandage engrais		+5		+5				
		Semis <i>Cajanus</i>					+2			
	Mai	Sarclage d'entretien	16,6	0	0	0	0	+0,7	Compostage	
		Semis <i>Mucuna</i>		+5,7	+5,7	+5,7				
	Juin	Epandage engrais (urée)		+2		+2		+5,7	Recherche fourrage + Compostage	
	Juillet							+5,7	Recherche fourrage + Compostage	
	Août	Récolte de maïs	6,5	0	0	0	0	+0,7	Compostage	
Récolte <i>Mucuna</i> et enfouissement engrais						+43				
Petite saison	Septembre	Préparation des champs	33,3	-33,3	-33,3	0	0	+0,7	Compostage	
		Semis du maïs	11,5	-11,5	-11,5	0	0			
	Octobre	Sarclage d'entretien	16,6	-16,6	-16,6	0	0	+0,7	Compostage	
		Récolte <i>Cajanus</i>					+10			
	Novembre						+1	Recherche fourrage + Compostage		
	Décembre	Récolte de maïs	6,5	-6,5	-6,5	0	0	+0,7	Compostage	
		Récolte du <i>Mucuna</i>		+14	+14	0				
Enfouissement			+33,3	+33,3	0					
Grande saison	Janvier							+1	Recherche fourrage + Compostage	
	Février							+1	Préparation de terrain, Transport et	
	Mars	Préparation des champs	33,3	0	0	0	0	+31	Enfouissement du fumier, Fourrage	
		Coupe et enfouissement <i>Cajanus</i>					+50			
	Avril	Récolte manioc	25	-25	-25	-25	0	+0,7	Compostage	
		Plantation <i>Mucuna</i>								
		Epandage engrais		+5		+5				
	Mai	Sarclage d'entretien	16,6	0	0	0		+0,7	Compostage	
		Semis de <i>Mucuna</i>		+5,7	+5,7	+5,7				
	Juin	Epandage d'urée		+2		+2		+5,7	Recherche fourrage + Compostage	
		Total perte			+72,7	+58,7	+68,4	+62	+113,2	
		Total gain			-105,3	-105,3	-37,5	-0	-0	
		Bilan			-32,6	-46,6	+30,9	+62	+113,2	

\* HJ = Homme-jour (unité de main d'œuvre)

### 3.5. Identification et évaluation des contraintes d'adoption du paquet MME par les paysans

Le tableau 6 présente la matrice globale de priorisation des contraintes pour le paquet MME. C'est une synthèse des différentes matrices construites par les différents groupes d'exploitants.

**Tableau VI : Priorisation des contraintes à l'adoption du paquet MME.**

Contraintes potentielles	Importance Relative (note ou nombre de points IR)	Degré de Sévérité (DS) en %	Rang par ordre de sévérité
Manque d'argent / crédit	36	73,5	1 <sup>er</sup>
Problème foncier	33	69	2 <sup>e</sup>
Manque de semence de <i>Mucuna</i>	22	45	3 <sup>e</sup>
Manque de semences améliorées de maïs	9	18	8 <sup>e</sup>
Stockage des nouvelles variétés de maïs	12	24,5	7 <sup>e</sup>
Suppression des associations	14	29	4 <sup>e</sup>
Suppression du manioc dans l'association maïs- manioc	13	27	6 <sup>e</sup>
Suppression de la petite saison de cultures	14	29	4 <sup>e</sup>
Manque de magasin de stockage pour le maïs	5	10	10 <sup>e</sup>
Manque d'engrais	7	14	9 <sup>e</sup>
Commercialisation des graines du maïs	4	8	11 <sup>e</sup>
Valorisation des graines de <i>Mucuna</i>	3	6	12 <sup>e</sup>
Parasite du <i>Mucuna</i> (en champ)	2	4	13 <sup>e</sup>
Irritation des poils urticants des gousses de <i>Mucuna</i>	2	4	14 <sup>e</sup>

Parmi les 14 contraintes à l'adoption du MME inventoriées par les exploitants, le manque d'argent (crédit) pour la location des terres et l'achat des intrants, le manque de terre/insécurité foncière, la suppression du manioc et autres associations de cultures avec le maïs, et la non disponibilité des semences de *Mucuna*, sont dans cet ordre, celles qui se sont révélées les plus importantes (DS > 45%) (Tableau 6).

## 5. Conclusion

La méthode d'évaluation du potentiel d'adoption et de la durabilité des innovations permet d'identifier des propositions de recherche les plus adaptées aux conditions socioéconomiques des utilisateurs. Son application au sud du Togo a permis de retenir, sur cinq propositions soumises à une sélection participative en milieu paysan, trois comme étant les plus adaptés pour l'intensification des cultures vivrières. Ces trois paquets: MME, MMCCE et MHF ont en effet présenté un degré de préférence supérieur à la moyenne et une bonne durabilité. Ils constituent des alternatives acceptables pour l'amélioration de la fertilité des sols.

A l'issue de l'étude, il a été recommandé la vulgarisation simultanée de ces trois paquets en raison de leur complémentarité.

La méthode d'évaluation utilisée dans cette étude présente des avantages avérés: la qualité ex-ante de la méthode permet d'identifier les contraintes potentielles à l'adoption et d'en envisager les solutions; elle permet la prise en compte des pratiques et des savoirs paysans ainsi que de leur grille d'évaluation, ce qui est différent des autres méthodes où les indicateurs d'évaluation sont préétablis et donc ne sont pas discutés avec les acteurs.

La méthode présente aussi des limites: la qualité ex-ante de la méthode ne permet pas la prise en compte des contraintes non perceptibles par les paysans lors de l'évaluation, c'est-à-dire celles ne survenant qu'après l'adoption de l'innovation, dues par exemple à une variation de climat; la non

disponibilité ou la rareté des outils de visualisation appropriés sur les innovations concernées pourrait entraîner une mauvaise perception de ces innovations par les paysans; l'intervention des chercheurs dans le système d'évaluation pourrait introduire des biais dans le choix des acteurs; l'utilisation du profil de la main-d'œuvre pour l'évaluation de la compétitivité économique n'est valable que dans les régions où la main-d'œuvre constitue une ressource critique; ailleurs, il faudrait utiliser une autre méthode telle que l'évaluation de la disposition à payer des paysans pour l'innovation.

### Remerciements

Nous remercions le Centre International pour la Recherche Agricole orientée vers le Développement (ICRA) qui a octroyé une bourse aux chercheurs, et l'IFDC-Afrique (Lomé, Togo) qui a permis la réalisation de cette étude et l'a financièrement et scientifiquement soutenue.

