

Numéro thématique

**Recherche et innovations dans les exploitations
de polyculture-élevage d'Afrique de l'Ouest
Quelles méthodes pour évaluer les produits de la recherche ?**

Thematic Issue

**Research and innovations in mixed crop-livestock
farming systems of West Africa
What methods for evaluating research products?**

Número temático

**Investigación e innovaciones en las explotaciones
de policultura de cría en Africa del Oeste
¿Cuáles métodos para evaluar los productos de investigación?**

REMERCIEMENTS

La rédaction de la revue et les auteurs assurent de leur reconnaissance les évaluateurs des textes qui ont largement contribué à la finalisation de ce numéro thématique.

Recherche et innovations dans les exploitations de polyculture – élevage d’Afrique de l’Ouest. Quelles méthodes pour évaluer les produits de la recherche ?
2011, vol. 64, n° 1-4

Véronique ALARY
Véronique ANCEY
Jacques BROSSIER
Emmanuel CAMUS
Benoit DEDIEU
Patrick DUGUE
Guillaume DUTEURTRE
Céline DUTILLY-DIANE
Philippe FAVERDIN
Hubert GUERIN
Michel HAVARD
Henri HOCDE

Gwenole LE VELY
Philippe LHOSTE
Marie-Cécile MARAVAL
Bertrand MULLER
Martine NAPOLEONE
Didier ORANGE
François PAPY
Emmanuel TORQUEBIAU
Gerrit UILENBERG
François VATIN
Abdrahmane WANE

Sommaire

Recherche et innovations dans les exploitations de polyculture-élevage d'Afrique de l'Ouest. Quelles méthodes pour évaluer les produits de la recherche ?

- 7-8 **Introduction générale.** Andrieu N., Chia E., Vall E.
- 9-19 **Déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion hydrique en zone cotonnière du Cameroun.** Ngondjeb Y., Nje P., Havard M.
- 21-32 **Adoption d'une nouvelle méthode de lutte sanitaire en milieu paysan : le pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso.** Bouyer F., Belem A., Seyni H., Adakal H., Lancelot R., Stachurski F., Bouyer J.
- 33-41 **Resituer l'adoption des propositions techniques de la recherche dans les stratégies d'adaptation des exploitants agricoles familiaux.** Pédelahore P., Tchatchoua R., Tonka M., Ntsama M., Andrieu N.
- 43-50 **Evaluation *ex ante* de la prévision saisonnière climatique en petit paysannat burkinabé.** Dabire W.P.I., Barbier B., Andrieu N.
- 51-60 **Coconception d'innovations agropastorales assistée par un modèle à l'échelle de l'exploitation. Cas de l'embouche bovine.** Sempore A.W., Andrieu N., Bayala I.
- 61-72 **Comment évaluer un processus innovant ? Cas de l'amélioration quantitative et qualitative de la fumure organique au champ.** Blanchard M., Koutou M., Vall E., Bognini S.
- 73-79 **Evaluation des inefficiences zootechnique et environnementale pour intensifier écologiquement les systèmes d'élevage tropicaux. Etude de cas à la Réunion.** Vayssières J., Thevenot A., Vigne M., Cano M., Broc A., Bellino R., Diacono E., De Laburthe B., Bochu J.L., Tillard E., Lecomte P.
- 81-87 **Innovations technico-organisationnelles et relations de pouvoir dans les systèmes de production pastorale au Mali : dynamique des acteurs de la filière laitière périurbaine de Bamako.** Fokou G., Koné B.V., Bonfoh B.
- 89-91 **Evaluation participative *ex ante* de propositions de la recherche. Cas d'application dans le sud du Togo.** Deffo V., Hounzangbé-Adoté S., Maliki R., Ould Ferroukh H.H.M.
- 93-95 **Conclusion générale.** Andrieu N., Chia E., Vall E.

Contents

Research and innovations in mixed crop-livestock farming systems of West Africa. What methods for evaluating research products?

- 7-8 **General introduction.** Andrieu N., Chia E., Vall E.
- 9-19 **Determinants of the adoption of control techniques against water erosion in the cotton zone of Cameroon.** Ngondjeb Y., Nje P., Havard M.
- 21-32 **Adoption of a new disease control method by farmers: the acaricide/insecticide footbath in Burkina Faso.** Bouyer F., Belem A., Seyni H., Adakal H., Lancelot R., Stachurski F., Bouyer J.
- 33-41 **Place of the adoption of technical proposals from research in farmers' adaptation strategies.** Pédelahore P., Tchatchoua R., Tonka M., Ntsama M., Andrieu N.
- 43-50 **Ex ante assessment of climatic seasonal predictions for small-scale farming in Burkina Faso.** Dabire W.P.I., Barbier B., Andrieu N.
- 51-60 **Codesign of agropastoral innovations through a model at farm scale. Case of cattle fattening.** Sempore A.W., Andrieu N., Bayala I.
- 61-72 **How do we evaluate an innovative process? Case of the quantitative and qualitative improvement of organic manure in the field.** Blanchard M., Koutou M., Vall E., Bognini S.
- 73-79 **Evaluating zootechnical and environmental inefficiency for ecological intensification of tropical livestock systems. Case study of Reunion Island.** Vayssières J., Thevenot A., Vigne M., Cano M., Broc A., Bellino R., Diacono E., De Laburthe B., Bochu J.L., Tillard E., Lecomte P.
- 81-87 **Technical-organizational innovations and power relations in pastoral production systems in Mali: Actors' dynamics of Bamako's suburban dairy commodity chain.** Fokou G., Koné B.V., Bonfoh B.
- 89-91 **Ex-ante participatory research proposal assessment conducted in Southern Togo.** Deffo V., Hounzangbé-Adoté S., Maliki R., Ould Ferroukh H.H.M.
- 93-95 **General conclusion.** Andrieu N., Chia E., Vall E.

Sumario

Investigación e innovaciones en las explotaciones de policultura de cría en Africa del Oeste. ¿Cuáles métodos para evaluar los productos de investigación?

- 7-8 **Introducción general.** Andrieu N., Chia E., Vall E.
- 9-19 **Determinantes de la adopción de técnicas para la lucha contra la erosión hídrica en zona aldonera de Camerún.** Ngondjeb Y., Nje P., Havard M.
- 21-32 **Adopción de un nuevo método de lucha sanitaria en medio campesino: el pediluvio acaricida/insecticida en Burkina Faso.** Bouyer F., Belem A., Seyni H., Adakal H., Lancelot R., Stachurski F., Bouyer J.
- 33-41 **Restituir la adopción de propuestas técnicas de la investigación dentro de las estrategias de adaptación de los productores agrícolas familiares.** Pédelahore P., Tchatchoua R., Tonka M., Ntsama M., Andrieu N.
- 43-50 **Evaluación *ex ante* de la previsión estacional climática en un pequeño campesinado burkinés.** Dabire W.P.I., Barbier B., Andrieu N.
- 51-60 **Co-concepción de innovaciones agro pastoriles asistida por un modelo a escala de explotación agrícola. Caso del engorde bovino.** Sempore A.W., Andrieu N., Bayala I.
- 61-72 **Cómo evaluar un proceso innovador? Caso del mejoramiento cuantitativo y cualitativo del estiércol orgánico en el campo.** Blanchard M., Koutou M., Vall E., Bognini S.
- 73-79 **Evaluación de las ineficiencias zootécnicas y de ambientales para intensificar ecológicamente los sistemas de cría tropicales. Estudio de un caso en La Reunión.** Vayssières J., Thevenot A., Vigne M., Cano M., Broc A., Bellino R., Diacono E., De Laburthe B., Bochu J.L., Tillard E., Lecomte P.
- 81-87 **Innovaciones técnico-organizadoras y relaciones de poder en los sistemas de producción pastoral en Mali: dinámica de los actores de la filial lechera peri-urbana de Bamako.** Fokou G., Koné B.V., Bonfoh B.
- 89-91 **Evaluación participativa *ex ante* de propuestas de investigación. Caso aplicado en el sur de Togo.** Deffo V., Hounzangbé-Adoté S., Maliki R., Ould Ferroukh H.H.M.
- 93-95 **Conclusión general.** Andrieu N., Chia E., Vall E.

Recherche et innovations dans les exploitations de polyculture-élevage d'Afrique de l'Ouest

Quelles méthodes pour évaluer les produits de la recherche ?

Introduction générale

N. Andrieu ^{1,2*} E. Chia ^{1,3} E. Vall ^{2,4}

Alors que l'invention peut se définir comme la découverte d'un principe, l'innovation peut être définie comme l'adoption de ce principe par une population (1, 2, 3, 17). En Afrique de l'Ouest, la grande majorité des inventions et leur traduction fréquente en propositions techniques de la recherche pour intensifier les systèmes mixtes agriculture-élevage ont été peu ou n'ont pas été intégrées dans les systèmes de production (11, 13, 14, 18, 21, 23). Ce constat d'échec a amené la recherche à s'interroger sur ses démarches de conception et d'évaluation de ses propositions et à impliquer davantage les acteurs de terrain dans la formulation des problèmes et l'élaboration des solutions dans le cadre de recherches participatives (5, 8, 10, 12, 15, 16).

L'analyse des facteurs d'adoption des inventions constitue un premier champ au sein des méthodes d'évaluation existantes. L'objectif est d'identifier les facteurs économiques, institutionnels, structurels ou sociotechniques qui favorisent le passage de l'invention à l'innovation (4, 20). Des outils de modélisation peuvent aussi être utilisés pour analyser le profil des populations susceptibles d'adopter telle ou telle technologie (7, 24).

Les méthodes de diagnostic des impacts de la recherche constituent un deuxième champ d'évaluation. Il s'agit d'analyser les effets, prévus ou non, des propositions de la recherche quand elles sont expérimentées sur le terrain ou adoptées (19). La modélisation peut là encore s'avérer un outil puissant pour explorer les impacts

potentiels des propositions de la recherche avant leur mise en œuvre effective au sein des systèmes de production (6, 9, 22).

L'objectif de ce numéro thématique est de passer en revue différents travaux sur l'évaluation des propositions de la recherche, récemment réalisés en zone agropastorale d'Afrique de l'Ouest, afin de définir comment concevoir et évaluer des innovations dans cette région.

Les contributions se basent sur différentes études menées non seulement dans le domaine de la production et de la santé animales mais aussi dans celui des productions végétales intimement liées à l'élevage dans les systèmes mixtes étudiés. Elles abordent également la gestion socio-économique des exploitations et, en particulier, intègrent les projets des producteurs. Cette diversité de terrains et d'approches permet d'enrichir la réflexion sur les méthodes d'évaluation des innovations dans les systèmes d'élevage et dans les systèmes agro-sylvo-pastoraux de cette région.

Les trois premiers articles s'intéressent aux facteurs d'adoption des produits de la recherche. Bouyer et coll. analysent les facteurs ayant joué sur l'adoption d'une nouvelle méthode de lutte sanitaire acaricide en milieu paysan au Burkina Faso. Ngondjeb et coll. étudient les facteurs d'adoption de techniques de lutte contre l'érosion hydrique des sols en zone cotonnière du Cameroun. Dans des contextes de changements socio-économiques induisant des stratégies adaptatives de producteurs camerounais, Pedelahore et coll. s'interrogent sur la place de processus d'intensification promu par la recherche. Ces méthodes fournissent des pistes pour mieux caractériser la diversité des besoins et des contraintes des populations cibles.

Les autres travaux concernent surtout les méthodes d'évaluation des impacts de la recherche. Ces évaluations sont prospectives pour deux articles : les travaux de Dabire et coll. explorent les impacts potentiels de la prévision saisonnière des pluies sur les performances économiques des exploitations familiales

1. Cirad, UMR Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire, 73 rue Jean-François Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

2. CirDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

3. INRA, UMR Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire, 34060 Montpellier, France.

4. Cirad, UMR Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux, 34398 Montpellier, France.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +226 20 97 20 53 ; fax : +226 20 97 23 20

E-mail : nadine.andrieu@cirad.fr

burkinabés ; ceux de Deffo et coll. évaluent les effets de différents systèmes de culture sur la durabilité des exploitations. L'article de Sempore et coll. combine évaluation prospective et évaluation *ex post*, respectivement avant et après l'expérimentation d'ateliers d'embouche chez des agroéleveurs.

Trois articles analysent *a posteriori* les impacts de propositions expérimentées ou adoptées par les producteurs : Blanchard et coll. mesurent l'impact de l'utilisation raisonnée de la fumure organique au champ sur les rendements et les revenus de producteurs burkinabés ; Fokou et coll. explorent les liens entre, d'une part, les innovations technologiques et organisationnelles et, d'autre part,

les relations de pouvoir dans des systèmes de production laitiers du Mali. Enfin, en s'inspirant d'une méthode expérimentée à la Réunion (France), Vayssières et coll. cherchent à mieux prendre en compte les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre dans les exploitations d'élevage d'Afrique de l'Ouest dans la conception de systèmes agropastoraux plus respectueux de l'environnement.

L'objectif global de ces travaux est de consolider les méthodes d'évaluation des impacts de la recherche pour sélectionner les propositions qui contribuent le mieux au développement durable des systèmes agro-sylvo-pastoraux d'Afrique de l'Ouest.

BIBLIOGRAPHIE

- AKRICH M., CALLON M., LATOUR B., 2006. Sociologie de la traduction : textes fondateurs. Paris, France, Presses de l'Ecole des Mines, 303 p. (Coll. Sciences sociales)
- ALTER N., 1999. L'innovation ordinaire. Paris, France, PUF, 278 p.
- ALTER N., 2010. Donner et prendre. La coopération en entreprise. Paris, France, La découverte / Poche, 233 p.
- BAIDU-FORSON J., 1999. Factors influencing adoption of land-enhancing technology in the Sahel: lessons from a case study in Niger. *Agric. Econ.*, **20**: 231-239.
- BLANCHARD M., VALL E., CHIA E., 2010. Conduire une expérimentation en recherche action en partenariat : co-concevoir une innovation, l'étudier. In : Int. Symp. Innovation and sustainable development in agriculture and food, Montpellier, France, 28 June - 1 July 2010.
- BLAZY J.-M., TIXIER P., THOMAS A., OZIER-LAFONTAINE H., SALMO F., WERY J., 2010. BANAD: A farm model for *ex ante* assessment of agro-ecological innovations and its application to banana farms in Guadeloupe. *Agric. Syst.*, **103**: 221-232.
- BYRNE F., ROBERTSON M.J., BATHGATE A., HOQUE Z., 2010. Factors influencing potential scale of adoption of a perennial pasture in a mixed crop-livestock farming system. *Agric. Syst.*, **103**: 453-462.
- CALLON M., LASCOSME P., BARTHES Y., 2001. Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique. Paris, France, Le Seuil, 358 p.
- CASAGRANDE M., DOGLIOTTI S., GROOT J., AGUERRE V., ABBAS A., ALBIN A., CLAASSEN F., CHILIBROSTE P., ROSSING W., 2010. Exploring options for sustainable farming systems development for vegetable family farmers in Uruguay using a modeling toolkit. In: 9th European IFSA Symp., Vienna Austria, p. 463-469.
- CHIA E., 2004. Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **57** : 233-240
- COUR J.M., 2001. The Sahel in West Africa: countries in transition to a full market economy. *Global Environ. Change*, **11**: 31-47.
- FAURE G., GASSELIN P., TRIOMPHE B., HOCDE H., TEMPLE L., 2010. Innover avec les acteurs du monde rural : la recherche-action en partenariat. Versailles, France, Quae, 224 p.
- FOX P., ROCKSTROM J., BARRON J., 2005. Risk analysis and economic viability of water harvesting for supplemental irrigation in semi-arid Burkina Faso and Kenya. *Agric. Syst.*, **83**: 231-250.
- HERRERO M., THORNTON P.K., NOTENBAERT A.M., WOOD S., MSANGI S., FREEMAN H.A., BOSSIO D., DIXON J., PETERS M., STEEG J.V.D., LYNAM J., RAO P.P., MACMILLAN S., GERARD B., MCDERMOTT J., SERE C., ROSEGRANT M., 2010. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, **327**: 822-825.
- KOUTOU M., VALL E., 2010. Implication des acteurs locaux dans la conception d'innovations : le cas des systèmes agropastoraux du Tuy (Burkina Faso) In : Int. Symp. Innovation and sustainable development in agriculture and food, Montpellier, France, 28 June - 1 July 2010.
- LIU M., 1997. Fondements et pratiques de la recherche action. Paris, France, L'Harmattan, 351 p.
- MUSTAR P., PENAN H., 2003. Encyclopédie de l'innovation. Paris, France, Economica, 749 p.
- NZIGUHEBA G., PALM C.A., BERHE T., DENNING G., DICKO A., DIOUF O., DIRU W., FLOR R., FRIMPONG E., HARAWA R., KAYA B., MANUMBU E., MCARTHUR J., MUTUO P., NDIAYE M., NIANG A., NKHOMA P., NYADZI G., SACHS J., SULLIVAN C., TEKLU G., TOBE L., SANCHEZ P.A., 2010. The African Green Revolution: results from the Millennium Villages Project. *Adv. Agron.*, **109**: 75-115.
- OLAIZOLA A.M., CHERTOUH T., MANRIQUE E., 2008. Adoption of a new feeding technology in Mediterranean sheep farming systems: Implications and economic evaluation. *Small Ruminant Res.*, **79**: 137-145.
- SATTLER C., NAGEL U.J., 2010. Factors affecting farmers' acceptance of conservation measures. A case study from north-eastern Germany. *Land Use policy*, **27**: 70-77.
- VAN RIJN F., BULTE E., ADEKUNLE A., 2012. Social capital and agricultural innovation in sub-Saharan Africa. *Agric. Syst.*, **108**: 112-122.
- VAYSSIERES J., VIGNE M., ALARY V., LECOMTE P., 2011. Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification. *Agric. Syst.*, **104**: 146-161.
- VERGEZ A., 2011. Intensifier l'agriculture en Afrique, réponse aux défis alimentaires environnementaux ? *Afr. contemp.*, **237**: 29-43.
- WALLER B.E., HOY C.W., HENDERSON J.L., STINNER B., WELTY C., 1998. Matching innovations with potential users, a case study of potato IPM practices. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **70**: 203-215..0

Déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion hydrique en zone cotonnière du Cameroun

Y. Ngondjeb^{1*} P. Nje² M. Havard³

Mots-clés

Adoption de l'innovation – Aménagement de bassin versant – Modèle économétrique – Lutte antiérosion – Cameroun.