## Références bibliographiques

- Adoté S., Deffo V., Maliki R., et Ould Ferroukh Md el H., 1999.- Option d'intensification durable au sud du Togo. Document de travail N° 83.- Montpellier: ICRA.- 113 p.
- Carsky R. J., Tarawal S. A., Becker M., Chikoye D., Tian G. et Saupiaga N., 1998.- Mucuna – herbaceous cover legume with potential for Multiple use.- Nigeria: IITA, Res. Crop. Manag. Resea. Monog. N° 25.- 52 p.
- Dixon J., Gulliver A. and Gibbon D., 2001.- Farming Systems and Poverty, Improving Farmers' Livelihoods in Changing World.- Rome and Washington D.C.: Malcolm Hall. FAO and World Bank,- 412 p.
- FAO, 2001.- L'économie de la production des sols en Afrique subsaharienne.- Rome: Département du développement durable.- 40 p. [www.fao.org/docrep/003/x8827f/x8827f03.htm](http://www.fao.org/docrep/003/x8827f/x8827f03.htm) 10/07/09.
- Honfaga B. G. et Tshibaka T. B., 1997.- Gender sensitivity and role of women in soil fertility management. A case study in Togo.- Togo: Mimeorg.-18 p.
- ICRA, 2000.- Recherche Agricole orienté vers le Développement (RAD).- Montpellier: ICRA CD-ROM.
- Nordling L., 2008.- Analyse africaine: Porter la science sur le marché.- [www.scidev.net:SCIDEV.NET](http://www.scidev.net:SCIDEV.NET).- 4 p.
- RIU, 2008.- African innovation challenge fund guidance notes, juillet 2008.- [www.Researchintouse.com](http://www.Researchintouse.com): RIU.- 4 p.
- Serra A. B., Serra S. D., Orden E. A. O., Cruz L. C. et Eujihara F., 1995.- Multipurpose tree leaves and fruit in the diet of small ruminants during the dry season in the Philippines, p. 91-97. In: Sustainable small scale ruminant production in semi-arid and sub humid tropical areas.- University of Hohenheim (Allemagne): Institute for animal production in the Tropics and Sub Tropics.- 285 p

# Evaluation ex-ante de la prévision saisonnière en petit paysannat burkinabè

Dabire W. P. I., Barbier B., Savadogo K.

<sup>1</sup>INERA, Département Gestion des Ressources Naturelles /Système de Production, Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>2</sup>CIRAD et Centre International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>3</sup>Unité de Formation et de Recherche en Sciences Economiques et de Gestion, Université de Ouagadougou, Burkina Faso

## Résumé

La programmation linéaire est un excellent outil d'évaluation ex ante des innovations technologiques. Dans cette étude, nous évaluons l'intérêt économique de la prévision saisonnière dans un contexte de variabilité et de changement climatique, pour des paysans de la zone de Dano au sud ouest du Burkina Faso. Le modèle maximise le revenu en optimisant l'allocation des terres, du travail et des intrants entre plusieurs types de sols et de cultures. Les rendements varient selon le type de sol, d'itinéraire technique et d'hivernage. Trois scénarios sont proposés au modèle : un myope (le paysan n'a pas accès aux prévisions), une prévision de saison sèche, de saison moyenne et une prévision de saison humide. Etrangement le modèle montre que c'est une prévision de saison humide qui procure le meilleur gain. La prévision de saison sèche n'apporte pas beaucoup de changement en terme de revenu. Globalement le gain de revenu de la prévision est relativement peu élevé, mais le coût d'une erreur de prévision est élevé. Ces résultats militent pour une certaine prudence vis-à-vis de l'intérêt des prévisions saisonnières pour la réduction de la vulnérabilité.

**Mots clés :** Modélisation bioéconomique; Prévision saisonnière; Changement climatique; Vulnérabilité; gestion du risque.

## 1. Introduction

Le changement climatique dans le monde entier est une réalité indéniable ; il est en partie inévitable du fait des émissions passées et actuelles de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et pose un défi majeur au développement économique et social. Ce changement a un impact significatif sur les saisons. La variabilité saisonnière est devenue une contrainte à la décision de production (Shardul & Frankhauser, 2008). La question de savoir comment sera la saison à venir se pose à tout moment et d'un coup se pose la question de quoi produire pour minimiser les pertes (Maurizio, Lorenzo, Andrea, Idrissa, Birama, & Mamadou, 2008). Les paysans chercheront à combiner les activités et les facteurs de production de sorte à obtenir un revenu maximum.

L'objectif de cette étude est de proposer un mode d'utilisation optimale des bassins versants. Cela revient à rechercher une combinaison des différentes activités de sorte que la rentabilité soit optimale. Nous allons comparer des scénarii contrastés qui permettront de proposer des options optimales de gestion alternative des ressources sous l'hypothèse que Les exploitants sont rationnels et utilisent les ressources du bassin versant de façon optimale et que la rareté de certaines ressources constitue des facteurs limitant à la production.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Description du site

Le site de cette étude est Pontièba (« le marigot aux crapauds » en langue Dagara), village de la commune rurale de Dano, province du Ioba dans le Sud Ouest du Burkina Faso (YILI, 2006). La population d'environ 1800 habitants est d'ethnie Dagara. Ce choix se justifie d'une part, par le fait que



produits de ces activités. Cette fonction objectif est par exemple, dans notre cas, le revenu annuel de toute l'exploitation que le programme cherche à maximiser.

### 2.3.1. Modèle théorique

Soit un bassin versant d'une superficie S que l'on peut exploiter de différentes manières : activités agricoles (cultures pluviales et irriguées), l'élevage et la pêche.

Supposons que l'on décide d'exploiter le bassin versant uniquement pour les activités agricoles ; soient  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , les cultures pratiquées. Les produits issus de ces cultures à des coûts unitaires de production  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , seront vendus aux prix  $P_1, P_2, \dots, P_n$ . Soient  $Q_1, \dots, Q_n$ , les quantités vendues des cultures  $X_i$ , déduction faite de la quantité autoconsommée.

L'objectif est de trouver une combinaison optimale de différentes cultures qui procurera le maximum de revenus aux exploitants du bassin versant. Soit R ce revenu ;

Cette optimisation n'est pas sans contrainte ; les exploitants sont confrontés à des contraintes d'ordre économique et environnemental

Le modèle d'optimisation peut s'écrire de la façon suivante :

$$\text{Max } R = P_1 \cdot Q_1 + \dots + P_n \cdot Q_n$$

$$\text{Sous contrainte : } C_{11} X_1 + C_{12} X_2 + \dots + C_{1n} X_n \leq \beta_i$$

$$X_i \geq 0$$

Avec  $C_{ij}$  le vecteur des coefficients des variables de la fonction objectif et  $\beta_i$ , le vecteur des coefficients de disponibilité des ressources.

### 2.3.2. Le modèle empirique

#### **La fonction objectif :**

Le revenu total issu de l'exploitation du bassin versant à maximiser :

$$\sum_c [VE(c) \times pxv(c)] - \sum_c [X(c, s) \times csem(c) + X(c, s) \times int(c, s)]$$

$$- \sum_c [AC(c) \times pxa(c)] - [cred \times taux] - [pxo \times parc] \quad (1)$$

Avec VE les quantités des produits vendus ; P<sub>xv</sub>: les prix de ventes des différents produits ; C<sub>sem</sub> et int : le coût d'achat des semences et intrants ; Taux: taux d'intérêt bancaire.

#### **Les activités**

Les activités du modèle sont les cultures comptées en hectares. Le système de cultures pratiquées est en général la monoculture et quelque rare fois les cultures associées .On y rencontre des associations sorgho-niébé, mil-niébé, mil\_sésame

Soit c l'ensemble de ces cultures

$$c : \{ \text{mil, mais, sorgho, riz, coton, arachide, niébé, soja, tomate} \}$$

Soient  $c_p, c_b, c_i$  des sous ensemble de C, avec :

$$C_p(c) \text{ cultures en pluviale : } \{ \text{mil, sorgh\_bl, sorgh\_rg, niebe, coton, arachide, soja} \}$$

$$C_b(c) \text{ cultures de bas fond : } \{ \text{mais, riz, soja} \}$$

$$C_i(c) \text{ cultures irriguées : } \{ \text{mais, riz, tomate} \}$$

Considérons trois types de sol :

$$S = \{ \text{Terre\_haut, bas - fonds, irrigation} \}$$

Avec S1 :terre haute, ; S2, S3 les parcelle irriguée pour les campagne de production1 et 2.

S4 ET S6 les bas fonds

La production de ces cultures se confronte à des contraintes.

➤ La disponibilité de la terre :

la variable de décision de cette ressource est la superficie cultivée par type de culture. Soit land(s) la superficie totale disponible pour toutes les cultures en terre haute, en irrigation et en bas fonds.

➤ L'allocation de la terre:

Les besoins en terre pour chaque culture sont représentés par X (c)

L'équation de la contrainte de terre sera donc :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \leq \text{land}(s) \quad (2)$$

La somme des superficies utilisées pour chaque culture doit être inférieure ou égale à la superficie disponible dans tout le bassin versant par type de sol.

➤ La contrainte de temps :

Selon la chronologie des activités dans le temps, la campagne agricole peut être divisée en plusieurs périodes. Pour cette étude il sera retenu six principales périodes

P1 période d'installation des cultures pluviales; P2 période de récolte des cultures pluviales

P3 période d'installation cultures irriguées 1; P4 Période de récolte cultures irriguées 1

P5 Période d'installation des cultures irriguées 2; P6 Période de récolte cultures irriguées 2

La détermination de la quantité de travail nécessaire (tn) durant la campagne agricole de P1 à P6 et selon le type de sol, prend en compte le nombre de jours de travail disponible (td) et du nombre d'actifs au sein du bassin versant ( $pop \times c\_pers$ )

L'équation de la contrainte de temps de main d'œuvre familiale s'écrit :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \times tn(c, n, p) \leq td \times pop \times c\_pers \quad (3)$$

avec pop la population totale et c\_pers la proportion d'actif au sein du bassin versant.

➤ La contrainte de liquidité :

Le besoin de liquidité pour la production est lié aux coûts de production. Ces coûts se résument, dans la plupart des cas, à la valeur des semences, des fertilisants et pesticides.

Soit  $bes\_cap(c, s)$  le besoin en capital pour la production pour un hectare de culture c et par type de sols pour l'achat des semences (csem) et des intrants (Int).  $Bes\_cap = csem + int$

Cependant la disponibilité monétaire déterminée par les fonds propre dont dispose le ménage en début de campagne (capital) est très limitée. D'où le recours au crédit de campagne qui est un emprunt à court terme.

Désignons par Cred le niveau d'endettement que chaque ménage peut contracter. L'équation de la contrainte de liquidité pour l'ensemble du bassin versant est :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \times bes\_cap \leq cap + (cred \times parc) \quad (4)$$

avec Parc, nombre de parcelles irriguées.

➤ La contrainte environnementale:

L'objectif étant de trouver une utilisation optimale qui prend en compte des objectifs à la fois économiques et environnementaux. Il faut trouver une combinaison optimale des différentes activités qui produit le maximum de revenu tout en prenant en compte l'impact négatif de ces activités sur le plan environnemental.

La prise en compte du facteur environnemental peut se faire par l'introduction des contraintes ou par une limitation de l'utilisation des actifs naturels. En considérant l'érosion des sols comme facteur de dégradation de l'environnement ;

Soient erod(s) facteur d'érodibilité du sol ; cli facteur d'agressivité du climat de Wischmeier ; sl facteur topographique ; pae facteur pratiques anti érosives; couveg(c) facteur du couvert végétal terres cultivées ; er(c, s) terre érodée en tonnes par hectare;

$$er(c, s) = cli \times erod(s) \times sl \times couveg(c) \times pae \quad (5)$$

La contrainte d'érosion par type de sol est :

$$\sum_c \sum_p X(c, s) \times er(c, s) = ero(s) \quad (6)$$

La contrainte d'érosion totale (erot) est alors :

$$\sum_s ero(s) \leq erot \quad (7)$$

➤ La contrainte d'eau pour l'irrigation

Soient q\_eau quantité d'eau disponible en m<sup>3</sup>; bes\_eau le besoin en eau en m<sup>3</sup> par ha et pxo la redevance eau pour irrigation. L'équation de la contrainte d'eau est :

$$\sum_c \sum_s X(c, s) \times bes\_eau + O \leq q\_eau + O_{-1} \quad (8)$$

➤ La contrainte d'autosuffisance alimentaire

Soient alim, besoin alimentaire par personne en kg, AU(c) la quantité consommée par céréale, AC(c) quantité achetée par céréale en kg pour la consommation et pa(c) la préférence alimentaire pour chaque céréale ; la contrainte alimentaire est :

$$\sum_c (AU(c) + AC(c)) \times pa \geq a \lim \times pop \quad (9)$$

Les scénarii réalisés sont fonction de l'information dont disposent les producteurs sur l'état de la nature. En considérant trois états de la nature, (saison sèche, saison moyenne, et saison humide) quatre scénarii peuvent se produire :

- les producteurs n'ont aucune information sur l'état de la nature de la saison à venir (qa0)
- les producteurs ont une prévision de saison sèche (qa1)
- les producteurs ont une prévision de saison moyenne (qa2)
- les producteurs ont une prévision de saison humide (qa3)

L'allocation des ressources, la décision de production et les prix vont varier ; on obtient un revenu optimal global qui est la somme des revenus par scénario. La programmation linéaire suivant ces scénarii nous a permis d'aboutir aux résultats que voici à la section suivante.

## 3. Résultats et discussions

### 3.1. Allocation optimale des terres cultivables

#### 3.1.1. Scénario 1 : les producteurs n'ont aucune information sur l'état de la saison à venir qa0

Dans ce cas, 66 % de la superficie en haute terre sera utilisée pour la production du mil (38 %) et du niébé (28 %), 53 % des parcelles aménagées doivent être allouées à la production du riz pendant la première campagne d'irrigation car nous avons dans cette zone trois campagne d'irrigation. Pour la deuxième et troisième campagne d'irrigation, la totalité de la surface doit être allouée à la production de la tomate. Toute la superficie en bas fonds est utilisée pour la culture de riz. La terre n'est pas un facteur limitant pour les cultures pluviales en haute terre. 34 % de ces terres sont mises en jachère.

#### 3.1.2. Scénario 2 : les producteurs ont une prévision de saison sèche (qa1)

Si les données météorologique prévoient une saison sèche, l'allocation des superficies sera de 69 % de la superficie totale en terres hautes uniquement pour le mil en pluvial soit une augmentation de 31% par rapport à la situation initiale. L'allocation de la terre reste inchangée pour les cultures irriguées et celles des bas fonds.