Résumé

Dans la zone cotonnière du Cameroun, la pression foncière croissante a conduit à une augmentation des superficies cultivées et accentué l'érosion des sols causée par l'intensité des pluies sur des sols mal protégés. Depuis deux décennies, les aménagements antiérosifs ont été diffusés, mais peu d'études ont analysé les facteurs favorisant leur adoption. L'objectif de cette étude a été d'identifier les facteurs qui ont influé sur l'adoption et l'intensité d'adoption des aménagements antiérosifs par les agriculteurs. Une enquête a été effectuée dans le cadre du projet Eau-Sol-Arbre (ESA) entre 2008 et 2009 auprès de 303 agriculteurs de la zone cotonnière. Les données de cette enquête ont été analysées à l'aide d'un modèle Tobit II. Les résultats ont montré que, parmi les variables étudiées, celles qui ont influencé la décision d'adoption des aménagements antiérosifs par les agriculteurs ont été (a) l'âge des agriculteurs, (b) la perception des problèmes d'érosion par l'agriculteur, (c) leur appartenance à un groupe (religion, ethnie), (d) la disponibilité en main d'œuvre et (e) la tenure foncière. Les facteurs expliquant l'intensité de cette adoption par les agriculteurs ont été le nombre d'années écoulées depuis leur adoption des aménagements et leur mode d'accès au foncier. Le niveau d'instruction n'a influé ni sur l'adoption ni sur l'intensité de cette adoption. Afin de mieux orienter les actions futures, les programmes de lutte contre l'érosion doivent tenir compte de ces résultats dans leurs méthodes d'intervention, mais aussi dans les évaluations d'impacts socio-économiques.

■ INTRODUCTION

En zone cotonnière soudano-sahélienne du Cameroun, l'agriculture est perçue comme un facteur majeur de dégradation de l'environnement et plus particulièrement comme favorisant l'érosion des sols (1, 11). Dans cette zone, les sols ferrugineux tropicaux ont une fertilité chimique et physique intrinsèque limitée. Leur teneur réduite en argile en surface, leur faible taux de matière organique et d'azote, leur capacité de rétention d'eau limitée et leur pH

légèrement acide les rendent sensibles à l'érosion (5). Cette érosion s'accroît avec l'augmentation rapide de la population agricole due à la croissance démographique et aux migrations (30), liées à la baisse de fertilité des terres dans les zones d'origine, le chômage, ou tout simplement le regroupement familial (5). Il en résulte une extension des surfaces cultivées et une augmentation du déboisement qui entraînent la réduction des périodes de jachère, une baisse de la fertilité des sols, et l'exposition accrue des sols aux pluies et aux vents. Cette érosion est encore accentuée par des techniques culturales basées sur des labours et des sarclobuttages.

Dans la zone soudano-sahélienne, depuis près de vingt ans, une série de projets font la promotion de l'agriculture de conservation avec l'appui des bailleurs de fonds en vue d'améliorer durablement la production agricole des exploitations agricoles vulnérables. Il s'agit particulièrement du projet Développement paysan et gestion des terroirs (DPGT) entre 1994 et 2002, puis du projet Eau-Sol-Arbre (ESA) depuis 2002. Ces projets font la promotion de

1. Centre de recherche en économie et gestion, faculté des Sciences économiques et de Gestion, Université de Yaoundé II, Cameroun.

2. Université du Québec en Outaouais, Gatineau, Canada.

3. Cirad, UMR Innovation, Montpellier, France.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +237 613 421 2361 ; 613 276 9195 ; fax : +237 613 841 2933

E-mail : njedora@gmail.com

techniques agricoles permettant de réduire les phénomènes d'érosion accélérée, de restaurer ou d'améliorer le statut organique des sols en vue de restaurer les paysages naturels, la fertilité des sols et, par conséquent, d'augmenter la production agricole (47).

Mais si l'agriculture de conservation apparaît comme une alternative intéressante pour améliorer durablement la sécurité alimentaire des ménages les plus pauvres dans les pays d'Afrique subsaharienne et d'Asie et, de ce fait, atteindre les Objectifs du Millénaire des Nations unies sur la sécurité alimentaire (19, 32), pour certains auteurs (16) l'effort de transfert de technologie en Afrique subsaharienne est insuffisant. Il est limité à des essais de démonstration dans les champs et, malgré des années d'investissement dans la recherche et le développement, les agriculteurs n'adoptent pas les techniques de conservation agricole (20, 26, 42, 50). Cette situation contraste avec celles des pays d'Amérique du Sud et de certains pays d'Asie (9, 20, 49). Il convient alors pour la recherche de mieux analyser les cas d'adoption de technologies de conservation par les paysans pauvres d'Afrique subsaharienne pour en tirer des enseignements généralisables et améliorer leur taux d'adoption (33).

En fait, peu d'études ont été entreprises pour évaluer les facteurs clés qui influencent l'adoption des nouvelles techniques de gestion des sols et de l'eau par les petits exploitants agricoles (41). Il y a deux étapes essentielles dans la décision de mise en œuvre des techniques de conservation des sols par un agriculteur (8, 43) : la première est la décision d'adopter ou de ne pas adopter la technologie, et la seconde consiste à déterminer le niveau ou l'intensité d'utilisation de la technologie. Dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun, les agriculteurs chez qui les techniques de conservation ont été introduites ont été sélectionnés par des programmes de vulgarisation du fait de leur vulnérabilité à leur environnement de production. Il ont ensuite bénéficié d'intrants agricoles et d'appui-conseil approprié pour les inciter à adopter ces techniques (30). Pourtant certains d'entre eux ont refusé de les adopter alors que d'autres ont adopté spontanément les techniques en s'inspirant de ce que faisaient leurs voisins. Parmi les agriculteurs qui ont adopté ces techniques, nombreux sont ceux qui les ont adaptées à leurs conditions de production. Des évaluations récentes suggèrent une appropriation progressive des différents composants des techniques de conservation des sols (1).

Cependant, il est nécessaire de mieux comprendre pourquoi certains agriculteurs adoptent ces techniques et d'autres pas. Il est essentiel de comprendre à la fois les caractéristiques de l'agriculteur et des exploitations qui sont susceptibles d'affecter le niveau d'adoption de ces techniques. La présente étude visait donc à identifier les déterminants de l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion et l'intensité de cette adoption par les agriculteurs depuis leur vulgarisation par les projets de développement, afin de mieux orienter les actions futures de lutte contre l'érosion des sols en Afrique.

■ MATERIEL ET METHODES

Sur les 117 villages de la zone d'intervention du projet ESA dans le bassin versant du lac Lagdo, dix ont été sélectionnés pour l'analyse des facteurs d'adoption. Les critères pris en compte pour cette sélection ont été l'ancienneté des aménagements (au moins trois ans), la taille de la population (au moins 300 habitants), le degré élevé d'activité agricole et cotonnière, la vulnérabilité des sols à l'érosion, et l'accessibilité des villages. Ces aménagements antiérosifs sont aussi une des solutions proposées pour réduire l'ensablement qui affecte le lac Lagdo (36).

Choix de l'échantillonnage et collecte des données

Le tirage systématique utilisé pour sélectionner les agriculteurs chefs d'exploitation (CE) s'est appuyé sur la liste des CE (base de sondage) fournie par les différents groupements de producteurs (GP) des villages sélectionnés, sachant que la majorité des CE étaient membres de ces GP. Un pas de tirage a été calculé (5,5) en divisant le nombre total de CE (1 650) des GP sélectionnés par le nombre de CE à enquêter (303). Les données collectées se rapportent à la saison agricole 2008-09 et concernent les caractéristiques sociologiques, économiques et institutionnelles des ménages des CE enquêtés. La technique d'enquête a combiné aussi bien la méthode quantitative (questionnaire) que la méthode qualitative (entretiens informels et semi-structurés). Les 303 questionnaires ont été administrés par les agents techniques de terrain du projet ESA qui parlaient les langues de leur village respectif. Les interviews (questions très ouvertes) ont été réalisées auprès d'une dizaine de CE.

Les aménagements étudiés dans cet article (ados en terre, cordons pierreux et bandes antiérosives) ont été réalisés selon les courbes de niveau et donc perpendiculairement à la pente. Ils sont adaptés à différents contextes (travail à l'échelle de la parcelle individuelle ou des blocs de culture). Ces solutions antiérosives étaient complétées par la gestion des eaux en amont des zones mises en valeur, et sur les rigoles et ravines créées par l'érosion concentrée (1). Les cordons pierreux étaient des alignements de blocs de cuirasse ou de roche. Les bandes enherbées d'*Andropogon gayanus* (parfois remplacée par *Euphorbia balsamifera*) étaient du même type que la technique précédente, les blocs rocheux ayant été remplacés par des plantes vivaces. Les associations cordons pierreux ou diguettes en terre et *Andropogon gayanus* qui, chaque année, était fauché ou brûlé, étaient aussi pratiquées. Des études (5, 14, 29) ont montré l'efficacité de ces techniques pour réduire l'érosion des sols. Les cordons pierreux et les ados présentent l'avantage d'avoir une bonne efficacité, même à l'échelle de la parcelle individuelle, contrairement aux aménagements en bandes antiérosives ; ces dernières sont souvent perçues par les agriculteurs comme une perte d'espace pour quelques lignes de semis (1).

Modèle empirique

Selon la théorie néoclassique, les agriculteurs adoptent de nouvelles technologies si elles leur apportent des avantages économiques nets (44, 23). Toutefois, il est établi que la raison pour laquelle les agriculteurs adoptent une nouvelle technologie va au-delà de la théorie néoclassique. De nombreuses études ont analysé les variables qui influencent l'adoption de nouvelles technologies dans le secteur agricole (10, 13, 23, 31). En règle générale, les variables affectant l'adoption d'une nouvelle technologie ont été classées dans les groupes suivants : a) le capital humain ou variable sociopersonnelle, b) les facteurs structurels et c) le capital social (23, 27, 28). En ce qui concerne le capital humain, il est d'usage d'évaluer l'effet de l'âge, du sexe, de l'éducation, de l'alphabétisation, et de l'expérience et de la formation agricoles. Parmi les facteurs structurels, la taille des exploitations et le revenu des ménages ont été largement analysés. Enfin, des études récentes ont mis l'accent sur les effets de l'accès aux réseaux sociaux sur la perception d'une nouvelle technologie par l'agriculteur et leurs conséquences sur le processus d'adoption (23, 51).

Dans la littérature économétrique, trois modèles ont été fréquemment utilisés pour analyser l'adoption des nouvelles technologies : (a) les modèles avec probabilité linéaire, (b) la fonction logistique (Logit) et (c) les fonctions avec densité normale (probit) (4, 32).

Ces modèles utilisent des variables à choix binaire comme variable dépendante. Cependant, l'utilisation d'une variable de choix binaire comme une variable dépendante ne permet pas de capturer l'intensité d'adoption de la technologie qui peut être variable entre adoptants (6, 8). Pour surmonter ce problème, l'utilisation du modèle Tobit II (48) a été proposée pour l'analyse de l'intensité d'adoption où la variable dépendante est continue avec une limite zéro.

L'analyse économétrique établit l'influence avérée de certaines variables explicatives de l'adoption des aménagements et de l'intensité d'adoption (représentée par la surface aménagée divisée par la surface totale). Elle apporte des informations supplémentaires susceptibles d'aider à une meilleure compréhension du processus d'adoption des aménagements par les agriculteurs, sur la base des variables décrites dans l'analyse descriptive. La recherche de ces variables explicatives considère que la probabilité d'accepter les aménagements antiérosifs est fonction des facteurs structurels, des facteurs liés au capital humain ou variables sociopersonnelles, et des facteurs sociaux ou institutionnels. Le modèle Tobit II est un modèle de régression à variable dépendante limitée, dans lequel la variable intensité d'adoption est censurée, c'est-à-dire qu'elle n'est pas observée pour les agriculteurs qui n'adoptent pas les aménagements antiérosifs, et observée, c'est-à-dire non censurée pour ceux qui adoptent les aménagements. Le modèle Tobit (ou modèle de régression normale censurée) permet de prendre en compte la censure des données concernant l'intensité d'adoption en supposant qu'à la fois les déterminants et les effets des déterminants sont identiques pour la probabilité d'adoption des techniques de lutte contre l'érosion et pour l'intensité de cette adoption (35, 48). Nous avons également cherché à vérifier dans cette étude si les déterminants de l'adoption des aménagements étaient identiques à ceux de l'intensité.

Les résultats obtenus ont été évalués selon les normes statistiques (significativité des paramètres estimés, coefficient de détermination, normalité des erreurs et absence de colinéarité) et les observations empiriques en relation avec les hypothèses formulées (signes des variables explicatives).

Dans un modèle, si l'on considère un vecteur d'observation Y dont on cherche à expliquer la variabilité par un vecteur de variables X , le modèle linéaire s'écrit :

$$Y = X\beta + \xi$$

où β est un vecteur de coefficient à estimer et ξ un vecteur d'inconnu qui représente l'effet des variables inobservées. L'exogénéité est une condition nécessaire pour estimer l'équation avec les moindres carrés ordinaires. L'hypothèse d'exogénéité des instruments suppose que pour tout individu i , lorsque ses x_i changent, son terme d'erreur ξ_i n'a pas de raison de changer (ni celui des autres individus). C'est une condition très forte, dont dépendent la validité du modèle et la qualité des estimations. Cette hypothèse a deux conséquences immédiates : l'espérance des résidus est nulle et les distributions des variables des inobservées sont non corrélées. Une variable x_k qui est corrélée avec les résidus ξ est dite endogène.

La décision d'adoption des nouvelles technologies par les agriculteurs est supposée basée sur la maximisation de leur utilité. Soit $j = 1$ la nouvelle technologie et $j = 2$ l'ancienne technologie, $U(M_{ji}, A_{ji})$ la fonction d'utilité du i^e agriculteur. Ceci implique que l'utilité dérivable de la technologie de conservation des sols dépend de M qui est le vecteur des caractéristiques sociopersonnelles, structurelles et institutionnelles de l'adoptant et A le vecteur des caractéristiques associées à la technologie. Bien que la fonction d'utilité ne soit pas observable, la relation entre l'utilité dérivée de la j^e

technologie est supposée être une fonction de vecteur observable des caractéristiques spécifiques des champs, de l'agriculteur et des technologies (par exemple, la demande de travail, la production) et le terme aléatoire qui a une moyenne de zéro.

$$U_{ji} = x_j F_j(M_i, A_i) + e_{ji}; j = 1, 2; i = 1, 2 \dots n \quad (\text{équation 1})$$

Comme les fonctions d'utilité U_{ji} sont aléatoires, le i^e agriculteur choisira l'alternative $j = 1$, si $U_{1i} > U_{2i}$ ou si la variable latente (c'est-à-dire une variable inobservée mais qui détermine complètement la réalisation de la variable indicatrice étudiée) est $I = U_{1i} - U_{2i} > 0$. La probabilité que Y soit égal à 1 (c'est-à-dire que l'agriculteur adopte la nouvelle technologie) est fonction des variables indépendantes :

$$\begin{aligned} P_i &= \Pr(Y_i = 1) = \Pr(U_{1i} > U_{2i}) \\ &= \Pr[(x_1 F_1(M_i, A_i) + e_{1i}) > (x_2 F_1(M_i, A_i) + e_{2i})] \\ &= \Pr[e_{1i} - e_{2i} > F_1(M_i, A_i)(x_2 - x_1)] \\ &= \Pr[\mu_i > -F_1(M_i, A_i)\beta] \\ P_i &= F_1(X_i, \beta) \end{aligned} \quad (\text{équation 2})$$

où X est une matrice de $n \times k$ variables explicatives b , β est un vecteur de $k \times 1$ paramètres à estimer, $\Pr(\cdot)$ est la fonction de probabilité, μ_i est évalué à X_i, β .