#### 3.1.3. Scénario 3 : les producteurs ont une prévision de saison moyenne (qa2)

Si des données de la météo prévoient une saison moyenne, 65 % de la superficie en haute terre sera utilisée pour la production du niébé (33%) et du mil (32 %, soit une baisse de 6% par rapport à la situation initiale). L'allocation de la terre reste inchangée pour les cultures irriguées et celles des bas fonds.

#### 3.1.4. Scénario 4 : les producteurs ont une prévision de saison humide (qa3)

Si des données de la météo prévoient une saison humide, 41% de la superficie en haute terre sera utilisée pour la production du sorgho blanc (30 %) et du maïs (11 %). Les agricultures ne produiront pas de mil. L'allocation de la terre reste inchangée pour les cultures irriguées et celles des bas fonds.

En résumé, lorsque qu'il y a des prévisions d'année sèche, la culture de mil est prédominante (cf. figure 2). Ce constat confirme les dires des producteurs lors de l'enquête; selon eux, le mil résiste plus à la sécheresse que les autres cultures. Et lorsque la saison est humide le rendement du mil baisse et il est plus rentable de faire du sorgho et du maïs

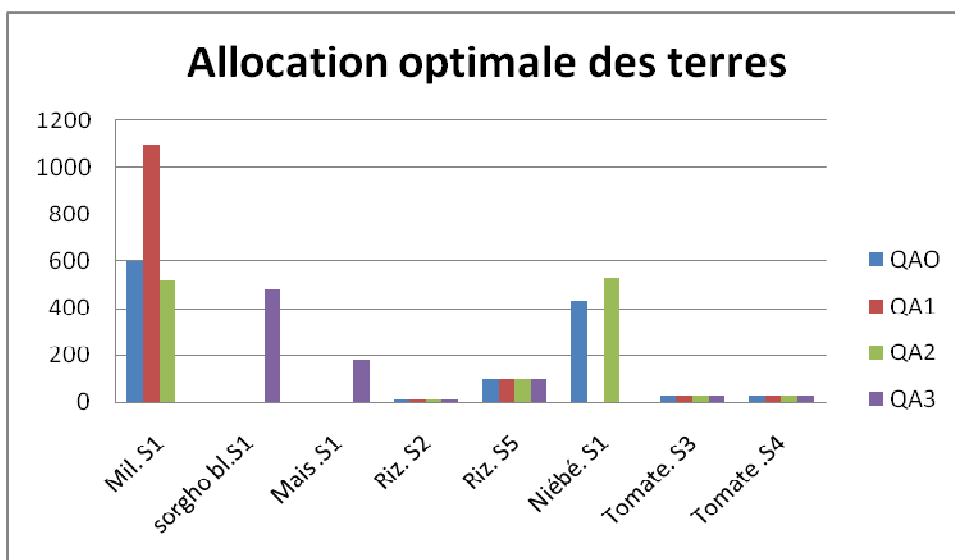


Figure 2

### 3.2. Revenus optimaux selon les scénarii

#### 3.2.1. Scénario 1 : les producteurs n'ont aucune information sur l'état de la nature la saison à venir

Lorsque les producteurs n'ont aucune prévision sur l'état de la nature et qu'il s'avère que l'année est sèche, le revenu optimal est de 96 Millions de francs CFA.

Si l'année est moyenne, le revenu optimal est de 106 Millions de francs CFA

Si l'année est humide, le revenu optimal est de 103 Millions de francs CFA.

#### 3.2.2. Scénario 2 : les producteurs ont une prévision de saison sèche (qa1)

Si l'année est effectivement sèche, le revenu optimal observe une légère hausse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale.

Si l'année est moyenne, le revenu optimal observe une légère baisse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale.

Si l'année est humide, le revenu optimal observe une légère baisse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale.

#### 3.2.3. Scénario 3: les producteurs ont une prévision de saison moyenne (qa2)

Si l'année est sèche, le revenu optimal connaît une baisse de 2 unités monétaires par rapport à la situation initiale (qa0) et aussi une baisse de 3 unités monétaires par rapport à la situation qa1.

Si l'année est effectivement moyenne, le revenu optimal une connaît une hausse de 1 unité monétaire par rapport à la situation initiale (qa0) et aussi une hausse de 2 unités monétaires par rapport à la situation qa1.

- Si l'année est humide, le revenu optimal reste constante par rapport à la situation initiale (qa0) et connaît une hausse de 1% par rapport à la situation qa1.

#### 3.2.4. Scénario 4: les producteurs ont une prévision de saison très humide (qa3)

Si l'année est sèche, le revenu optimal connaît une importante baisse (de la moitié des unités monétaires ) par rapport aux situations précédentes qa0, qa1 et qa2.

Si l'année est moyenne, le revenu optimal connaît une baisse de 3 unités monétaires par rapport à qa0, de 2 unités par rapport à qa1 et 4 unités monétaires par rapport à la situation qa2.

- Si l'année est effectivement très humide, le revenu connaît une importante hausse d'environ 18 unités monétaires par rapport aux situations précédentes.

La situation optimale (cf figure 3) est celle pour la quelle les prévisions météorologique correspondent à la situation réelle de la saison de pluie. Les revenus sont légèrement plus élevés dans ces cas.

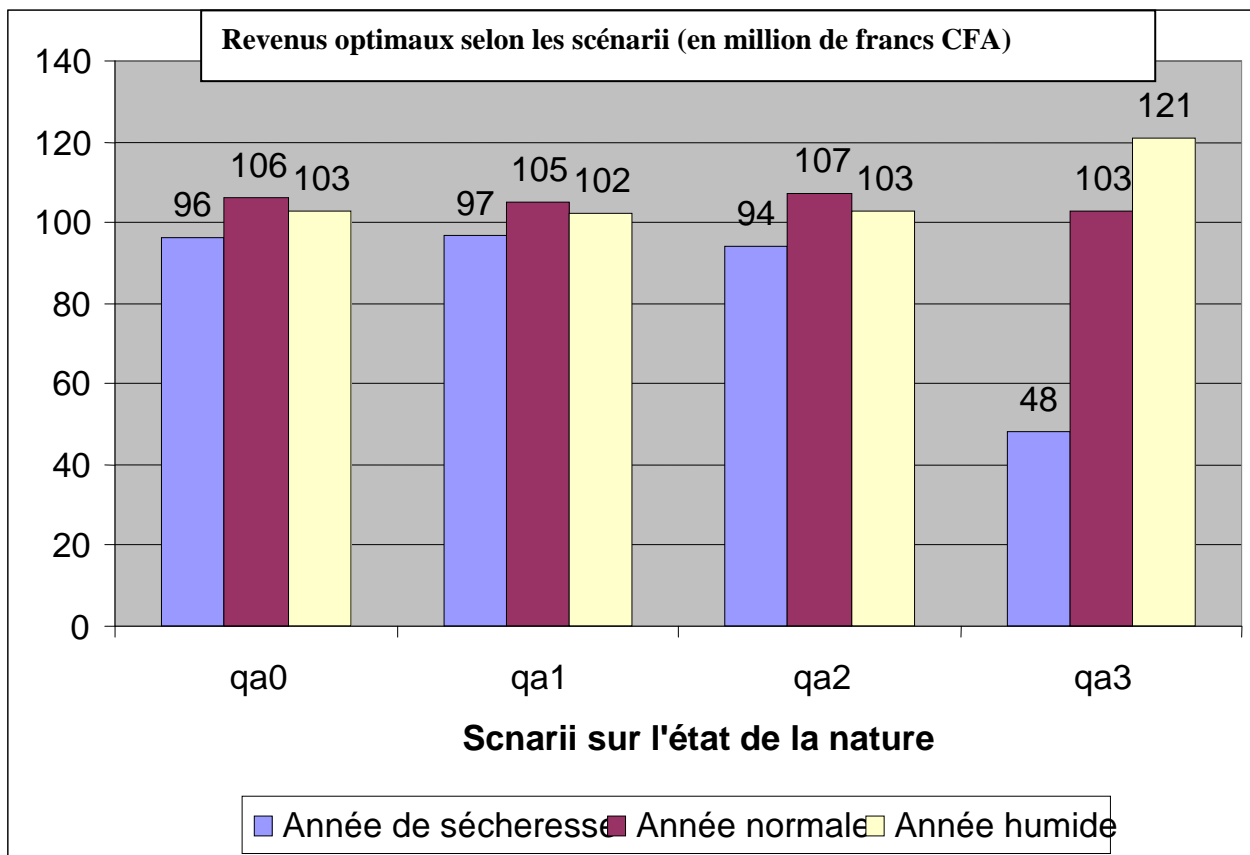


Figure 3

### 3.3. Les valeurs Marginales

#### 3.3.1. Valeur marginale du facteur travail (en francs CFA)

Seule la période d'installation des cultures (P1), au mois de juin a une valeur marginale. La main d'œuvre est donc un facteur limitant pour la production et si le producteur doit louer une journée supplémentaire de travail il payera environ 1500 FCFA c'est-à-dire près que le double du salaire moyen journalier observé dans la zone.(cf. tableau 1)

Tableau III

PERIODES.	Aucune prévision	Prévision de sécheresse	Prévision année moyenne	Prévision année humide
P1	1436.37	1597.27	1523.47	1570.43

#### 3.3.2. Valeur marginale du facteur terre (en francs CFA)

Les valeurs dans le tableau 2 sont les valeurs marginales de la terre, Elles représentent ce que gagne un producteur en augmentant d'un ha supplémentaire la superficie de s3, s4, s5 et s6 . La terre n'est pas un facteur limitant pour les cultures pluviales (s1 et s2). Il y a encore des terres disponibles dans le bassin. Par contre la surface irriguée est limitante en deuxième et troisième campagne.

**Tableau IV**

Type de sol	Aucune prévision	Prévision de sécheresse	Prévision année moyenne	Prévision année humide
s1	0	0	0	0
s2	0	0	0	0
s3	707744.81	714893.75	714893.75	714893.75
s4	608744.81	614893.75	614893.75	614893.75
s5	195654.11	157963.75	206963.75	227963.75
s6	354054.11	324963.75	366963.75	380963.75

### 3.3.3. Valeur marginale du facteur eau (en francs CFA)

L'eau n'est pas un facteur limitant pour les cultures en hautes terres. Elle l'est pour les trois campagnes d'irrigation. Dans ce cas présent le m<sup>3</sup> d'eau coûtera plus cher à la troisième campagne.

**Tableau V**

valeur eau	Aucune prévision	Prévision de sécheresse	Prévision année moyenne	Prévision année humide
s2.a1	114.91	121.48	116.07	110.66
s3.a1	191.52	202.47	193.45	184.43
s4.a1	319.2	337.45	322.42	307.39

## 4. CONCLUSION

Ce travail a permis d'évaluer les options d'allocation optimale des ressources. Il a permis de présenter l'intérêt de l'évaluation ex-anté à l'aide d'un modèle d'optimisation. L'évaluation ex-anté est de nos jours un moyen efficace pour réduire la vulnérabilité et aussi de permettre aux agriculteurs de mieux s'adapter aux changements et variabilité climatique présents et futurs. La programmation linéaire est l'un des meilleurs outils d'aide à la décision à travers grâce au logiciel. Elle permet de connaître le coût d'opportunité d'un choix opéré c'est-à-dire, à travers les valeurs marginales du modèle, le décideur est à mesure de savoir le gain ou la perte qu'il réalisera sur un choix donné.

Malgré tous les atouts ci cités, les modèles d'optimisations comme outil d'évaluation multicritères des innovations présentent des limites. La limite majeure est toute la difficulté d'avoir des données fiables pour renseigner tous les paramètres du modèle.

# Prise en compte des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre dans la conception des systèmes d'élevage innovants

Vayssières J. <sup>1</sup>, Vigne M. <sup>1</sup>, Thevenot A. <sup>3</sup>, Cano M. <sup>3</sup>, Broc A. <sup>4</sup>, Bellino R. <sup>5</sup>, Diacono E. <sup>2</sup>, Tillard E. <sup>2</sup>, Lecomte P. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIRAD UR18 Systèmes d'Elevage, St Pierre, La Réunion

<sup>2</sup> CIRAD UMR Elevage des Ruminants en Régions Chaudes, St Pierre, La Réunion

<sup>3</sup> CIRAD / Université de Montpellier II, Montpellier, France

<sup>4</sup> Université de la Réunion, Le Tampon, La Réunion

<sup>5</sup> SUPAGRO, Montpellier, France

## Résumé

Selon le GIEC les activités anthropiques jouent un rôle essentiel dans le réchauffement climatique de notre planète. Selon la FAO, l'élevage contribuerait à hauteur de 18% aux émissions totales de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique. Face à une population mondiale et une demande en produits animaux grandissantes, il s'agit de concevoir des systèmes d'élevage non seulement plus productifs mais également moins émetteurs de GES. Dans cette perspective et à titre exploratoire, un important travail méthodologique a été mené afin d'évaluer les consommations énergétiques et les émissions de GES des productions animales à La Réunion. Partant d'une méthode développée en France métropolitaine il a fallu réévaluer les coefficients énergétiques et les facteurs d'émission en tenant compte des particularités du contexte et des systèmes d'élevage locaux. Afin de le rendre plus générique, ce travail a couvert les principales productions animales de l'île : l'élevage de bovin lait, de bovin viande, de porc, de volaille et de lapin. L'échantillon étudié couvre 165 élevages soit environ 25% des exploitations encadrées par les coopératives locales. Les résultats montrent une forte diversité de performances énergétiques ce qui sous-entend une marge de progrès importante. Diminuer les consommations énergétiques et donc réduire les émissions de GES par kg de viande produite, suppose une amélioration des performances zootechniques telles que l'indice de consommation. Il est donc possible d'intensifier les productions animales tout en contrôlant leurs émissions de GES. Un travail similaire mériterait d'être mené en Afrique ; il supposera de fortes adaptations méthodologiques pour pouvoir évaluer des systèmes peu mécanisés et à faible niveau d'intrants.

**Mots clefs** : analyse de cycle de vie ; adaptations méthodologiques ; impact environnemental ; voies d'amélioration ; élevage à l'île de La Réunion.