La probabilité que l'agriculteur adopte la technologie est donc fonction du vecteur de variables explicatives, de paramètres inconnus et du terme d'erreur tel que décrit par l'équation 2.

La probabilité d'adoption est estimée par un modèle probit où μ_i est un terme d'erreur normalement distribué avec une moyenne égale à zéro et un écart-type S^2 constant.

$$\begin{aligned} Y_i &= X_i, \beta \text{ si } I = X_i \beta + \mu_i > T \text{ (adoption)} \\ &= 0 \text{ si } I = X_i \beta + \mu_i < T \text{ (non adoption)} \end{aligned} \quad (\text{équation 3})$$

où Y_i est la probabilité d'adoption de la technologie de conservation des sols, I la variable latente non observée qui reflète les effets combinés des facteurs influençant l'adoption de la technologie et T le niveau seuil non observé.

Basées sur les procédures d'analyse multivariée du probit, les équations suivantes examinent les facteurs qui influencent l'adoption des techniques de lutte contre l'érosion :

$$I = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$$

$$\text{et } Y = g(I)$$

$$\text{où } Y = 1 \text{ si } I \geq T$$

$$Y = 0 \text{ si } I < T$$

La procédure d'estimation en deux étapes d'Heckman (18, 22, 40) est utilisée afin de contrôler le problème de biais de sélection de l'échantillon qui se pose souvent du fait de la classification arbitraire des adoptants et des non-adoptants. En premier lieu, il est nécessaire d'estimer la probabilité d'adoption avec un modèle probit. La seconde étape consiste à réaliser l'estimation de l'intensité d'adoption. Cette estimation est obtenue par les moindres carrés ordinaires à l'aide des observations pour lesquelles $Y_i > 0$. La procédure d'estimation d'Heckman permet ici non seulement de lever l'hypothèse d'égalité des coefficients entre la probabilité d'adoption et l'intensité, mais également de contrôler l'existence d'un biais de sélection dans la population. Le biais de sélection est lié au fait que les individus s'autosélectionnent par leur décision d'adoption des techniques de conservation. Dans ce cas, il doit exister un biais d'omission de variable dans l'équation de niveau ou d'intensité d'adoption (14) dont l'ampleur est donnée par

l'inverse du ratio de Mills. L'introduction de cette variable dans l'équation de niveau permet de corriger le biais. Les variables candidates utilisées dans cette étude sont présentées dans le tableau I.

Analyse des données

Le logiciel CSPRO 3.3 a été utilisé pour indiquer les valeurs limites, les éventualités possibles pour chaque questionnaire et contribuer ainsi à limiter la présence de valeurs aberrantes. Le logiciel SPSS 14 a permis de produire les statistiques descriptives et STATA.9.0 le calcul de la régression. Le pourcentage d'adoptants exprime le rapport du nombre de CE ayant adopté une technique d'aménagement sur le nombre de CE enquêtés, rapport multiplié par 100.

■ RESULTATS

Caractéristiques des chefs d'exploitation ayant adopté les aménagements

Les tableaux II à IV décrivent les variables explicatives de l'adoption.

Caractéristiques sociopersonnelles

Les caractéristiques sociopersonnelles des CE ont été appréhendées à travers leur âge, leur ethnie d'appartenance, leur religion, leur situation matrimoniale, leur perception des problèmes d'érosion et leur niveau d'éducation (tableau II). L'âge moyen des CE

Tableau I

Variables candidates pour l'explication de l'adoption et de l'intensité d'adoption des aménagements antiérosifs

Variables	Définitions
Variables dépendantes	
Adoption	L'agriculteur adopte la technique (1) ; il ne l'adopte pas (0)
Intensité	Intensité ou proportion d'adoption (surface aménagée divisée par surface totale)
Variables explicatives	
<i>Variables sociopersonnelles (agriculteur)</i>	
Age	L'âge en années du chef d'exploitation
Age ²	Age au carré
Education	Niveau d'éducation du chef de ménage ; (<i>dummy</i> ordonnées) sans niveau (0), primaire (1), secondaire et plus (2)
Ethnie	Mesure l'influence du groupe ethnique sur les comportements d'adoption des agriculteurs ; Toupouri (1), Moundang (2), Massa (3), Guiziga (4), Mafa (5), Guidar (6), Daba-Kola (7), autre (8)
Religion	Influence de l'appartenance à un groupe religieux ; chrétien (1), musulman (2), animiste (3)
Situation matrimoniale	Célibataire (1), marié monogame (2), marié polygame (3), autre (4)
Perception	Erosion des sols ; l'agriculteur perçoit les problèmes d'érosion sur ses parcelles (1), il ne les perçoit pas (2)
<i>Variables structurelles</i>	
Taille des ménages	Nombre d'individus membres de la famille travaillant dans les champs
Main d'œuvre salariée	Effectif de main d'œuvre salariée
Revenu agricole	Revenu total du coton, plus les revenus des autres cultures
Revenu non agricole	Revenu provenant des autres activités des agriculteurs (variable à niveaux)
Accès au marché	Qualité du déplacement du champ au marché : l'état de la route est bon (1), il ne l'est pas (0)
Durée d'adoption	Nombre d'années depuis l'adoption
Activité secondaire	L'agriculteur a d'autres activités en dehors de l'agriculture (1), il n'en a pas (0)
Surface exploitée	Superficie totale exploitée (ha)
<i>Variables institutionnelles ou capital social</i>	
Crédit	L'agriculteur a accès au crédit (1), il ne l'a pas (0)
Sécurité foncière	Mode d'obtention de la parcelle : succession (1), location (2), achat (3), don (4), droit de hache (5)
Assistance	Assistance matérielle (1), assistance technique (2), assistance financière (3)
Groupement	Appartenance à un groupement de producteurs : oui (1), non (0)
Réseau social	Adoption des aménagements antiérosifs à travers un réseau social : l'agriculteur a d'autres réseaux d'information agricole (1), il n'en a pas (0)

a été de 40 ans environ. Les CE de moins de 35 ans ont été les plus nombreux ; ce sont eux qui ont aménagé leurs parcelles. Les principaux groupes ethniques rencontrés dans les villages ont été des migrants venus de l'extrême Nord et du Tchad. Les différences d'adoption entre les groupes ethniques pouvaient être importantes, allant de 29,9 p. 100 chez les Moundang à 78,8 p. 100 chez les Mafa. Une forte proportion de chrétiens, majoritaires dans les groupes ethniques ayant immigré dans la zone, a été observée. L'appartenance à un groupe religieux a semblé influencer faiblement l'adoption des aménagements : de 52,4 p. 100 (chrétien) à 60,9 p. 100 (musulman). Les personnes mariées, polygames ou monogames ont représenté 89,4 p. 100 de l'échantillon et ont été les plus nombreuses à mettre en place des aménagements : 53,5 p. 100 chez les monogames et 55,4 p. 100 chez les polygames, contre 46,5 p. 100 chez les célibataires. L'adoption des aménagements par les veufs et les divorcés a été difficilement extrapolable, car les effectifs concernés étaient faibles (4 sur les 303 enquêtés). La moitié environ des CE de l'échantillon étudié ont été conscients des problèmes d'érosion et ces derniers ont été plus nombreux que les autres à avoir recours à des aménagements. La perception des problèmes d'érosion a semblé donc avoir une influence positive sur l'adoption des aménagements. Le niveau d'instruction des CE était très bas : près des trois quarts (73 p. 100) avaient un niveau inférieur au secondaire, et parmi eux 37 p. 100 n'avaient pas été scolarisés. Les CE ayant été scolarisés ont davantage adopté les aménagements (55,0 p. 100 de ceux qui avaient le niveau du primaire et 57,3 p. 100 de ceux qui avaient au moins le niveau du secondaire) que ceux qui n'avaient pas été scolarisés (50,9 p. 100).

Caractéristiques structurelles

Les caractéristiques structurelles ont été observées à partir de la taille des ménages, de leurs revenus annuels bruts agricoles et non agricoles, de l'accès au marché, de la surface de la terre exploitée et de l'éventuelle activité secondaire des CE (tableau III). En moyenne, un ménage de l'échantillon comptait sept membres alors que la moyenne nationale était de 4,4 (8). Dans les groupes ethniques qui venaient principalement de l'Extrême Nord, région la plus peuplée du Cameroun, les ménages comptaient typiquement près de 15 individus. Dans les ménages de plus de neuf personnes le taux des aménagements (63,2 p. 100) a été supérieur à celui de la moyenne de l'échantillon. Un ménage de grande taille a ainsi été plus disposé à investir dans les aménagements antiérosifs, probablement du fait de la présence de main d'œuvre.

Le revenu annuel brut du coton a été inférieur à 200 000 FCFA pour trois quarts des producteurs interrogés et supérieur à 500 000 FCFA pour 4 p. 100 d'entre eux. Les taux d'adoption des aménagements ont été de 47,1 p. 100 pour les CE dont les revenus du coton étaient compris entre 200 000 et 300 000 FCFA, et de 78,9 p. 100 pour ceux avec des revenus du coton compris entre 300 000 et 400 000 FCFA. Ces taux ont été de 38,5 p. 100 pour les CE dont les revenus non agricoles étaient compris entre 200 000 et 300 000 FCFA, et de 92,3 p. 100 pour ceux dont les revenus non agricoles étaient supérieurs à 500 000 FCFA.

Les effets des revenus du coton et non agricoles, malgré des différences de taux d'adoption parfois importantes, étaient difficiles à interpréter, car les effectifs de certaines classes étaient très faibles (respectivement 2, 3 et 4 p. 100 sur 303 CE enquêtés). La majorité des CE interrogés (63,4 p. 100) ont estimé que la route qui menait à leur exploitation était en bon état et donc susceptible de faciliter le transport des marchandises. Mais l'état de la route n'a pas semblé influencer sur l'adoption des aménagements. Les CE qui exploitaient plus de quatre hectares ont semblé adopter davantage les aménagements que ceux qui exploitaient moins de quatre hectares.

Les CE qui n'avaient pas d'activités secondaires ont semblé adopter davantage les aménagements (56,6 p. 100) que ceux qui avaient des activités secondaires (49,5 p. 100), mais la différence entre les deux était faible.

Caractéristiques institutionnelles

Les caractéristiques institutionnelles prises en compte ont été l'accès des CE au crédit agricole, la tenure foncière ainsi que l'assistance technique aux fins agricoles qu'ils ont reçue (tableau IV). Les CE ayant reçu du crédit ont eu un taux de parcelles aménagées (54,9 p. 100) supérieur à ceux n'ayant pas reçu de crédit (48 p. 100). La tenure foncière a été appréhendée à travers les divers modes d'accès à la terre : la succession, le don, la location, l'achat et le droit de hache (le CE a défriché la parcelle). Un même CE pouvait obtenir deux parcelles par des modes différents. Plus de trois quarts des CE (77,5 p. 100) ayant déclaré le droit de hache comme seul mode d'obtention sur toutes leurs parcelles ont mis en place des aménagements (62 p. 100). Ils se considéraient comme propriétaires à part entière des parcelles qu'ils exploitaient. Ils pouvaient y investir sans risque de s'en voir déposséder. L'assistance agricole (aide en charrue, intrants, etc.) s'est manifestée sous trois types d'appui : (a) technique (agents Sodecoton * et ESA), (b) financier (crédit provenant de la Sodecoton, soutien d'ESA, aide des familles) ou (c) autre (séminaires de formation gratuits). Près de 80 p. 100 des producteurs consultés ont bénéficié au moins d'une de ces formes d'assistance. Cependant, cette assistance n'a pas semblé explicitement favoriser les aménagements, car les deux groupes ont montré le même pourcentage d'adoption (de l'ordre de 54 p. 100). L'adhésion à des groupements de producteurs et autres réseaux sociaux pouvait être utilisée comme un indicateur d'accès à l'information pour l'adoption des aménagements antiérosifs (respectivement 81,2 et 75,4 p. 100). Les agriculteurs ont été invités à nommer leurs trois plus proches réseaux sociaux et à préciser qui, au sein de ces réseaux, avait adopté les aménagements antiérosifs avant eux.

Variables explicatives pour décrire l'adoption des aménagements et son intensité

La variable intensité d'adoption a été censurée, c'est-à-dire non observée pour les 45,9 p. 100 des CE qui n'adoptaient pas les aménagements antiérosifs, et a été non censurée, c'est-à-dire observée pour les 54,1 p. 100 qui adoptaient les aménagements. Deux études économétriques ont été réalisées successivement sur la probabilité d'adoption ou non, puis sur l'intensité d'adoption. Ainsi, deux niveaux de choix de la part des individus de l'échantillon ont pu être distingués. Le premier, appelé équation de décision (ou de sélection), correspondait au fait que la personne décidait ou non d'adopter. Le second, appelé équation de niveau (ou de résultat), correspondait à l'intensité de cette adoption. Le tableau V présente les valeurs des paramètres estimés et leur significativité statistique ainsi que des indicateurs sur la robustesse des estimations économétriques des deux modèles d'adoption et d'intensité.

L'hétérogénéité signifie que tous les individus n'étaient pas identiques. Quand elle était observée dans un modèle, on pouvait prendre en compte ou expliquer les différences d'une population par les différences de valeurs prises par des facteurs explicatifs observables et généralement exogènes (environnement, facteurs culturels, etc.). Dans les modèles où elle n'était pas observée, la population était homogène. Afin de corriger l'hétérogénéité non observée qui pouvait biaiser les résultats de l'intensité d'adoption, l'équation de sélection devait inclure un ou plusieurs instruments valides.

* Société de développement du coton au Cameroun

Tableau II

Caractéristiques sociopersonnelles des chefs d'exploitation (CE) (n = 303)

	Age			Ethnie			Religion			Situation matrimoniale			Perception			Education						
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3		
% dans la pop.	39,6	28,7	31,7	29,4	5,0	7,9	10,9	4,6	15,8	26,4	7,6	23,8	68,6	9,2	56,1	33,3	1,3	51,2	48,8	37	36	27,1
% adoptants	50,8	57,5	55,2	70,8	60,0	29,9	42,4	78,8	37,5	55,9	60,9	56,9	52,4	46,4	53,5	55,4	100	70,3	37,2	50,9	55	57,3
CE enquêtés	120	87	96	89	15	24	33	14	48	80	23	72	208	28	170	101	4	155	148	112	109	82

Age : < 35 (1) ; 36-44 (2) ; ≥ 45 (3) ; Ethnie : Tourpouri (1) ; Massa (2) ; Moundang (3) ; Guiziga (4) ; Mafa (5) ; Guidar (6) ; autre (7) ; Religion : musulman (1) ; animiste (2) ; chrétien (3) ; Situation matrimoniale : célibataire (1) ; marié monogame (2) ; marié polygame (3) ; veuf, divorcé (4) ; Perception de l'érosion : oui (1) ; non (2) ; Education : sans niveau (1) ; primaire (2) ; secondaire et + (3)

Tableau III

Caractéristiques structurelles des chefs d'exploitation (CE) (n = 303)

	Taille ménage			Revenu agricole			Revenu non agricole			Accès au marché			Surface exploitée			Activités secondaires							
	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2				
% dans la pop.	23,8	41,3	35,0	52,7	22,3	11,3	6,3	3,3	4,0	75,0	10,0	4,3	3,7	2,7	4,3	36,6	63,4	37,3	38	15,5	9,2	34,7	65,3
% adoptants	47,2	50,4	63,2	49,4	58,2	47,1	78,9	60,0	66,7	50,7	66,7	38,5	54,5	62,5	92,3	54,1	54,2	46	55,7	57,4	75	49,5	56,6
CE enquêtés	72	125	106	160	67	34	19	10	12	227	30	13	11	8	13	111	192	113	115	47	28	105	198

Taille ménage : < 5 (1) ; 6 (2) ; ≥ 9 (3) ; Revenu coton (FCFA) : < 100 000 (1) ; 100 000-200 000 (2) ; 200 000-300 000 (3) ; 300 000-400 000 (4) ; 400 000-500 000 (5) ; ≥ 500 000 (6) ; Revenu non agricole (FCFA) : < 100 000 (1) ; 100 000-200 000 (2) ; 200 000-300 000 (3) ; 300 000-400 000 (4) ; 400 000-500 000 (5) ; ≥ 500 000 (6) ; Accès au marché : oui (1) ; non (2) ; Surface exploitée : en quarts d'ha < 11 (1) ; 12-20 (2) ; 21-30 (3) ; SF ≥ 31 (4) ; Activité secondaire : oui (1) ; non (2)

Tableau IV

Caractéristiques institutionnelles des chefs d'exploitation (CE) (n = 303)