## 1. Introduction : nécessité d'une meilleure prise en compte des émissions de GES dans la conception des systèmes d'élevage des pays du Sud

Le réchauffement climatique est maintenant avéré et inéluctable (IPCC, 2006). Les activités anthropiques ont un rôle essentiel dans le réchauffement climatique de notre planète. Il résulte principalement d'un accroissement rapide de la concentration en GES de l'atmosphère. Cet accroissement est lui-même fortement lié aux consommations d'énergies non renouvelables en plein

essor depuis l'industrialisation dans les années 1950 des pays actuellement développés, puis encore accentuée par celle des pays émergents ces dix dernières années.

La place des activités d'élevage n'est pas négligeable puisqu'il est estimé qu'elles sont à l'origine, directement ou indirectement, de 18% des émissions de GES (Steinfeld *et al.*, 2006). Cette estimation comptabilise :

- les émissions indirectes résultant du transport des intrants et des produits des activités d'élevage, et de la mise en culture ou en prairies d'espaces naturels et de forêts (déstockage du carbone),
- et les émissions directes liées à la fermentation entérique des ruminants, la gestion des effluents d'élevage et la fertilisation minérale des cultures et prairies destinées à l'alimentation des animaux.

Pour la recherche zootechnique il s'agit i) non seulement d'anticiper les conséquences (positives ou négatives) que le réchauffement climatique pourrait avoir sur les systèmes d'élevage pour faciliter leur adaptation (Thornton *et al.*, 2009), ii) mais aussi d'accompagner une réduction des émissions de GES liées aux activités d'élevage. Ce processus est déjà en réflexion et parfois amorcé dans les pays industrialisés signataires du protocole de Kyoto. Ces derniers se sont en effet engagés à réduire de 20% leurs émissions de GES d'ici 2050. Les pays émergents et en développement signataires eux n'ont pour l'instant pas de contraintes spécifiques. C'est cependant dans ces pays que la croissance des émissions risque d'être la plus importante dans les 40 prochaines années. En effet la population est en forte croissance et ses comportements de consommation sont en pleine mutation. La prospective Agrimonde prévoit que le continent Africain en particulier génère une part majeure de la croissance démographique mondiale à venir (Chaumet *et al.*, 2009). Cette croissance devrait s'accompagner d'une rapide augmentation de la demande en produits agricoles et tout particulièrement en produits d'origine animale si le changement des habitudes alimentaires suit celui déjà intervenu en pays industrialisés et en cours en pays émergents. Il s'agit donc dès aujourd'hui de développer des méthodes permettant l'évaluation des consommations énergétiques et des émissions de GES générées par les activités d'élevage, tous particulièrement dans les pays du Sud.

## 2. Méthode : une nécessaire adaptation des méthodes d'évaluation selon le contexte et les systèmes d'élevage locaux

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) permet d'évaluer l'impact de produits à une échelle globale au-delà des frontières territoriales. Elle est donc particulièrement pertinente quand on souhaite évaluer la contribution globale d'une activité au réchauffement climatique. Son principe est de considérer l'ensemble de la chaîne de production d'un produit : « de son berceau à sa tombe » et selon de multiples critères d'impact (énergie, polluants acidifiants, écotoxicité, GES, eutrophisation, etc). Cette approche a inspiré tout un ensemble d'outils tels que SIMAPRO®. La grande majorité de ces outils font référence à des bases de données normalisées du type ECOINVENT<sup>26</sup>. Ces bases de données définissent les facteurs d'émissions et de consommations de ressources intervenant à chacune des étapes de fabrication du produit et de traitement des co-produits et des déchets qu'il génère. Ces bases sont abondamment renseignées concernant les régions industrialisées et les produits industriels mais elles restent difficilement applicables à l'étude des productions agricoles dans les pays du Sud.

La méthode PLANETE retenue dans cette étude s'inspire de l'ACV mais elle se limite à deux de ses dimensions : les consommations d'énergies non renouvelables et les émissions de GES. Autre particularité de la méthode, son périmètre d'étude s'arrête aux portes de la ferme et ne considère pas la commercialisation du produit et le recyclage de ses co-produits. Cette méthode est donc particulièrement adaptée pour comparer différents systèmes de production. Cependant les coefficients proposés dans l'outil PLANETE sont uniquement valables pour évaluer des productions agricoles en

---

<sup>26</sup> <http://lca.jrc.ec.europa.eu>; <http://www.lcafood.dk>;

France métropolitaine (Bochu, 2007). Un important travail d'adaptation des coefficients énergétiques et des coefficients de GES a donc été entrepris.

Pour les coefficients énergétiques, ce travail a été effectué principalement selon trois modalités :

- Lorsque les intrants étaient importés, nous avons conservé le coefficient initial auquel nous avons ajouté un coût énergétique pour le transport depuis la France métropolitaine jusqu'à la Réunion (soit 10 600 km en fret maritime). Cela a été le cas par exemple du matériel agricole.

- Si les intrants étaient de même nature mais avaient des origines différentes nous avons substitué le coût énergétique du transport initial par un transport nouvellement calculé. Par exemple, le fioul consommé à La Réunion a une origine différente. Nous avons donc conservé les coûts énergétiques attribués pour l'extraction et le raffinage mais nous avons remplacé le transport « site de production (Mer du Nord, Proche Orient, ...) / France métropolitaine » par un transport « site de production (Singapour) / La Réunion ».

- Certains intrants étaient particuliers aux systèmes de production réunionnais. Dans ce cas un nouveau coefficient énergétique a été calculé. C'est le cas par exemple du coût énergétique de l'ensilage produit à La Réunion qui a été calculé selon l'itinéraire technique moyen et les différents intrants consommés lors des différentes étapes du cycle de production : création de la prairie, entretien, récolte de l'ensilage et transport sur l'exploitation.

Concernant les émissions de GES, la démarche a consisté à maintenir les coefficients déjà présents dans la méthode en y ajoutant les émissions liées au transport lorsque les intrants étaient importés depuis la France métropolitaine. Seul le coefficient d'émissions lié à la production d'électricité a été recalculé selon les modalités locales (moindre utilisation du nucléaire au profit du charbon). Concernant les émissions de GES directes (essentiellement émissions de CH<sub>4</sub> d'origine entérique et de N<sub>2</sub>O issus de la gestion des effluents d'élevage), le manque de données expérimentales locales nous a contraint de reprendre de grands standards internationaux proposés par le GIEC alors que ces coefficients d'émission mériteraient certainement d'être adaptés du fait de la particularité des conditions climatiques locales.

### 3. Résultats : une diversité porteuse de progrès

Face à une forte incertitude et un manque de recul par rapport aux facteurs d'émissions de GES introduits dans l'outil PLANETE Mascareignes seuls les résultats des bilans énergétiques sont présentés dans ce document.

#### 3.1. Diversité des performances énergétiques et postes majeurs de consommation

Le tableau 1 donne les consommations énergétiques totales moyennes ramenées à la production de viande ou de lait. Le coefficient de variation associé à ces moyennes, les deux principaux postes de consommation et le coût de l'insularité sont également donnés dans ce tableau. Le coût de l'insularité correspond au pourcentage de la consommation énergétique totale imputable au transport des intrants depuis la France métropolitaine.

Cette étude montre une forte disparité des résultats entre productions animales. L'élevage de bovin lait est difficilement comparable étant donné son unité de produit différente (le litre de lait *versus* le kg de viande vif pour les autres productions). Pour ce qui est des élevages ayant la viande comme produit principal, les monogastriques (e.g. porc, volaille) ont physiologiquement un meilleur rendement d'utilisation des aliments que les ruminants (e.g. bovin viande) ce qui explique leurs consommations énergétiques plus faibles. A l'exception des élevages de lapin qui sont particulièrement affectés par des problèmes sanitaires (forte mortalité avant sevrage) et par conséquent dont les consommations énergétiques se rapprochent des consommations des élevages de ruminants. Au-delà de ces comparaisons inter-productions, on notera surtout une forte variation intra-production des consommations énergétiques puisque les coefficients de variation sont tous supérieurs à 10%. Cette

variabilité est particulièrement élevée pour les élevages de bovins viande naisseurs et engraisseurs, et pour les élevages de lapin dont les coefficients de variation sont respectivement égal à 40, 28 et 33%.

**Tableau I. Consommations énergétiques totales et principaux postes de consommation par production animale à La Réunion (données 2007)**

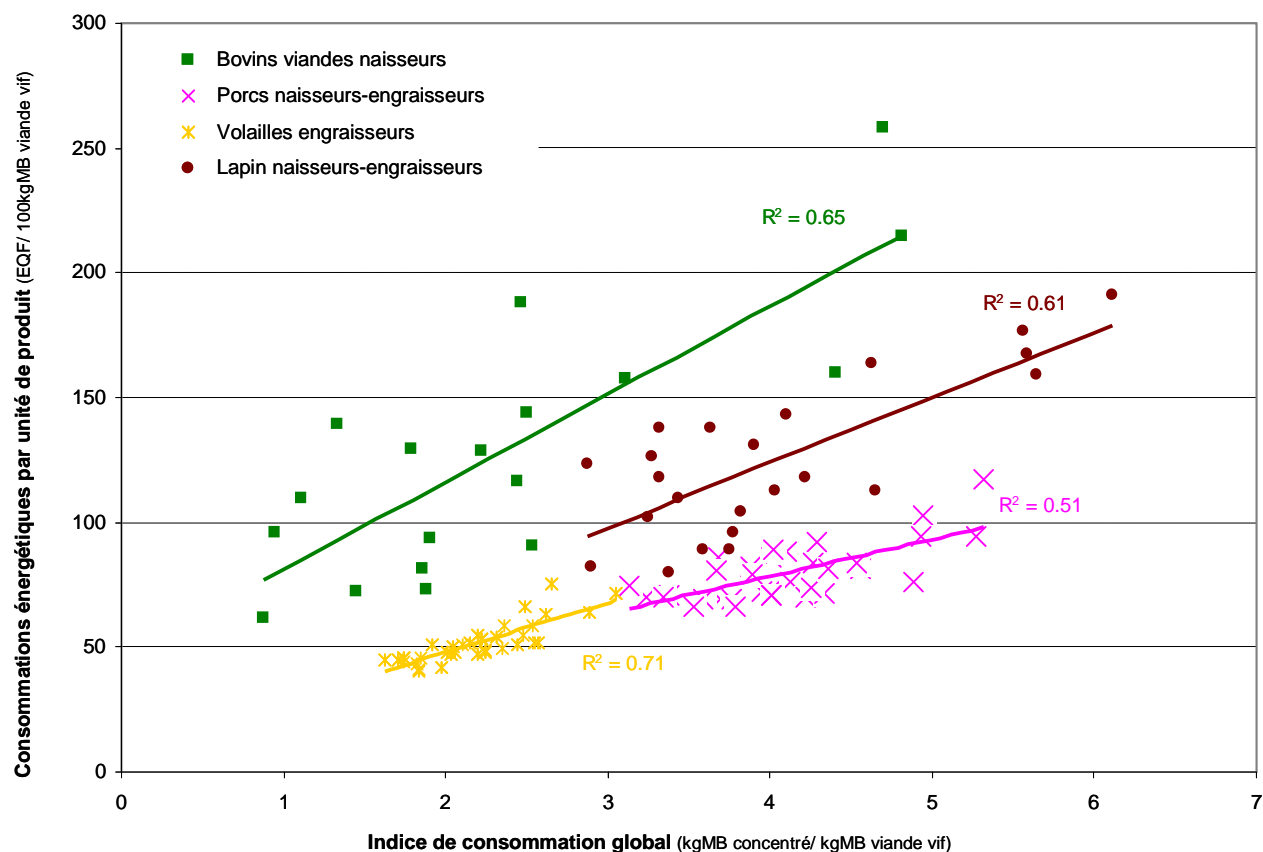
Productions	Consommations énergétiques totales		Principaux Postes de consommation		Coût de l'insularité (%) <sup>3</sup>
	Moyenne (EQF/ 100 unités de produit) <sup>1</sup>	coefficient de variation (%)	1 <sup>er</sup> poste (%) <sup>2</sup>	2 <sup>ème</sup> poste (%) <sup>2</sup>	
Bovin lait	22	12	Alimentation (59)	Carburant (11)	27
Bovin viande naisseur	133	40	Alimentation (32)	Carburant (30)	15
Bovin viande engraisseur	168	28	Alimentation (52)	Animaux de renouvellement (14)	24
Porc	79	14	Alimentation (78)	Electricité (9)	34
Volaille	58	16	Alimentation (74)	Electricité (11)	30
Lapin	127	33	Alimentation (59)	Electricité (15)	31

<sup>1</sup> l'unité de produit est le litre de lait brut pour l'élevage de bovin lait. Pour le reste des productions il s'agit du kg de viande vif. <sup>2</sup> il s'agit du pourcentage de la consommation énergétique totale. <sup>3</sup> il s'agit du pourcentage de la consommation énergétique totale imputable au transport des intrants depuis la France métropolitaine.

Quelle que-soit la production considérée l'alimentation reste le principal poste énergétique. Selon la production, il représente 32 à 78% des consommations énergétiques totales. C'est particulièrement vrai pour les élevages hors-sol ayant fortement recours aux aliments concentrés importés. Le 2<sup>ème</sup> poste est généralement le carburant pour les ruminants et l'électricité pour les monogastriques. Enfin mis à part l'élevage de bovins viande naisseurs qui valorise des surfaces prairiales importantes, le coût de l'insularité des productions animales réunionnaises est particulièrement élevé (> 24%). Il reflète leur forte dépendance vis-à-vis de la France métropolitaine, le territoire d'origine de la majorité des intrants consommés.

### 3.2. Corrélation entre performances énergétiques et performances techniques

La figure 1 représente la consommation énergétique totale pour 100 kg de poids vif produit en fonction de l'indice de consommation global pour quatre des productions étudiées. L'indice de consommation global est le rapport entre la consommation annuelle totale d'aliments concentrés sur la ferme et la production annuelle totale de viande vive sortie de l'exploitation. Cet indice intègre la consommation d'aliments concentrés pour élever les reproducteurs et les animaux de renouvellement dans le cas d'élevages intégrant un atelier naisseur ; ce qui est le cas de l'élevage de bovins viande naisseurs, de porcs et de lapins.