	Crédit			Sécurité foncière			Assistance			Groupement			Réseau social				
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% dans la pop.	91,7	8,3		5,6	5,6	5,6	5,6	77,5	79,5	20,5	81,2	18,8	75,4	24,6			
% adoptants	54,9	48,0		38,5	38,5	23,1	53,8	62,0	53,9	54,8	54,1	55,2	67,6	47,2			
CE enquêtés	278	25		17	17	17	235	241	241	62	246	57	228	75			

Accès au crédit : oui (1) ; non (2) ; Tenure foncière : succession (1) ; location (2) ; achat (3) ; don (4) ; droit de hache (5) ; Assistance : oui (1) ; non (2) ; Groupement : oui (1) ; non (2) ; Réseau social : oui (1) ; non (2)

Tableau V
Estimation du modèle Tobit avec correction d'Heckman

Variables	Adoption		Intensité d'adoption	
	Coefficients	Significativité	Coefficients	Significativité
<i>Variables sociopersonnelles</i>				
Age	-0,052	0,025 **	0,514	0,935
Age ²	-0,092	0,011	-0,055	0,124
Education	Sans niveau	mr		
	Primaire	0,221	0,302	0,035 **
	Secondaire	0,331	-0,045	0,672
Appartenance Groupe/ethnie	Toupouri	3,231	0,011 **	0,963
	Massa	1,204	0,317	0,322
	Guiziga	0,432	0,111	0,236
	Mafa	2,698	0,023 **	0,164
	Guidar	0,981	0,677	0,933
	Autres	0,649	0,761	0,695
	Moundang	mr		
Religion	Musulman	0,892	0,001 ***	0,819
	Chrétien	0,232	0,018 **	0,967
	Animiste	mr		
Situation matrimoniale	Célibataire	mr		
	Monogame	-0,007	0,982	0,199
	Polygame	1,704	0,025 **	0,957
	Autre statut	7,047	0,124	0,343
Perception Erosion	Oui	2,572	0,000 ***	0,691
	Non	mr		
<i>Variables structurelles</i>				
Taille ménage		1,037	0,093 *	0,842
Main d'œuvre salariée		0,531	0,071 *	0,170
Revenu agricole		2,031	0,210	0,991
Revenu non agricole		-0,228	0,334	0,567
Accès au marché		0,123	0,042 **	0,001 ***
Durée d'adoption			0,023	0,64
Activité secondaire			1,123	0,254
Surface exploitée				
<i>Variables institutionnelles</i>				
Crédit		-0,897	0,832	0,659
Sécurité foncière	Hache	1,23	0,001 ***	0,524
	Location	0,156	0,569	0,337
	Succession	0,106	0,327	0,033 **
	Achat	-0,097	0,223	0,143
	Don	0,286	0,351	0,247
Assistance	Matériel	0,306	0,340	0,505
	Technique	0,149	0,084 *	0,706
	Financière	-0,214	0,172	0,755
Groupement		1,610	0,008 ***	
Réseau social		-0,007	0,045 **	
Constante		-3,250	0,012	0,556

Source : adaptation à partir de STATA 9.0

Nb. d'observations = 298 ; observations censurées = 141 ; observations non censurées = 157

χ^2 Wald (60) = 146,20 ; prob $> \chi^2 < 0,01$; F = 48,83 ; prob (F-statistic) $< 0,01$

R² = 61,37 % ; R² ajusté = 54,89 % ; inverse du ratio de Mills : coefficient = 0,43 ; significativité = 0,89. Le ratio de Mills permet d'apprécier l'existence ou non d'un biais de sélection dans l'adoption des aménagements.

* p < 0,1 ; ** p < 0,05 ; *** p < 0,01 ; r : modalité de référence

Deux instruments ont été identifiés : l'appartenance à un groupe de producteurs et l'adoption des aménagements antiérosifs à travers un réseau social. Pour les adoptants des aménagements antiérosifs, ces variables faisaient référence à la période antérieure à l'adoption afin d'éviter les problèmes d'endogénéité. En effet, en présence d'endogénéité, l'espérance du terme d'erreur conditionnelle à la variable explicative n'était plus nulle et les estimateurs habituels présentaient des biais.

Une autre question pertinente a été de savoir si ces instruments affectaient directement l'intensité ou étaient corrélés avec des facteurs non observés qui influençaient l'intensité. Par exemple, l'appartenance à un groupement de producteurs pouvait éventuellement conférer d'autres avantages, comme un meilleur accès aux financements et aux intrants. De même, les agriculteurs qui appartenaient à un réseau social plus innovant pouvaient également être mieux informés sur d'autres technologies bénéfiques. Dans la spécification du modèle de la présente étude, cela a été contrôlé en analysant la corrélation entre ces variables par les facteurs de production, l'accès à l'information à travers l'assistance. Les résultats ont montré, d'une part, que les instruments utilisés n'étaient pas corrélés avec l'intensité et, d'autre part, qu'ils étaient très significatifs dans l'équation de sélection. Ces instruments étaient donc valides. Des variables similaires ont été utilisées précédemment dans la recherche sur les technologies d'adoption et les interactions sociales (31).

La validité d'ensemble du modèle estimé a été analysée à l'aide de la statistique de Wald (χ^2) testant l'égalité à 0 de tous les coefficients du modèle. La méthode d'estimation a été celle de Heckman en deux étapes pour corriger les risques de biais de sélection. Le R^2 ajusté qui mesure l'adéquation du modèle a été acceptable. Dans le cas de l'étude, le coefficient R^2 ajusté a été de 55 p. 100 et la valeur P du χ^2 a été inférieure à 0,01 p. 100. Le coefficient de l'inverse du ratio de Mills n'a pas été significatif (prob = 0,89). Cela confirme que la méthode des moindres carrés ordinaires pouvait être utilisée pour l'estimation du modèle. Le modèle a intégré des variables qualitatives et quantitatives. Les modalités des variables qualitatives significatives s'interprétaient par rapport à la modalité de référence retenue.

Afin de tester la validité du modèle probit, le test de Hosmer-Lemeshow a été effectué. Il permet de tester l'hypothèse nulle que l'ajustement est bon contre l'alternative que l'ajustement est mauvais. La probabilité de signification du test a été de 0,0625. L'ajustement a donc été significatif au seuil de 5 p. 100. De plus, l'estimation du probit a été satisfaisante puisque le pseudo R^2 de la régression a atteint 0,32.

Sur l'ensemble des variables explicatives testées, neuf ont expliqué de manière significative l'adoption des aménagements antiérosifs par les CE. Elles ont été réparties selon les variables comme suit : sociopersonnelles [âge (-), perception de l'érosion (+), appartenance au groupe religieux (+) et appartenance à un groupe ethnique, notamment les Toupouri et les Mafa (+)], structurelles [main d'œuvre familiale utilisée dans les exploitations (+), main-d'œuvre salariée (+), surface exploitée] et institutionnelle [sécurité foncière à travers le droit de hache (+), assistance technique (+), appartenance à un groupement de producteurs (+) et réseau social (-)].

Sur l'ensemble des variables explicatives testées pour le modèle d'intensité, seules trois ont expliqué de manière significative l'intensité d'adoption des aménagements par les CE : les variables sociopersonnelles [niveau d'instruction, primaire notamment (-)], les variables structurelles [durée des aménagements dans l'exploitation, c'est-à-dire le nombre d'années depuis l'adoption des aménagements jusqu'au moment de l'enquête (+)] et les variables institutionnelles [tenure foncière à travers l'obtention de la parcelle agricole par succession (-)].

■ DISCUSSION

L'adoption des aménagements dépendait des connaissances et du profil du chef d'exploitation, mais aussi de la structure familiale

L'influence négative de l'âge sur l'adoption dans la présente étude est conforme avec les conclusions d'une étude au Kenya (37) qui rapporte que l'âge influence négativement l'adoption de pratiques de restauration de la fertilité des sols. Ce résultat est également en accord avec des études en Ethiopie (7), aux Philippines (27), au Burkina Faso (4) et au Cameroun (15). La probabilité d'adoption plus élevée chez les jeunes agriculteurs peut s'expliquer par la tendance de ces derniers à être plus novateurs en raison de leurs horizons de planification sur le plus long terme (12). La connaissance par le CE des problèmes d'érosion sur ses parcelles a favorisé l'adoption des aménagements, ce qui rejoint les résultats d'une étude conduite au Népal (25) qui, en utilisant un modèle logit, a établi que les agriculteurs de la région centrale de ce pays, conscients de ces problèmes, sont plus aptes à investir dans des techniques de conservation des sols. En effet, les agriculteurs du Nord Cameroun ont conscience de l'état de leurs sols à partir de critères visibles (flore, faune, état de surface, texture, couleur) et économiques (productivité du travail et productivité de la terre) (29, 30, 34).

Certains éléments de la structure des exploitations, comme la superficie cultivée, la taille de la famille et l'appartenance à un groupe ethnique, ont des effets positifs sur l'adoption des aménagements antiérosifs. Les Mafa sont originaires des monts Mandara où les aménagements des parcelles avec des cordons pierreux sont des pratiques anciennes. Les exploitations ayant le plus de main d'œuvre adoptent davantage les aménagements antiérosifs, car leur réalisation (cordons pierreux et ados) demande une forte mobilisation de la main d'œuvre.

Ainsi, les agriculteurs de plus de 35 ans et ceux qui étaient mariés, qui cultivaient des surfaces plus grandes et qui avaient plus de main d'œuvre avaient davantage de parcelles aménagées, comme rapporté par de nombreux auteurs (2, 3, 12, 21, 45). La main-d'œuvre salariée a aussi influencé positivement l'adoption. Les agriculteurs riches, peu nombreux, l'employaient en échange d'argent ou de nourriture. Chez les agriculteurs pauvres, elle se monnayait parfois sous forme d'arrangement entre voisins. Ces résultats corroborent ceux de Keil et coll. (24) qui montrent que l'adoption des jachères d'arbres légumineux pour l'amélioration de la fertilité des sols augmente la disponibilité du travail en Zambie. Au Kenya, Okuro et coll. (38) constatent également que l'embauche de main-d'œuvre a une relation positive avec la probabilité d'adoption de l'utilisation intégrée d'engrais organique et inorganique. Pour Oluoch-Kosura et coll. (39), la disponibilité du travail à temps plein a affecté l'adoption des pratiques de conservation des sols dans l'ouest du Kenya.

Cependant, les revenus agricoles et non agricoles des CE, en moyenne faibles dans cette région du Cameroun, n'ont pas eu d'influence sur l'adoption des aménagements antiérosifs étudiés. En effet, ces revenus n'étaient pas suffisants pour leur permettre de financer seuls des aménagements antiérosifs, c'est-à-dire essentiellement la main-d'œuvre et l'expertise des agents villageois d'aménagement ; ces coûts étaient en général pris en charge par les fonds de groupements de producteurs. L'influence positive de la tenure foncière sur l'adoption des aménagements antiérosifs par les CE rejoint les conclusions d'autres auteurs (3, 21, 45). En effet, un CE non-proprétaire n'était pas prêt à aménager des terres qu'il n'était pas certain d'exploiter l'année suivante. Dans la zone d'étude, les services aux agriculteurs (crédits, assistance technique, formation) étaient assurés essentiellement par la Sodecoton, et par la

Confédération nationale des producteurs de coton du Cameroun ; ils étaient destinés presque exclusivement à la production cotonnière, raison pour laquelle ils n'avaient pas d'effets sur l'adoption d'aménagements antiérosifs.

L'intensité d'adoption des aménagements était fonction des connaissances, du niveau d'éducation, des compétences des CE et des conditions d'accès à la terre

D'après le modèle d'intensité d'adoption, une fois les aménagements adoptés, l'intensité d'adoption des CE dont le niveau de scolarisation était le primaire a été en moyenne 0,3 fois plus importante que celle des CE sans niveau d'instruction.

En revanche, la durée des aménagements chez un CE a influencé son intensité d'adoption. Ainsi, une année supplémentaire d'aménagement a augmenté l'intensité de 5 p. 100. D'autres études (17, 46) ont montré l'intensité d'adoption avec un modèle Tobit. Les CE qui ont observé au cours du temps les effets positifs des aménagements ont eu une forte tendance à accroître la surface aménagée par rapport à la surface dont ils disposaient.

L'accès à la propriété a également influencé l'intensité d'adoption chez les CE. Le modèle de régression a montré que l'intensité d'adoption des CE ayant reçu leurs parcelles par succession a été de 42 p. 100 inférieure à celle de leurs homologues n'ayant pas reçu leurs parcelles par succession. Ceci pouvait être dû à des résistances culturelles. En réalité, dans la zone d'étude, les héritiers des terres n'avaient pas toujours la capacité ni le désir de valoriser leurs parcelles, contrairement au CE ayant acheté et/ou défriché (droit de hache) leurs parcelles. Ces derniers connaissaient la valeur de leur terre et y investissaient plus facilement.

■ CONCLUSION

Dans le bassin versant du lac Lagdo au Nord Cameroun, les programmes d'aménagements antiérosifs ont été mis en œuvre par le biais de groupements de producteurs, car les exploitants agricoles,

cultivant de petites superficies qui produisaient des revenus faibles, n'avaient pas les moyens de réaliser seuls ces aménagements. Sur 303 ménages interrogés, 54 p. 100 ont adopté les aménagements antiérosifs, indiquant une bonne adoption. Si cette tendance se maintenait, une augmentation souhaitable de cette adoption pourrait apparaître dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun. Les facteurs qui ont influencé de manière significative la décision d'adopter ou non des aménagements antiérosifs ont été, positivement, la main d'œuvre familiale et salariale, la perception des problèmes d'érosion, l'appartenance à un groupe religieux et/ou ethnique et la sécurité foncière, et, négativement, l'âge du chef d'exploitation. L'intensité de cette adoption a été influencée positivement par le niveau d'instruction, la durée des aménagements et la sécurité foncière.

Les programmes d'aménagements antiérosifs doivent prendre en compte ces facteurs dans leurs méthodes d'intervention pour mieux définir les groupes cibles, mais aussi dans les évaluations d'impact socioéconomique sur les conditions de vie des agriculteurs, afin de mieux orienter les actions futures de lutte contre l'érosion. Ces actions futures doivent aussi prendre en compte le rôle des groupements de producteurs dans l'adoption des aménagements antiérosifs par les agriculteurs, les GP étant à l'interface entre les agriculteurs et les programmes de promotion et de diffusion des aménagements. Elles doivent aussi mieux intégrer les interactions entre les types d'aménagements antiérosifs étudiés ici et les techniques d'agroforesterie et d'agriculture de conservation (système sous couverture végétale, par exemple) développées au Nord Cameroun.

Remerciements

Les auteurs remercient la coordination du projet Eau-Sol-Arbre de Garoua, pour son soutien financier et l'apport de matériels, ainsi que la Mission d'études pour l'aménagement et le développement de la province du Nord sans laquelle ce travail n'aurait pu être mené à terme.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABOU ABBA A., HOFES J.L., MERGEAI G., 2006. Relever les défis environnementaux pour les filières cotonnières d'Afrique de l'Ouest et du Centre. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **10** : 351-359.
2. ADESINA A.A., MBILA D., NKAMLEU G.B., ENDAMANA D., 2000. Economic analysis of the determinants of adoption of alley farming by farmers in the forest zone of southwest Cameroon. *Agric. Eco. Environ.*, **80**: 255-265.
3. ASRAT P., BALAY K., HAMITO D., 2004. Determinants of farmer's willingness to pay for soil conservation practices in the south eastern Highlands of Ethiopia. *Land Degr. Dev.*, **15**: 423-438.
4. AYUK E.T., 1997. Adoption of agroforestry technology: the case of live hedges in the Central Plateau of Burkina Faso. *Agric. Syst.*, **54**: 189-206.
5. BABOULE Z.B., ROOSE E., BEP A., ZIEM B., SEMON K., WAECHTER F., 1993. Effets des techniques culturales sur le ruissellement, l'érosion et la production de coton et de maïs sur un sol ferrugineux tropical sableux. Recherche de systèmes de culture intensifs et durable en région soudanienne au Nord Cameroun. *Cah. Orstom, Sér. Pédol.*, **27** : 309-325.
6. BAIDU-FORSON J., 1999. Factors influencing adoption of land-enhancing technology in the Sahel: lessons from a case study in Niger. *Agric. Econ.*, **20**: 231-239.

7. BEKELE S., HOLDEN S., 1998. Resource degradation and adoption of land conservation technologies in the Ethiopian Highlands. A case study in Andit Tid, North Shewa. *Agric. Econ.*, **18**: 233-247.
8. BRETT C., 2004. Farm level adoption decisions of soil water management technologies in semi-arid Eastern Kenya. In: 48th Annu. Conf. Australian Agricultural and Resource Economics Society, Melbourne, Australian, 11-13 Feb. 2004.
9. DERPSCH R., 2005. The extent of conservation agriculture adoption worldwide: implications and impact. In: 3rd World Congr. Conserv. Agric., World Agroforestry Center, Nairobi, Kenya.
10. DOSS C., 2006. Analyzing technology adoption using microstudies: Limitations, challenges, and opportunities for improvement. *Agric. Econ.*, **34**: 207-219.
11. ECAM III, 2008. Troisième enquête camerounaise auprès des ménages : tendances, profil et déterminants de la pauvreté au Cameroun entre 2001-2007. Yaoundé, Cameroun, Institut national de la statistique.
12. ERVIN C.A., ERVIN D.E., 1982. Factors affecting the use of soil conservation practices: hypothesis, evidence and policy implication. *Land Eco.*, **58**: 277-292.
13. FEDER G., JUST R., ZILBERMAN D., 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Econ. Dev. cult. Change*, **33**: 255-298.

14. GREENE W., 2008. Econometric analysis. Upper Saddle River, NJ, USA, Prentice Hall.
15. GOCKOWSKI J., NDOUMBE M., 2004. The adoption of intensive horticulture in Southern Cameroon. *Agric. Econ.*, **30**: 195-202.
16. GOWING J.W., PALMER M., 2008. Sustainable agricultural development in sub-Saharan Africa: the case for paradigm shift in land husband. *Soil Use Manage.*, **24**: 92-99.
17. HAGGBLADE S., TEMBO G., 2003. Early evidence on CF in Zambia. In: Int. Work. Reconciling Rural Poverty and Resource Conservation: Identifying Relationships and Remedies, Cornell University, Ithaca, New York.
18. HECKMAN J., 1979. Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, **47**: 153-161.
19. HOBBS P.R., SAYRE K., GUPTA R., 2007. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **363**: 543-555.
20. HOVE L., TWOMLOW S., 2007. Is conservation agriculture an option for vulnerable households in Southern Africa? In: Work. Conservation Agriculture for Sustainable Land Management to Improve the Livelihood of People in Dry Areas, FAO, Damascus, Syria, 7-9 May 2007.
21. ILLUKPITIYA P., GOPALAKRISHNAN C., 2004. Decision making in soil conservation: application of a behavioral model to potato farmers in Sri Lanka. *Land Use Policy*, **21**: 321-331.
22. IRAD, 2001. Etude diagnostique des aménagements hydroagricoles de Lagdo. Garoua, Cameroun, IRAD, 77 p.
23. KABUNGA N.S., DUBOIS T., QAIM M., 2012. Heterogeneous information exposure and technology adoption: The case of tissue culture bananas in Kenya. *J. Agric. Econ.*, **63**: 444-464.
24. KEIL A., ZELLER M., FRANZEL S., 2005. Improved tree fallows in smallholder maize production in Zambia: Do initial testers adopt the technology? *Agroforest. Syst.*, **64**: 225-236.
25. KRISHNA R., TIWARI BISHAL K., SITAULA I.L., NYBORG GIRIDHARI P., PAUDEL S., 2008. Determinants of farmers' adoption of improved soil conservation technology in a middle mountain watershed of Central Nepal. *Environ. Manage.*, **42**: 833-846.
26. LAL R., 2007. Constraints to adopting no-till farming in developing countries. *Soil Tillage Res.*, **94**: 1-3.
27. LAPAR M.L.A., PANDEY S., 1999. Adoption of soil conservation: The case of the Philippines uplands. *Agric. Econ.*, **21**: 241-256.
28. LICHTENBERG E., 2001. Adoption of soil conservation practices: a revealed preference approach. College Park, MD, USA, University of Maryland.
29. M'BIANDOUN M., GUIBERT H., OLINA J.P., 2006. Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes présentes. *Tropicultura*, **24**: 247-252.
30. M'BIANDOUN M., OLINA J.P., 2007. Savoir paysan et fertilité des terres au Nord-Cameroun. *Cah. Agric.*, **16**: 185-197.
31. MATUSCHKE I., QAIM M., 2009. The impact of social networks on hybrid seed adoption in India. *Agric. Econ.*, **40**: 493-505.
32. MAZVIMAVI K., TWOMLOW S., 2009. Socioeconomic and institutional factors influencing adoption of conservation by farming by vulnerable households in Zimbabwe. *Agric. Syst.*, **101**: 20-29.
33. MAZVIMAVI K., TWOMLOW S., 2008. Conservation farming for agricultural relief and development in Zimbabwe. In: Goddard T., Zuebisch M.A., Gan Y.T., Ellis W., Watson A., Sombatpanit S. Eds, No-till farming systems. Special publication No 3. Bangkok, Thailand, World Association of Soil and Water Conservation, p. 544.
34. MBETID-BESSANE E., HAVARD M., DJONDANG K., 2006. Evolution des pratiques de gestion dans les exploitations agricoles familiales des savanes cotonnières d'Afrique centrale. *Cah. Agric.*, **15**: 555-561.
35. MCDONALD J.F., MOFFIT R.A., 1980. The uses of Tobit analysis. *Rev. Econ. Stat.* **62**: 318-321.
36. MEADEN, 2005. Evaluation de la sédimentation du lac de Lagdo et détermination de la fréquence de son curage. Yaoundé, Cameroun, Meaden.
37. ODERA M.M., KIMANI S.K., MUSEMBI F., 2000. Factors influencing adoption of integrated use of manure and inorganic fertilizer in central highlands of Kenya. In: Proc. 7th Biennial Scientific Conf., Collaborative and Participatory Research for Sustainably Improved Livelihoods. Nairobi, Kenya, Kenya Agricultural Research Institute, p. 58-64.
38. OKURO J.O., MURIITHI F.M., MWANGI W., VERJUIKL H., GETHI M., GROOTE H., 2002. Adoption of maize seed and fertilizer technologies in Embu district. Nairobi, Kenya, Kenya Agricultural Research Institute.
39. OLUOCH-KOSURA W.A., MARENDA P.P., NZUMA M.J., 2001. Soil fertility management in maize-based production systems in Kenya. Current options and future strategies. In: 7th Eastern and Southern Africa Regional Maize Conf., Nairobi, Kenya, 11-15 Feb., p. 350-355.
40. PUHANI P., 2000. The Heckman correction for sample selection and its critique. *J. Econ. Surveys*, **14**: 53-68.
41. RUSIKE J., TWOMLOW S.J., FREEMAN H.A., HEINRICH G.M., 2006. Does farmer participatory research matter for improved soil fertility technology development and dissemination in Southern Africa? *Int. J. Agric. Sustain.*, **4**: 176-192.
42. ROCKSTROM J., HATIBU N., OWEIS T.Y., WANI S., BARRON J., BRUGGEMAN A., FARAHANI J., KARLBERG L., QIANG Z., 2007. Managing water in rainfed agriculture. In: CAWMA 2007, Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. London, UK, Earthscan.
43. SALL S., NORMAN D., FEATHERSTONE A.M., 2000. Quantitative assessment of improved rice variety adoption: the farmer's perspective. *Agric. Syst.*, **66**: 129-144.
44. SCHERR S., 2000. A downward spiral? Research evidence on the relationship between poverty and natural resource degradation. *Food Policy*, **25**: 479-498.
45. SIDIBE A., 2005. Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agric. Water Manage.*, **71**: 211-224.
46. TEKLEWOLD H., DADI L., YAMI A., DANA N., 2006. Determinants of adoption of poultry technology: a double-hurdle approach. *Livest. Res. Rural Dev.*, **18**.
47. THEVOZ C., 2000. Le zaï ou les limites d'une stratégie de mise en culture des sols dégradés au Burkina Faso dans la sécurité alimentaire en question : dilemmes, constats et controverses. Paris, France, Karthala, p. 217-229.
48. TOBIN J., 1956. Estimation of relationship for limited dependent variables. *Econometrica*, **26**: 24-36.
49. TWOMLOW S.J., STEYN J.T., DU PREEZ C.C., 2006. Dryland farming in southern Africa. In: Dryland agriculture, 2nd Edn. Madison, WI, American Society of Agronomy, p. 769-836. (Agronomy Monograph No 23)
50. TWOMLOW S., UROLOV J.C., JENRICH M., OLDRIEVE B., 2008. Lessons from the field. Zimbabwe's Conservation Agriculture Task Force. *J. SAT agric. Res.*, **6**.
51. WINTERS P., CRISSMAN C., ESPINOSA P., 2004. Inducing the adoption of conservation technologies: Lessons from the Ecuadorian Andes. *Environ. Dev. Econ.*, **9**: 695-719.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Ngondjeb Y., Nje P., Havard M. Determinants of the adoption of control techniques against water erosion in the cotton zone of Cameroon

In the cotton zone of Cameroon, the increasing pressure on land has led to an increase in agricultural areas and increased soil erosion caused by rainfall intensity on poorly protected soils. For the last two decades, anti-erosion plans have been disseminated, but few studies have analyzed the factors promoting their adoption. The objective of this study was to identify the factors that influenced the adoption and the adoption intensity of anti-erosion plans by farmers. A survey from the Water-Soil-Tree project involving 303 farmers was carried out in the cotton zone between 2008 and 2009. Survey data were analyzed with Tobit Model II. Results showed that among the variables studied, those that impacted on farmers' decision to adopt anti-erosion plans were (i) their age, (ii) their perception of erosion problems, (iii) their belonging to a group (religious, ethnic), (iv) labor availability, and (v) land tenure. Factors that explained the adoption intensity by farmers were the number of years since adopting the plans and their access mode to land. The educational level did not affect the adoption nor the adoption intensity. In future actions, erosion control programs should integrate these results in their intervention methods, but also in socio-economic impact assessments.

Keywords: Innovation adoption – Watershed management – Econometric model – Erosion control – Cameroon.

Resumen

Ngondjeb Y., Nje P., Havard M. Determinantes de la adopción de técnicas para la lucha contra la erosión hídrica en zona algodонера de Camerún

En la zona algodонера de Camerún, la presión territorial creciente a conducido a un aumento de las superficies cultivadas y acentuado la erosión de los suelos causada por la intensidad de las lluvias sobre los suelos mal protegidos. Desde hace dos décadas, los equipamientos de control de la erosión se han divulgado, pero pocos estudios han analizado los factores favorables a su adopción. El objetivo del presente estudio es el de identificar los factores que influyen la adopción y la intensidad de la adopción de los equipamientos de control de la erosión por parte de los agricultores. Entre 2008 y 2009, se efectuó una encuesta en el marco del proyecto Agua-Suelo-Arbol (ESA), entre los agricultores de la zona algodонера. Los datos de esta encuesta fueron analizados gracias a un modelo Tobit II. Los resultados mostraron que, entre las variables estudiadas, las que influenciaron la decisión de la adopción de los equipamientos de control de la erosión por parte de los agricultores fueron (a) la edad de los agricultores, (b) la percepción de los problemas de erosión por parte del agricultor, (c) su afiliación a un grupo (religión, etnicidad), (d) la disponibilidad de la mano de obra y (e) la tenencia territorial. Los factores explicando la intensidad de esta adopción por parte de los agricultores fueron el nombre de años pasados desde la adopción de los equipamientos y la forma de acceso al territorio. El nivel de instrucción no influyó sobre la adopción, ni sobre la intensidad de esta adopción. Con el fin de orientar mejor las acciones futuras, los programas de lucha contra la erosión deben tomar en cuenta estos resultados en sus métodos de intervención, así como también en las evaluaciones de los impactos socio económicos.

Palabras clave: Adopción de innovaciones – Ordenación de cuencas – Modelo econométrico – Control de la erosión – Camerún.

Adoption d'une nouvelle méthode de lutte sanitaire en milieu paysan : le pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso

F. Bouyer¹ A. Belem² H. Seyni³ H. Adakal¹
R. Lancelot⁴ F. Stachurski⁴ J. Bouyer^{4,5*}

Mots-clés

Innovation – Système d'élevage – Lutte anti-insectes – Lutte anti-acariens – Intensification – Afrique de l'Ouest.

Résumé

Le pédiluve acaricide/insecticide est une nouvelle méthode de lutte intégrée contre les vecteurs en zone subhumide Ouest africaine : son efficacité a été validée par de nombreuses études en situations expérimentales et réelles. Cette invention sanitaire d'origine exogène (proposée par la recherche) a été co-construite avec des groupes d'éleveurs il y a dix ans et a ensuite été diffusée. En tout, 22 pédiluves et 72 éleveurs ont été étudiés. A partir de 97 variables d'adoption concernant la sociologie, les aspects organisationnels, le système d'élevage, l'appréciation de l'outil et les modalités de mise en œuvre, 21 ont été considérées comme actives et sept comme indicateurs d'adoption, suite aux analyses préliminaires. Elles ont été soumises à des analyses multivariées permettant de caractériser trois groupes d'éleveurs, dont l'adoption a été évaluée. Le premier groupe était constitué par les éleveurs modernes de Ouagadougou qui ont bien adopté la méthode. Les éleveurs plus traditionnels de Bobo-Dioulasso ont été séparés en deux groupes dont l'un n'a pas adopté le pédiluve, contrairement au second. Les dix variables discriminant principalement ces groupes ont été analysées. Elles avaient trait au système d'élevage, aux modalités de mise en œuvre de la méthode et à l'appréciation de l'outil. L'appréciation du risque de l'innovation par les éleveurs a été discutée grâce aux critères d'évaluation de l'adoptabilité de Mendras et Forsé. Cette analyse a mis en évidence les variations de perception individuelle des bénéfices et des risques, et le rôle prédominant du réseau socio-technique.

■ INTRODUCTION

Au Burkina Faso, 86 p. 100 de la population exerce une activité d'élevage (principale ou secondaire) : ainsi ce secteur participe à hauteur de 12 p. 100 du produit intérieur brut (PIB) et 19 p. 100 des exportations en valeur (25). En outre, l'agriculture qui assure 40 p. 100 du PIB utilise essentiellement la traction animale pour les principales cultures (coton et céréales). Un des enjeux prioritaires pour le développement de l'élevage bovin est la maîtrise des conditions sanitaires, en particulier la lutte contre la tique *Amblyomma variegatum* et la lutte contre les trypanosomoses animales, transmises par les glossines, qui entraînent une réduction du nombre de têtes de bétail de 10 à 50 p. 100 et de la production agricole de 2 à 10 p. 100 (18).

En effet, 60 p. 100 des bovins sont soumis au risque trypanosomien en zone subhumide en Afrique de l'Ouest (21). Leur contrôle est basé exclusivement sur l'utilisation de trypanocides curatifs ou préventifs, associée à un risque important de chimiorésistance. La lutte contre les glossines est considérée comme un bien public local. Aucune technique communautaire de lutte anti-vectorielle qui n'est

1. Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (Cirad), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

2. Institut du développement rural (IDR), Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

3. Direction de l'Agriculture et de la sécurité alimentaire (DASA), département Développement rural, ressources naturelles et environnement (DDRE), Union économique et monétaire Ouest africaine (Uemoa), Ouagadougou, Burkina Faso.

4. UMR Contrôles des maladies animales et émergentes, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), Montpellier, France.

5. Institut sénégalais de recherches agricoles, Laboratoire national d'élevage et de recherches vétérinaires, Hann, Dakar, Sénégal.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +221 33 951 02 65 ; fax : +221 33 832 36 79

E-mail : bouyer@cirad.fr

pas basée sur les traitements individuels des animaux n'est donc adoptée par les éleveurs, en dehors des projets de développement ou de recherche (20).

Dans cette même zone géographique, *A. variegatum* est la tique la plus nuisible (31). Les tiques sont reconnues pathogènes et contrôlées de manière individuelle par arrachage manuel, pulvérisation d'insecticide et *pour on*, techniques coûteuses en temps pour la première, économiquement pour les deux autres (7, 32, 33).

Au Burkina Faso, la seule technique de lutte conjointe contre les tiques et les glossines financée par les éleveurs est basée sur l'usage de *pour on* de fluméthrine (4) ; or cette technique reste coûteuse et inaccessible pour les éleveurs traditionnels. L'amélioration des conditions sanitaires de production et l'intensification nécessaire entraînent donc le besoin d'innovation.

L'étude de l'écologie comportementale d'*A. variegatum* (en particulier son mode d'invasion par une fixation temporaire entre les onglons) a permis de mettre au point une méthode innovante contre cette espèce, le pédiluve acaricide (30), qui s'est par la suite avérée efficace contre les tsé-tsé. Le traitement régulier des animaux par pédiluve permet alors de réduire de plus de 90 p. 100 l'incidence trypanosomienne dans certaines conditions (8, 9). Cette méthode est efficace, rapide et économique mais repose sur l'application de recommandations techniques strictes. Elle correspond à une méthode de protection individuelle contre les tiques, mais collective contre les glossines (10).

Cette innovation a été élaborée à partir de tests en station et en milieu paysan durant sept ans auxquels ont succédé une phase de vulgarisation à partir de fiches techniques, l'invitation des élus à des ateliers de présentation de la méthode avec visite sur le terrain, l'animation de débats au sein des organisations d'éleveurs, la facilitation des échanges de paysan à paysan et l'élaboration de cahiers des charges. Cette étude a été motivée par le besoin de connaître l'importance de l'adoption de l'innovation (l'appropriation de cette invention par les éleveurs au Burkina Faso) ainsi que les facteurs d'adoption. En effet, « une technique adaptée n'est pas forcément adoptée » (22). De manière subsidiaire, il était intéressant de savoir quelles étaient les modalités d'usage de la méthode, en particulier quels étaient les écarts au protocole observés.