**Figure 1. Corrélation entre la consommation énergétique et l'indice de consommation en élevage à La Réunion (données 2007)**

Les droites de régression linéaires entre la variable environnementale et la variable technique sont également représentées en figure 1. En référence aux  $R^2$ , nos travaux montrent une corrélation positive entre ces deux variables. Ces résultats sont cohérents avec le fait que l'alimentation représente le principal poste de consommation énergétique (cf. tableau 1). La corrélation est particulièrement forte pour la production de volaille où le  $R^2$  est supérieur à 0,7.

### 3.3. Voies d'amélioration

Au-delà de la simple quantification de l'impact probable des productions animales, l'intérêt d'une telle étude couvrant un nombre important d'exploitations est de permettre l'identification de voies d'amélioration adaptées aux systèmes de productions locaux. A La Réunion, le fait qu'il existe une forte variabilité des performances énergétiques au sein de chaque production animale (cf. tableau 1) montre que la marge de progrès est importante.

En référence aux principaux postes de consommation énergétique donnés en tableau 1, des voies d'amélioration ont été identifiées. Quelle que soit l'espèce élevée, une réduction de l'indice de consommation global doit être visée. Pour les ruminants cela passe essentiellement par une amélioration de la qualité des fourrages distribués et un meilleur suivi de la reproduction. Pour les monogastriques la réduction de l'indice de consommation global passe avant tout par une amélioration de l'ambiance dans les bâtiments (e.g. réduction de la température en été) et plus de rigueur en matière de biosécurité (hygiène, prévention des pathologies).

Le second poste de consommation énergétique pour les élevages de bovins et de monogastriques provient respectivement de la conduite des surfaces fourragères (consommation directe de carburants) et de la régulation de l'ambiance dans les bâtiments (consommation directe d'électricité). Ceci met en évidence que des progrès importants peuvent également être faits i) par le réglage et choix de tracteurs de puissances adaptées aux travaux réalisés en élevage de ruminants, ii) par l'isolation des bâtiments et

la mise en place de boîtiers de régulation d'ambiance automatisés en élevage de monogastriques. Ces voies d'amélioration sont inféodées aux systèmes d'élevage étudiés. Quels que soient les systèmes étudiés, une bonne connaissance de leur environnement et de leur fonctionnement apparaît nécessaire à l'identification de voies d'amélioration adaptées.

## 4. Discussion : transposition de la démarche en contexte africain

Les systèmes d'élevage réunionnais diffèrent de ceux rencontrés en France métropolitaine. En particulier en élevage de bovins, les niveaux d'apport en concentrés sont plus élevés à La Réunion. Par ailleurs les élevages de monogastriques en hors-sol dépensent à La Réunion généralement moins d'énergie pour le chauffage des bâtiments. Dans les deux cas, l'importance énergétique du poste alimentation est donc accentuée en relatif. Cette particularité des systèmes d'élevage réunionnais nous a conduit à fortement détailler les coefficients associés au poste « alimentation » ; un coefficient énergétique a été défini pour chaque type d'aliment consommé en fonction de sa composition et de l'origine de ses composants (plus de 150 aliments distingués), alors que la méthode originelle prévoyait un coefficient moyen par production (soit moins d'une dizaine d'aliments distingués).

Les systèmes d'élevage africains s'éloignent de ceux rencontrés en France métropolitaine et à La Réunion. Ils sont certes moins productifs mais ils ont peu recours aux intrants importés et sont généralement moins mécanisés. Par conséquent il est probable que la consommation d'énergie non renouvelable ramenée au kg de produit soit plus faible. Une application en Afrique des méthodes telles que PLANETE suppose de fortes adaptations. La principale nous semble être un élargissement du périmètre d'analyse par une meilleure prise en compte de la consommation énergétique de la main d'œuvre mobilisée pour conduire les troupeaux et pour éventuellement cultiver les fourrages. Il faut en effet nourrir la main d'œuvre et l'alimentation humaine à un coût énergétique qu'il s'agira d'évaluer. Alors que l'alimentation humaine est négligeable quand on considère des systèmes mécanisés et à haut niveau d'intrants, elle peut devenir un point incontournable quand on s'intéresse à des systèmes d'élevage à haute intensité de main d'œuvre (systèmes agriculture-élevage) ou à très faible niveau d'intrant (systèmes pastoraux) tels que ceux rencontrés en Afrique Sub-saharienne.

Certes à La Réunion les systèmes d'élevage diffèrent fortement de ceux rencontrés en pays Africains. Cependant cette expérience de transposition d'une méthode de type ACV dans un contexte différent de celui de sa conception constitue une référence dans la perspective d'étudier des systèmes de production agricoles dans les pays du Sud. Ces méthodes adaptées pourront être couplées à des modèles de simulation du fonctionnement des exploitations, tels que développés à La Réunion (Vayssières *et al.*, 2009), afin d'explorer la possibilité d'intensifier écologiquement les productions animales du Sud.

## Conclusion

La réflexion autour des bilans énergétiques menée dans ce document illustre les difficultés et l'intérêt d'une évaluation globale des productions animales tenant compte de l'aval de la production en termes d'utilisation de ressources non renouvelables, telles que l'énergie, et d'impact environnemental, tel que la contribution au réchauffement climatique par l'émission de GES. Au delà d'une forte incertitude sur les coefficients d'émission et donc sur les indicateurs de performance, ce type d'étude permet de proposer des référentiels et d'identifier des voies d'amélioration adaptées. En agriculture, la majorité des méthodes ont été développées en pays développés or les pays en développement seront le lieu de changements radicaux dans les 40 prochaines années. Un enjeu majeur est donc l'adaptation des méthodes de type ACV pour leur utilisation en pays du Sud. Les premières adaptations ici présentées sur le cas réunionnais illustrent la démarche qui devra être menée dans la perspective de définir des systèmes d'élevage innovants plus intensifs écologiquement.

## Références bibliographiques

- Bochu J.L., 2007.- Synthèse 2006 des bilans PLANETE. Consommations d'énergie et émissions de GES des exploitations agricoles ayant réalisé un bilan PLANETE. SOLAGRO / ADEME, 28 p.
- Chaumet J.M., Delpuch F., Dorin B., Ghersi G., Hubert B., Le Cotty T., Paillard S., Petit M., Rastoin J.L., Ronzon T., Treyer S., 2009.- Agrimonde : Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable. Note de synthèse Cirad-Inra, Février 2009, 195 p.
- IPCC, 2006.- Intergovernmental Panel on Climate Change: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use, vol. 4, 87 p.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. (Eds), 2006.- Livestock's long shadow. Environmental issues and options. FAO, LEAD initiative, Rome, Italy, 319 p.
- Thornton P. K., van de Steeg J., Notenbaert A., Herrero M., 2009.- The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agri Syst.*, 101 (3): 113-127
- Vayssières J., Vigne M., Slegten V., Lecomte P., 2009.- A whole farm simulation model to improve multi-criteria system efficiency. In: AgSAP international Conference, Egmond aan Zee (the Netherlands), 10-12 Mars 2009, p 280-281.