■ MATERIEL ET METHODES

Cadre conceptuel : l'innovation

Héritier (2001) a écrit : « L'invention n'est pas l'innovation, même si elle en est la condition » (16). L'innovation a été initialement étudiée dans le domaine industriel. Ainsi Schumpeter (29) définissait l'innovation comme la combinaison de facteurs de production qui peut s'exprimer par la fabrication d'un nouveau produit, une nouvelle manière de produire, la mise en place de nouveaux débouchés, ou l'accès à de nouvelles ressources.

Dans le cas présent, il s'agit d'une innovation qui apporte une nouvelle manière de produire, grâce à une nouvelle méthode de lutte sanitaire. C'est un nouveau service qui est proposé au groupe ou un outil individuel selon le cas. On peut parler d'innovation modificative car l'organisation du travail va changer (fréquence et temps de traitement, ressources humaines mobilisées). L'éleveur dispose d'un nouveau service de lutte sanitaire qui doit permettre de produire plus sur les mêmes unités de surface agricole grâce à l'amélioration des conditions sanitaires et il est aussi attendu que cette méthode allège la quantité de travail (nombre de personnes mobilisées et temps passé pour le traitement) et donc s'insère dans une démarche d'intensification.

Une invention devient innovation lorsqu'elle est adoptée par le corps social (à l'échelle individuelle, on parle seulement de changement de pratique), et elle existe alors grâce à un réseau sociotechnique composé de producteurs, de chercheurs, de techniciens... Une innovation est un processus dynamique (tourbillonnaire) et créatif par lequel un groupe social s'approprie une nouveauté et la co-construit dans le temps en tenant compte de différentes dimensions (techniques, culturelles, économiques, organisationnelles) et des savoir-faire locaux (11).

Dans la recherche-développement, les chercheurs considèrent que les améliorations organisationnelles favorisent l'adoption des améliorations techniques. Jouve a émis l'hypothèse que certaines innovations techniques ne sont pas adoptées par les producteurs en dépit de leur efficacité technique du fait que les aspects sociaux et économiques ne sont pas pris en compte (19). Non seulement toute innovation entraîne des changements sociaux sous l'effet de l'action du réseau socio-technique, mais en plus, dans le cas d'un bien collectif, les difficultés de la gestion collective d'un outil se posent. Or, dans le contexte de l'élevage au Burkina Faso (20), comme dans la majorité des pays africains (15), les éleveurs montrent une préférence nette pour les méthodes de lutte sanitaire individuelles et le prêt est la pratique de gestion la plus fréquente pour le matériel utilisé par plusieurs personnes. Une modification des pouvoirs peut se produire par émergence de nouveaux *leaders* qui bousculent alors l'autorité traditionnelle et renforcent certaines inégalités sociales ou en créent de nouvelles. Des conflits sociaux peuvent être exacerbés, notamment sur la gestion de l'espace et de l'accès aux ressources naturelles (1).

Cinq critères d'évaluation de l'adoptabilité des innovations ont été proposés par Mendras et Forsé (23) : l'avantage relatif apporté par l'innovation par rapport à la situation initiale, sa compatibilité par rapport au système en place, sa plus ou moins grande complexité, son « essayabilité » dans le contexte du producteur, son observation chez autrui. En effet, il s'agit d'être le plus proche possible de l'évaluation, réalisée par le producteur, du bénéfice par rapport au risque (28). Cette évaluation est complexe et dépend en partie de l'expérience et des savoirs des paysans. Ces éléments sont souvent insuffisamment connus dans le contexte africain. La diversité des conditions de production (climat, écologie, géographie, sociologie) entraîne une limitation des conditions de validité des innovations. Alary (1) a constaté que « les petits paysans ou petits éleveurs des pays en développement sont souvent réticents face aux innovations technologiques issues de la recherche ». En effet, les producteurs travaillant dans des conditions difficiles et dont la survie économique est inféodée aux aléas (climatiques, économiques...) ont une attitude conservatrice et recherchent avant tout à prendre le moins de risques possible pouvant menacer soit leurs revenus et la survie de l'exploitation familiale, soit le système social au sein duquel ils ont établi des liens de solidarité et des liens professionnels (entre acteurs de la filière) (1). Ainsi les réticences des producteurs à adopter les mesures d'intensification préconisées en particulier par la recherche sont liées à « l'accroissement de la vulnérabilité actuelle à l'égard du marché » (1).

Zone d'étude

L'étude a été conduite au Burkina Faso en Afrique de l'Ouest dans les zones périurbaines de la capitale, Ouagadougou, et de la deuxième ville du pays, Bobo-Dioulasso. Le climat est soudano-sahélien à Ouagadougou et soudanien à soudano-guinéen à Bobo-Dioulasso (respectivement 700 et 1 050 mm de pluviométrie annuelle) (2). Les tiques *A. variegatum* sont présentes dans ces deux zones et représentent une contrainte majeure à l'élevage de bovins (30). L'anthropisation importante de la périphérie de la capitale a pour

conséquence une dégradation importante de la végétation naturelle et des cordons ripicoles, d'où une disparition des glossines riveraines (13). La majorité des élevages sédentaires de cette zone ne sont donc pas soumis au risque trypanosomien. En revanche, à la périphérie de Bobo-Dioulasso, située dans le bassin du Mouhoun, le risque est élevé (5).

Les élevages les plus modernes du pays, en relation avec les contraintes sanitaires et la proximité d'un marché de consommation plus important, sont situés à la périphérie de Ouagadougou. Les élevages de l'Association des promoteurs de lait local du Kadiogo (APLL), étudiés ici, font partie de ces élevages laitiers sédentaires et intensifs. A la périphérie de Bobo-Dioulasso, on trouve généralement des élevages transhumants, utilisant des races locales et à faible utilisation d'intrants, de type extensif (92 p. 100 des élevages périurbains de la périphérie de Bobo-Dioulasso) (14). Certains élevages sont entrés dans une démarche d'intensification.

L'étude ayant été conduite en 2008, les pédiluves étudiés ont été ceux mis en place avant 2007, car il n'était pas possible d'analyser correctement l'adoption sur la première année de mise en place. Tous les pédiluves ont été identifiés et géoréférencés (figure 1). Les éleveurs devant faire l'objet de l'enquête étaient tous les bénéficiaires attendus, c'est-à-dire ceux qui avaient demandé leur mise en place et ceux qui étaient membres de l'Organisation professionnelle d'éleveurs (OPE) et qui se trouvaient à moins de deux kilomètres dans le cas des pédiluves collectifs, ainsi que les non-membres à qui le service avait été proposé. En tout, 22 pédiluves ont été étudiés et 72 éleveurs ont été interrogés.

Trois types de questionnaires ont été remplis : un questionnaire « vie associative », un questionnaire « gestion technique et financière du pédiluve » et un questionnaire « éleveur ». Le questionnaire « vie associative » a été soumis aux élus de chaque OPE où au moins un pédiluve a été mis en place (de manière individuelle ou collective). Tous les parcs de nuit des éleveurs interrogés ont été géoréférencés. Le questionnaire « gestion technique et financière du pédiluve » a été soumis à au moins un des gérants du pédiluve, avec l'éleveur concerné s'il s'agissait d'un pédiluve individuel ou avec au moins deux élus de l'OPE s'il s'agissait d'un pédiluve collectif. Le questionnaire « éleveur » a été soumis à chaque éleveur de manière individuelle.

Traitement statistique des données

Les données de l'enquête ont été gérées par une base de données relationnelle sous Access. Un premier dépouillement des questionnaires a permis de trier les variables et d'éliminer celles qui présentaient des réponses très peu variables (moins de 5 p. 100 de variabilité) au sein de la population étudiée. Les variables pour lesquelles les auteurs n'ont pas pu obtenir de réponses fiables pour la totalité des personnes enquêtées ont été éliminées. Parmi les variables liées entre elles, par exemple celles qui décrivaient le système de production, ont été gardées celles qui étaient les plus représentatives des pratiques d'élevage pouvant influencer l'adoption. Suite à des analyses préliminaires, les auteurs ont ainsi gardé 21 variables considérées comme « actives » pour décrire les pratiques et perceptions des éleveurs, dans le souci de conserver un ratio lignes/colonnes proche de 5 (figure 2). Les données quantitatives (six variables) ont été codées en classes (par l'utilisation des quartiles) pour réaliser une analyse des correspondances multiples (ACM) afin de décrire les corrélations entre variables et de caractériser les éleveurs étudiés (34). Une classification hiérarchique ascendante a ensuite été réalisée pour calculer des distances entre éleveurs (méthode de Ward), à partir de leurs coordonnées sur les quatre premiers axes principaux. Trois groupes d'éleveurs se sont alors distingués (figure 3) et ont été projetés sur le premier plan de l'ACM.

Les 21 variables actives sont décrites ci-dessous (tableau I). Les variables correspondant aux connaissances des éleveurs dans le domaine sanitaire, et en particulier celles portant sur les insectes et les acariens n'ont pas été retenues car les analyses préliminaires ont montré qu'elles expliquaient de manière très faible l'inertie du nuage de points.

Pour chaque variable a été calculée une valeur correspondant à l'inertie cumulée de celle-ci sur les quatre axes en additionnant les valeurs absolues des contributions de chaque modalité (en appliquant à chaque axe un coefficient proportionnel à sa contribution à l'inertie). Les dix premières variables actives ont alors été retenues pour décrire les groupes d'éleveurs (figures 2 et 3). La corrélation entre variables a été étudiée par la méthode du cercle des corrélations.

Afin de décrire l'adoption de la technique, sept variables ont été retenues comme des indicateurs d'adoption : l'utilisation individuelle du pédiluve, correspondant au nombre de saisons des pluies pendant lesquelles le troupeau a utilisé le pédiluve, le ratio entre la durée d'utilisation individuelle et le nombre d'années d'existence du pédiluve, le ratio entre le nombre de troupeaux utilisateurs réels et potentiels, le ratio entre le nombre de bovins traités et susceptibles de l'être, la fréquence de passage au mois de juin de la dernière année d'usage, le nombre de mois d'usage par année et enfin le nombre total de passages la dernière année d'usage. Les troupeaux utilisateurs potentiels ont été les troupeaux des éleveurs membres d'une OPE au sein de laquelle un pédiluve collectif a été

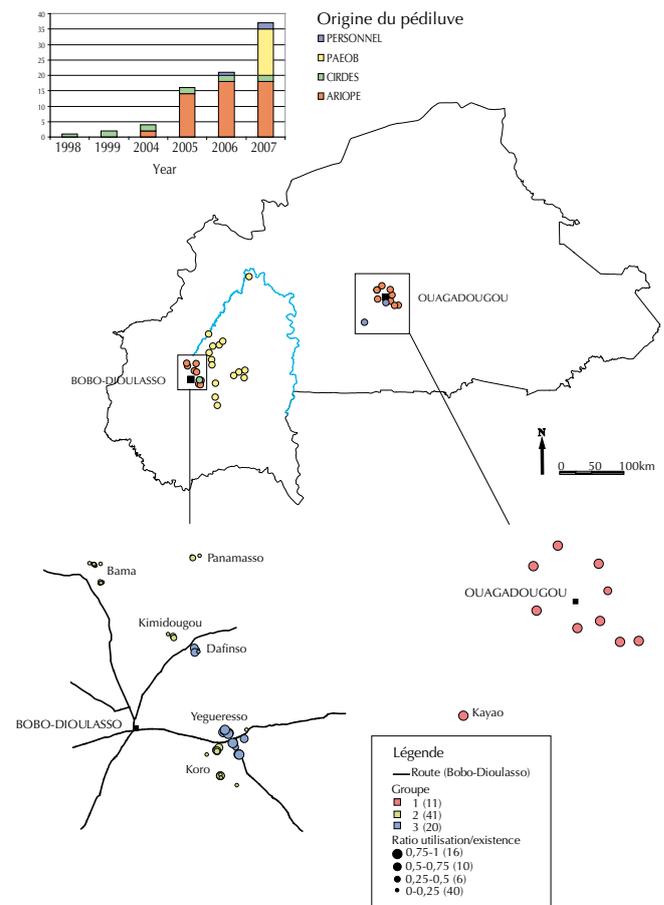


Figure 1 : localisation géographique des pédiluves en fonction de leur origine, localisation des troupeaux (identifiés par leur parc de nuit) classés en fonction de leur groupe d'appartenance et caractérisés par la valeur du ratio entre la durée d'utilisation individuelle et la durée d'existence du pédiluve.

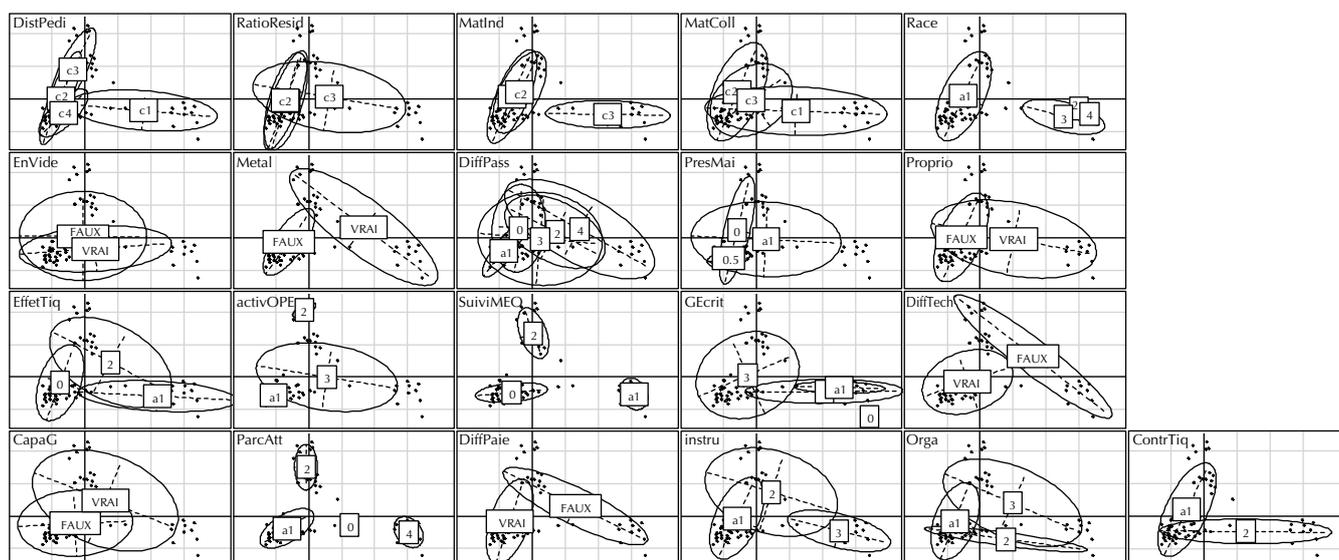


Figure 2 : projection des différentes modalités des variables descriptives sur le premier plan de l'ACP.

DistPedi : distance en mètres entre le parc de nuit et le pédiluve (à partir des coordonnées GPS), transformée en classes avec les quartiles (c1 de 0 à 209 m ; c2 de 210 à 427 m ; c3 de 427 à 1187,5 m ; c4 > 1187,5 m).

RatioResid : ratio entre le nombre de bovins déclarés restant au campement toute l'année et le nombre total de bovins déclarés dans le troupeau), transformé en classes avec les quartiles (c1 $\leq 0,1$; $0,1 < c2 < 1$; c3 = 1).

MatInd : nombre de catégories de matériel ou d'infrastructures agricoles utilisées de manière individuelle par l'éleveur, transformé en classes (c1 ≤ 1 ; $2 \leq c2 \leq 3$; c3 > 3).

MatColl : nombre de catégories de matériel ou d'infrastructures agricoles utilisées de manière collective par l'éleveur, transformé en classes (c1 = 0 ; c2 = 1 ; c3 ≥ 2).

Race : la majorité des bovins sont des zébus Peuhls (métissés ou non avec des taurins) (a1), de race locale améliorée (Goudhali-Azawakh ou métissés avec race européenne) avec dominance de race locale (a2), la majorité sont des métis avec une dominance de sang exotique européenne (a3), race exotique européenne pure (a4).

EnVide : le troupeau a été entraîné à passer dans le pédiluve à vide : VRAI ; sinon : FAUX.

Metal : le troupeau utilise un parc de vaccination ou une stabulation en métal : VRAI ; sinon : FAUX.

DiffPass : aucune difficulté de passage pour le troupeau (a4), difficultés surmontées (a3), difficultés d'une partie du troupeau persistantes (a2), difficultés de l'ensemble du troupeau persistantes (a1).

PresMai : le troupeau est présent au campement au mois de mai (a1), il revient au mois de mai (a0,5), est absent (a0).

Proprio : l'éleveur est propriétaire des terres agricoles : VRAI ; sinon : FAUX.

EffetTiq : effet du pédiluve sur les tiques observé par l'éleveur : pas d'effet observé (a0), effet partiel contre les tiques (a1), bonne efficacité contre les tiques (a2).

activOPE : des activités avec gestion financière ont été menées au sein de l'OPE (a3), des activités sans gestion financière ont été menées (a2), l'OPE n'a exercé qu'une fonction de représentation (a1).

SuiviMEO : les éleveurs ont été suivis régulièrement lors de la mise en œuvre des services : par la recherche (a2), par un technicien ou assimilé (a1), pas de suivi régulier après la mise en place (a0).

GEcrit : le gérant sait écrire et lire (a3), il est aidé par une personne alphabétisée (a2), le gérant ne sait ni lire ni écrire, et il n'est pas aidé (a1).

DiffTech : il existe des difficultés techniques pour la gestion du pédiluve (maîtrise du dosage, difficultés à faire passer les animaux...) : VRAI ; il n'y a pas de difficultés techniques : FAUX.

CapaG : le gérant est capable de remplir ses fonctions : VRAI (sait doser le produit) ; sinon : FAUX.

ParcAtt : le parc d'attente correspond à la stabulation (a4), il est rond avec du grillage (a1), traditionnel et en forme d'entonnoir (a3), intermédiaire (parc avec grillage et forme d'entonnoir ou en branchages mais rond) (a2), absence (a0).

DiffPaie : il y a des difficultés de paiements : VRAI ; sinon : FAUX.

Instru : l'éleveur a reçu une éducation uniquement traditionnelle (a1), il est allé à l'école élémentaire (a2), dans un établissement du secondaire (a3).

Orga : selon l'éleveur, la mise en œuvre de la lutte par pédiluve est aisée et pratique au niveau de l'organisation du travail (a3), ou contraignante, difficile (a2) ou n'a pu être appréciée (pas d'usage = a0).

ContrTiq : au niveau de l'OPE, les tiques sont la contrainte citée en premier (a4), en deuxième (a3), en troisième (a2) ou ne figurent pas parmi les trois premières contraintes (a1).

construit et dont le parc de nuit était installé à moins de deux kilomètres, ainsi que les troupeaux des éleveurs non-membres qui ont utilisé le pédiluve. Les bovins susceptibles d'être traités étaient les bovins appartenant à ces troupeaux. Ces variables, toutes quantitatives, ont été soumises à une analyse en composantes principales (ACP). Les trois groupes d'éleveurs caractérisés par leurs pratiques ont été projetés sur le premier plan de l'ACP pour comparer leur niveau d'adoption. L'adoption a ensuite été comparée entre les

groupes pour chaque indicateur. Pour cela, la normalité des distributions intra-groupes a été vérifiée par un test de Kolmogorov-Smirnov (12). Ces distributions n'étant pas normales, l'effet global du groupe a été testé par une analyse Anova de Kruskal et Wallis (17). Lorsqu'il a été significatif, les groupes ont alors été comparés par un test non paramétrique de comparaisons multiples de Steel (26). Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel en accès libre R 2.9.2 (27).

Tableau I

Classement des 21 variables actives

Catégorie des variables actives	Modalité de mise en œuvre du service	Typologie d'élevage	Perception
10 variables principales	Type du parc d'attente ¹ Type de suivi de la mise en place Difficultés de paiement	Race des bovins Usage de parc métallique Instruction de l'éleveur Quantité de matériel individuel utilisé Type d'activités menées par l'OPE ²	Efficacité du pédiluve sur les tiques Facilité de mise en œuvre
11 variables secondaires	Distance pédiluve parc de nuit Difficultés techniques Alphabétisation du gérant Difficultés de passage Réalisation de l'entraînement du passage à vide Capacités du gérant	Importance des tiques comme contrainte Propriété des terres Quantité de matériel collectif utilisé Ratio de bovins résidents Présence des troupeaux au mois de mai	

¹ Le parc d'attente est l'enclos précédent le pédiluve où le troupeau entier entre et est contenu le temps de faire passer les animaux un à un dans le pédiluve.

² Organisation professionnelle d'éleveurs

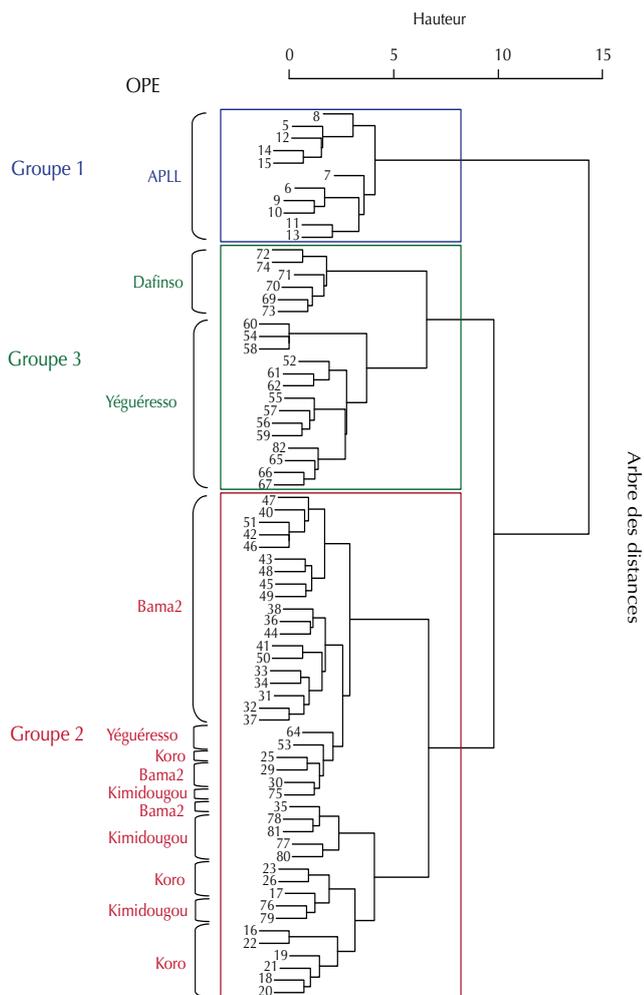


Figure 3 : identification de trois groupes d'éleveurs bien différenciés en fonction de leurs pratiques et de leurs perceptions par classification hiérarchique ascendante (méthode de Ward). OPE : Organisation professionnelle d'éleveurs.

■ RESULTATS

Contribution des variables descriptives à l'inertie

Les dix variables qui ont contribué le plus à l'inertie du nuage de points ont été, par ordre décroissant d'importance : la nature du parc d'attente, la nature de la mise en place du service, la race des bovins, l'utilisation d'un parc métallique, les difficultés de paiement, l'effet observé sur les tiques, le niveau d'instruction, la quantité de matériel individuel, le type d'activités menées par l'OPE et la facilité de mise en œuvre de la méthode (par rapport à l'organisation du travail). Leurs modalités se sont projetées de manière très distincte sur le premier plan de l'ACM (figure 2).

Corrélations entre variables

Sur le premier axe, le parc d'attente correspondant à la stabulation a été la modalité expliquant de la manière la plus importante l'inertie du nuage de points sur l'axe 1 de l'ACM : elle a été fortement corrélée à un niveau d'instruction élevé (secondaire et plus), à l'utilisation de races améliorées (métis avec dominance de race européenne et individus de race européenne non métisée), à une distance pédiluve parc d'attente très faible, ainsi qu'avec le suivi par un technicien, l'absence de matériel collectif, un large équipement individuel (plus de trois types de matériel individuel), la contrainte représentée par les tiques importante (troisième contrainte d'élevage) et un effet partiel observé sur les tiques ($p < 0,05$; figure 3). L'utilisation de parc (attente ou stabulation) en métal a été associée à l'absence de difficultés de passage et à l'absence de difficultés de paiement ($p < 0,05$) ainsi qu'à une appréciation positive de la facilité de mise en œuvre de la méthode. La modalité OPE avec activités sans gestion financière a été la modalité la plus importante sur le deuxième axe de l'ACM. Elle a été corrélée avec les parcs d'attente intermédiaires et le suivi de la mise en place par la recherche ainsi qu'avec une distance pédiluve parc de nuit importante d'environ un kilomètre (troisième quartile, entre 787 et 1 188 m) ($p < 0,05$).

Description des trois groupes par rapport aux variables importantes

La projection des trois groupes sur le premier plan factoriel de l'ACM montre qu'ils étaient bien séparés par cette analyse de leurs caractéristiques (figure 4). Le premier axe sépare le groupe 3 des groupes 1 et 2, et le deuxième axe isole le groupe 1 par rapport aux groupes 2 et 3. On observe que les individus d'une même OPE étaient proches dans la classification, ce qui était lié au fait que certaines variables ont été mesurées à l'échelle de l'OPE ou du pédiluve. Cependant, cela n'était pas systématique.

Le premier groupe d'éleveurs s'est distingué davantage des deux autres et a comporté 11 élevages : les dix éleveurs de Ouagadougou (dont l'un possédait deux élevages). Le deuxième groupe a comporté 41 individus : il a rassemblé l'intégralité des éleveurs interrogés de trois OPE : les groupements des villages de Koro, Bama 2 et Kimidougou. Deux éleveurs de Yegueresso en ont fait aussi partie. Le dernier groupe a rassemblé 20 individus : la majorité des éleveurs de l'OPE de Yegueresso et tous ceux de Dafinso (figure 1). La représentation des individus et des variables sur le premier plan factoriel de l'ACP a montré que le groupe 1 (éleveurs de Ouagadougou) était associé aux modalités qui décrivent l'élevage moderne. Ce groupe s'est distingué par une majorité de parcs d'attente représentés par la stabulation (91 p. 100) et un seul parc d'attente absent (soit 9 p. 100). Les animaux étaient

complètement sédentaires (ils n'allaient pâturer qu'à proximité immédiate en saison des pluies). Le suivi par un technicien (82 p. 100) a été le type de suivi le plus fréquent alors que l'absence de suivi de la mise en place a concerné seulement 18 p. 100 de l'effectif. En effet, au sein de l'APLL, un éleveur, dont le niveau technique était élevé, a proposé un suivi des exploitations comme prestation technique. La race locale zébu Peuhl n'a été majoritaire que dans un seul élevage du groupe 1 (9 p. 100). La race la plus fréquente a été représentée par des métis avec des races européennes (45 p. 100). Des races européennes non métisées et des races locales améliorées ont aussi été rencontrées (par exemple, Goudhali, Azawakh). L'utilisation d'un parc métallique (stabulation ou parc de vaccination) a aussi illustré les différences de pratiques puisque la totalité du groupe 1 l'a utilisé contrairement aux autres groupes. Il n'y a pas eu de difficultés de paiement, ce qui était normal puisque les pédiluves étaient utilisés individuellement. La grande majorité (73 p. 100) des éleveurs avaient un niveau scolaire élevé, au moins celui du secondaire. Le niveau d'équipement individuel était caractéristique des élevages modernes : en effet, la totalité du groupe était très équipée (plus de trois catégories de matériel individuel utilisé). L'équipement en matériel collectif a été en revanche rare (82 p. 100 n'en possédaient pas). L'intégralité des éleveurs appartenait à des OPE qui avaient des activités avec gestion financière. Une bonne efficacité du traitement a été observée par 55 p. 100 des individus, un effet partiel par un tiers d'entre eux et 9 p. 100 n'ont observé aucun

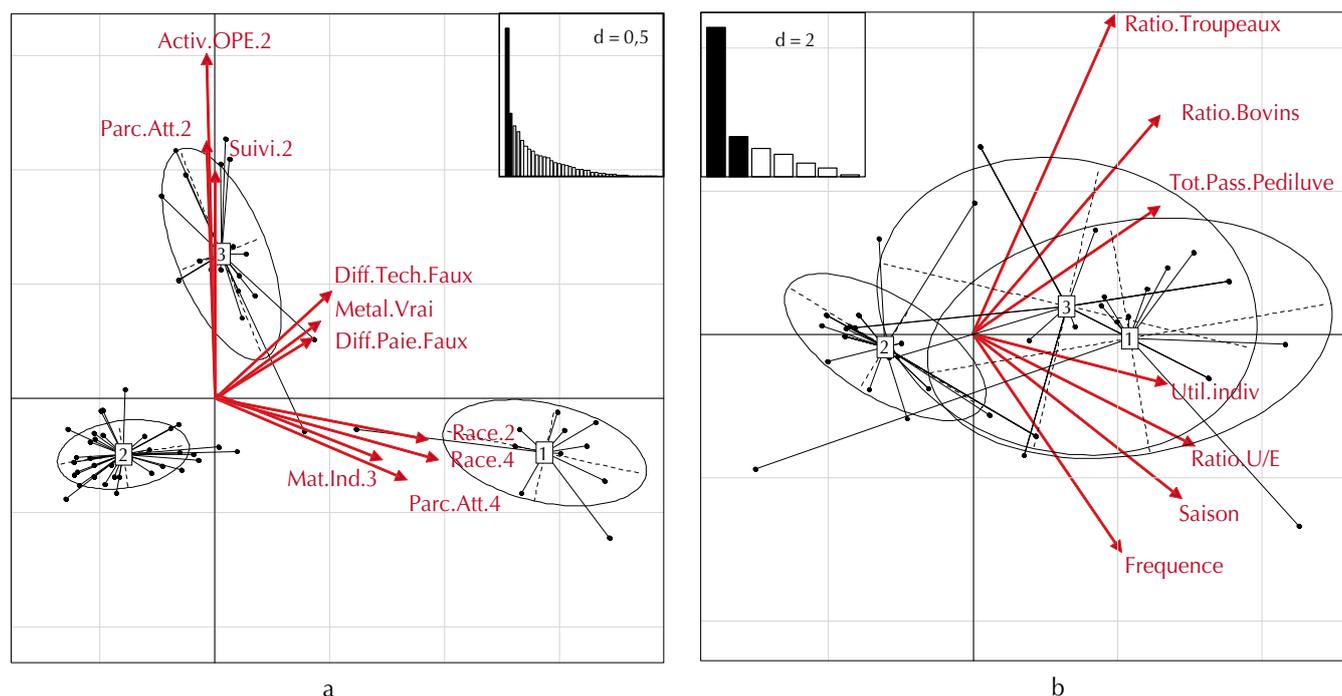


Figure 4 : projection des trois groupes d'éleveurs discriminés par la classification hiérarchique ascendante sur les premiers plans de l'analyse des correspondances multiples (réalisée sur les variables descriptives) et de l'analyse en composantes principales (réalisée sur les indicateurs d'adoption) de gauche à droite respectivement. Les modalités les plus importantes sont indiquées par des flèches rouges.

Activ.OPE.2 : absence d'activité avec gestion financière dans l'OPE ; Parc.Att.2 : usage d'un parc d'attente intermédiaire ; Suivi.2 : appui technique apporté par la recherche ; Diff.Tech.Faux : absence de difficultés techniques ; Metal.Vrai : utilisation d'un parc métallique ; Diff.Paie.Faux : absence de problème de paiement ; Race.2 : bovins métissés avec des races européennes majoritaires ; Race.4 : races exotiques européennes majoritaires ; Parc.Att.4 : le parc d'attente est constitué par la stabulation ; Mat.Ind.3 : utilisation d'au moins trois types de matériel individuel ; Ratio.Troupeaux : ratio du nombre de troupeaux traités sur ceux ayant accès au pédiluve ; Ratio.Bovins : ratio du nombre de bovins traités sur le nombre de bovins ayant accès au pédiluve ; Tot.Pass.Pediluve : nombre total de bovins passés dans le pédiluve pendant une saison de traitement ; Util.indiv : nombre d'années d'utilisation pour l'éleveur ; RatioUE : ratio du nombre d'années d'utilisation individuelle sur la durée d'existence du pédiluve ; Saison : durée de la saison de traitement (mois) par an ; Frequence : fréquence d'utilisation du pédiluve au mois de juin de la dernière année de traitement.

effet du traitement sur les tiques. Une grande majorité d'éleveurs (73 p. 100) ont trouvé que le pédiluve était une méthode de lutte pratique et facile à mettre en œuvre.

Les groupes 2 et 3 appartenaient au même sous-ensemble d'éleveurs traditionnels de la périphérie de Bobo-Dioulasso – ils étaient membres de groupements de l'Union des éleveurs producteurs de lait du Houet (UEPL) – mais présentaient des caractéristiques différentes.

Le groupe 2 a rassemblé le plus grand nombre d'individus (41). La totalité des pédiluves avaient un parc d'attente rond avec du grillage. L'absence de suivi de la mise en place du service (après la construction) a concerné l'intégralité du groupe. Les zébus Peuhls (plus ou moins métissés avec des taurins trypanotolérants) appartenaient aux éleveurs de manière exclusive. Dans le groupe 2, l'utilisation d'un parc métallique (parc d'attente ou de vaccination) a concerné un seul individu (2,4 p. 100). Les difficultés de paiement ont été caractéristiques puisque 97,6 p. 100 des éleveurs ont présenté des difficultés pour payer le service. La plupart (93 p. 100) des éleveurs ont reçu uniquement une éducation traditionnelle. La majorité du groupe 2 (70 p. 100) avait un niveau d'équipement individuel très bas (0 ou 1 catégorie de matériel individuel possédé) et était plutôt équipé en matériel collectif (80 p. 100). La majorité des éleveurs (78 p. 100) n'ont pu donner leur avis sur l'aspect pratique de la méthode de lutte car l'usage était absent ou trop ponctuel. Dans le groupe 2, ont été observées uniquement des OPE qui n'ont assuré qu'un rôle de représentation, sans activités réelles (54 p. 100). Seulement 46 p. 100 des éleveurs appartenaient à des OPE qui avaient des activités avec gestion financière. Par ailleurs, 83 p. 100 des éleveurs n'ont observé aucun effet du traitement sur les tiques : ceci a été lié au fait que l'utilisation du pédiluve a été très faible dans ce groupe. Seulement 13 p. 100 des éleveurs ont observé une bonne efficacité contre les tiques. Un effet partiel a été observé chez 5 p. 100 des individus.

Le groupe 3 était un sous-ensemble de 20 individus. Il était majoritairement (75 p. 100) caractérisé par des parcs d'attente intermédiaires et seulement 25 p. 100 de parcs ronds avec grillage. Il faisait aussi l'objet d'un suivi par un centre de recherche (95 p. 100). En effet, les deux pédiluves mis en place par le Cirde appartenant à l'OPE largement représentée dans ce groupe (Yegueresso). De plus, le Cirde a suivi pendant une saison des pluies l'utilisation du pédiluve dans le groupement de Dafinso pour mesurer l'efficacité de la méthode. L'absence de suivi de la mise en place a concerné seulement 5 p. 100 du groupe. La race majoritaire a été la race zébu Peuhl (95 p. 100), la possession de métis avec des races européennes est restée très discrète. Un tiers (35 p. 100) des éleveurs ont utilisé un parc métallique, représentant une valeur intermédiaire entre les groupes 1 et 2. Les difficultés de paiement ont concerné un tiers (35 p. 100) du groupe, valeur à nouveau intermédiaire entre les groupes 1 et 2. Les éleveurs ont reçu majoritairement une éducation traditionnelle (60 p. 100), mais 35 p. 100 d'entre eux sont allés à l'école élémentaire, ce qui est une valeur élevée par rapport au groupe 2. Comme le groupe 2, le groupe 3 avait un niveau d'équipement individuel très bas (60 p. 100 du groupe possédait 0 ou 1 catégorie de matériel individuel), mais 90 p. 100 des individus utilisaient du matériel collectif. Parmi les éleveurs, 65 p. 100 ont trouvé que le pédiluve était pratique à utiliser. La majorité (70 p. 100) des éleveurs appartenaient à des OPE qui avaient des activités avec gestion financière. Les individus ont observé le plus souvent (65 p. 100) une bonne efficacité du pédiluve contre les tiques alors que 35 p. 100 n'ont observé aucun effet du traitement.

Localisation spatiale des éleveurs

La localisation spatiale des éleveurs selon leur groupe et l'importance de l'utilisation individuelle par rapport à la durée d'existence de chaque pédiluve (ratio U/E) (figure 1) est intéressante à analyser au niveau des éleveurs de Bobo-Dioulasso (les éleveurs de Ouagadougou appartenaient tous au groupe 1). En effet, les éleveurs des OPE de Yegueresso et de Dafinso se sont distingués par leur appartenance au groupe 3 et par leurs ratios U/E plus élevés. Or, le Cirde est intervenu de manière conséquente dans ces deux OPE : les deux premiers pédiluves expérimentaux ont été construits à Borodougou et Tondogosso au bénéfice d'éleveurs appartenant à cette OPE et le suivi technique a été réalisé sur de nombreuses années (environ sept ans). Il est remarquable d'observer qu'en 2007 c'est dans cette OPE que le plus grand nombre de pédiluves a été construit (4). A Dafinso, un suivi de l'efficacité du pédiluve a été réalisé pendant la saison des pluies 2007 ; la présence régulière de l'équipe du Cirde a représenté un réel appui. Les éleveurs du groupe 2 étaient plus éloignés de Bobo-Dioulasso ainsi que des routes goudronnées.

Description de l'adoption dans les trois groupes

La projection des groupes sur le premier plan factoriel de l'ACP (figure 4) montre que le groupe 2 s'est distingué des deux autres et que le recouvrement des groupes 1 et 3 a été important. En effet, les groupes 1 et 3 étaient ceux qui avaient adopté la méthode : les valeurs prises par leurs indicateurs d'adoption ont été proches. Le groupe 2 est le groupe qui ne l'a pas adopté. Le premier plan factoriel de l'ACP montre que le premier axe (qui représente 56 p. 100 de l'inertie globale) sépare le groupe 2 des groupes 1 et 3. Le recouvrement des groupes 1 et 3 indique que ceux-ci ont eu des niveaux d'adoption proches, bien que représentant des systèmes d'élevage très différents.

Les profils d'adoption (figure 5), bien que cohérents par groupe, ont été différents d'un indicateur à l'autre, ce qui indiquait que l'information apportée par chacun d'eux était différente. Cela a été confirmé par l'absence de corrélation entre ces variables ($p > 0,05$).

Tous les indicateurs d'adoption étaient construits de manière à augmenter avec l'intensité de l'adoption.

Pour le groupe 2, les valeurs prises par les indicateurs ont toujours été très faibles et inférieures à celles des deux autres groupes ($p < 0,05$). Dans ce groupe, des médianes nulles ont été observées pour le nombre total de passages, le ratio bovins traités sur bovins candidats, la fréquence mensuelle de passage et la durée d'utilisation annuelle. L'adoption n'a donc pas été effective pour ce groupe. L'analyse de la durée d'utilisation individuelle a exprimé assez bien le défaut d'adoption dans le groupe 2 puisque la médiane s'est située à 0,5 saison des pluies, ce qui correspondait à des essais ponctuels la première année d'utilisation (l'usage est inférieur à une saison complète) ; de plus, la répartition était agrégée autour de cette valeur, ce qui signait aussi l'échec d'adoption. La médiane du nombre total de passages s'est située à 0, ce qui était éloquent. Le troisième quartile a atteint 1 500 passages ; il y a donc eu une certaine variabilité résiduelle. Le ratio durée de l'utilisation sur durée d'existence du pédiluve a présenté des valeurs faibles dans le groupe 2 par rapport aux autres groupes : la médiane a été à 0,2 contre 0,7 pour le groupe 3 et 1 pour le groupe 1. Le ratio troupeaux traités sur troupeaux candidats a été moins éloquent. Ces chiffres indiquent que les éleveurs de ce groupe n'ont pas du tout utilisé leur pédiluve ou l'ont utilisé de manière discrète, en faisant des essais ponctuels de passage, sans que cet usage ne devienne une pratique.

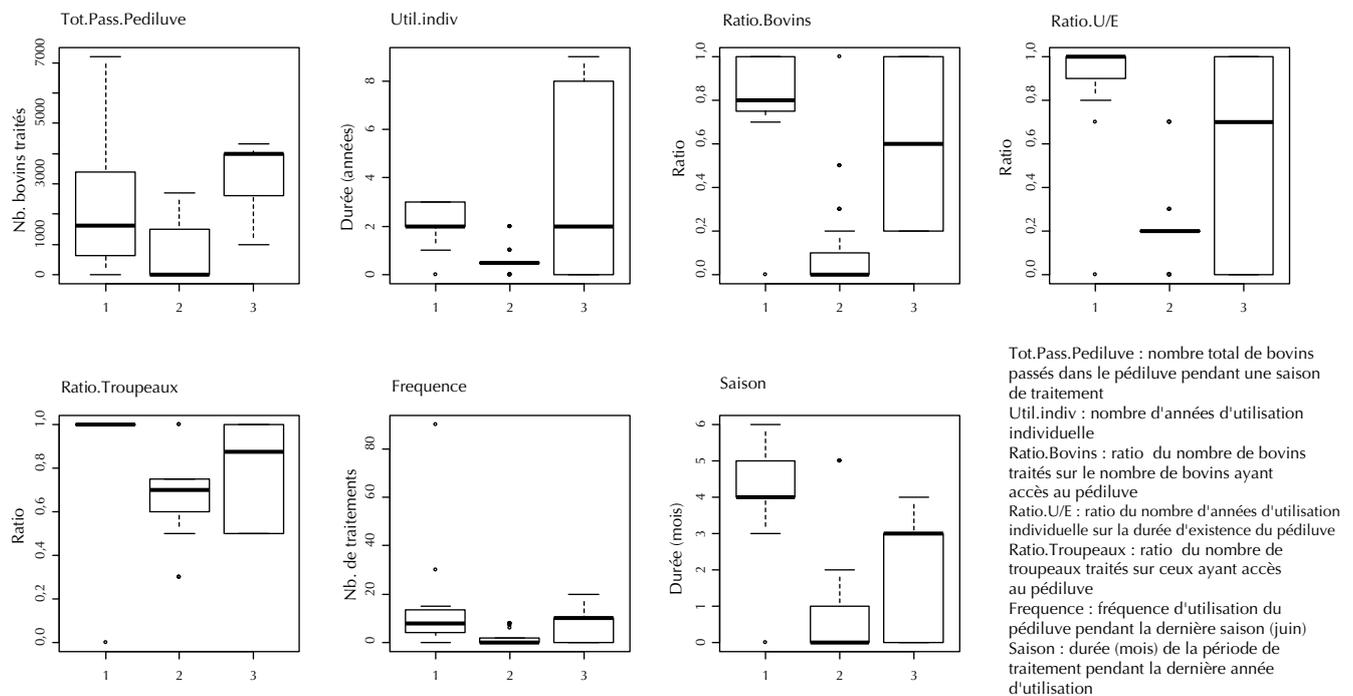


Figure 5 : boîtes à moustaches présentant les distributions simplifiées (quartiles, médianes, intervalles à 95 p. 100) des indicateurs d'adoption au sein des trois groupes.

La médiane du nombre total de passages par pédiluve lors de la dernière saison d'utilisation a été plus élevée dans le groupe 3 (égale à 4 000) mais le maximum le plus élevé a été atteint par le groupe 1, chez qui les variations ont été les plus grandes. La moyenne des passages du groupe 3 a été égale à 3 494 et celle du groupe 1 à 2 377 (différence non significative $p = 0,07$). Cet indicateur a mesuré le volume d'utilisation à l'échelle du pédiluve et n'a pas reflété les utilisations individuelles. Des résultats plutôt meilleurs ont été obtenus pour le groupe 3 car il s'agissait du groupe d'éleveurs traditionnels qui avaient un usage collectif de leurs pédiluves alors que les éleveurs modernes de Ouagadougou (groupe 1) avaient un usage individuel des pédiluves. Le nombre d'animaux ayant eu accès au pédiluve a donc généralement été supérieur dans le groupe 3.

Concernant les groupes 1 et 3, les médianes de la durée d'utilisation individuelle (nombre de saisons des pluies) ont été identiques et égales à deux ans mais les variations ont été très importantes dans le groupe 3, avec notamment un maximum très élevé (égal à 9). Cependant, les durées moyennes n'ont pas été statistiquement différentes ($p = 0,83$). La plus forte variabilité dans le groupe 3 s'est expliquée en grande partie par le fait que les deux premiers pédiluves ont été construits par la recherche il y a dix ans.

Le ratio utilisation individuelle sur durée d'existence du pédiluve a permis d'évaluer de quelle manière chaque éleveur a utilisé le pédiluve par rapport à la durée maximale possible d'utilisation. Ainsi cet indicateur a atteint des valeurs élevées pour le groupe 1 puisque la médiane a été égale à 1, le premier quartile proche de 0,90 et la moyenne égale à 0,86. Le groupe 3 a eu une médiane située à 0,70, une moyenne égale à 0,53, donc intermédiaire entre les deux autres groupes et une très forte variabilité (maximale) de ce paramètre a été observée. Les différences ont été significatives entre les groupes 1 et 3 ($p = 0,04$). Les durées d'utilisation des pédiluves par les éleveurs traditionnels n'ont pas été maximales alors que les éleveurs modernes ont utilisé leur pédiluve de manière maximale par rapport à la durée d'existence du pédiluve.

Dans leur cas, les durées d'utilisation individuelle ne pouvaient pas être meilleures (sauf pour deux individus), c'est donc l'existence récente des pédiluves qui a limité leurs scores.

Au niveau du ratio entre les bovins traités et les bovins candidats potentiels au traitement, une médiane élevée, égale à 0,8, et une variabilité fiable pour le groupe 1 ont été observées. Dans le groupe 3, la médiane a été plus basse, égale à 0,6, et la variabilité a été forte. Il n'y pas eu de différence significative entre ces deux groupes ($p = 0,45$).

Le ratio troupeaux traités par rapport aux troupeaux candidats au traitement a donné des résultats différents. En effet, pour le groupe 1, il a pris la valeur 1 sauf pour un individu qui a présenté la valeur 0 (moyenne égale à 0,9). Cela signifiait que tous les pédiluves de ce groupe ont été utilisés de manière individuelle comme prévu et qu'il existait un pédiluve non utilisé. Pour le groupe 3, la médiane a été élevée, égale à 0,9 avec une variabilité assez importante (premier quartile égal à 0,5) et une moyenne égale à 0,8. La différence entre les groupes 1 et 3 a été non significative ($p = 0,067$).

Les fréquences mensuelles de passage ont été proches avec des médianes égales à 10 et 12 pour les groupes 1 et 3, ce qui correspondait aux recommandations techniques d'un passage tous les deux à trois jours. Cependant deux valeurs ectopiques (30 et 90) ont été observées pour le groupe 1 qui représentaient des écarts au protocole importants (trois traitements par jour !). Les moyennes des fréquences ont été 17 et 78,1 respectivement pour les groupes 1 et 3, mais cette différence n'a pas été significative ($p = 0,99$).

Enfin, le nombre de mois d'utilisation a été compris entre 3 et 6 mois avec une médiane et une moyenne égales à 4 mois pour le groupe 1, contre une utilisation comprise entre 0 et 4 mois avec une médiane à 3 mois et une moyenne à 2,2 mois pour le groupe 3. Le groupe 3 a utilisé moins longtemps le pédiluve à chaque saison ($p = 0,002$), ce qui correspondait à son caractère transhumant.

■ DISCUSSION

Pratiques, savoirs et adoption

Alors que les savoirs paysans et les conceptions culturelles sont reconnus être fondamentaux pour expliquer les pratiques et leurs évolutions (« *L'innovation relève profondément de l'acceptation socio-culturelle* » ; 16), ici les connaissances concernant les maladies vectorielles et les vecteurs (tiques et glossines) se sont avérées faibles de manière homogène (données non présentées). Cependant, le niveau d'instruction a figuré parmi les dix plus importantes variables. Certes, plus le niveau d'instruction scolaire était élevé, plus l'individu concerné était sensible aux concepts scientifiques et aux pratiques modernes d'élevages. Mais cette variable a été en partie liée au système d'élevage car les doubles actifs avaient plus de moyens pour investir et leur double activité les autorisait à une prise de risque plus importante dans leur activité d'élevage qui ne leur assurait pas de manière exclusive leurs revenus. De plus, les personnes qui résidaient loin des centres urbains et des voies de communication étaient dans des systèmes sociaux plus traditionnels où les enfants allaient moins à l'école, et les réseaux socio-techniques dans lesquels ils se trouvaient étaient différents de ceux des personnes proches des voies de communication. En effet, si un centre de recherche a le choix entre deux zones d'étude équivalentes, il a tendance à choisir la zone la plus accessible pour des raisons pratiques. De plus, dans le cas de l'UEPL, toutes les réunions (conseil de gestion, ateliers, etc.) ont eu lieu à Bobo-Dioulasso. Or les éleveurs membres ne recevaient pas d'indemnités de transport. Par conséquent, il est probable que les éleveurs les plus éloignés aient assisté moins souvent à ces réunions et que les élus qui pouvaient venir facilement à Bobo-Dioulasso aient eu des échanges socio-techniques plus importants avec des partenaires variés. Ainsi quatre pédiluves ont été mis en place dans l'OPE de Yegueresso (figure 1) où résidait le président.

Les deux variables de perception figurant parmi les dix variables les plus importantes ont été, d'une part, une variable d'appréciation de l'efficacité de l'outil contre les tiques, généralement considérée par les chercheurs comme la première cause d'utilisation du traitement épicutané du bétail (15) et, d'autre part, l'appréciation de la facilité de mise en œuvre de la méthode. Malheureusement, ce ne sont pas des connaissances préalables et elles ne peuvent être utilisées pour choisir de futurs bénéficiaires en fonction de leurs conceptions.

Les modalités de la mise en place, décrites par la nature du parc d'attente, la nature de la mise en place du service, la distance pédiluve parc, les difficultés techniques et les difficultés financières apparaissent prépondérantes dans cette étude : la nature du parc d'attente a été la variable influençant le plus le nuage de points ! En effet, selon les critères de Mendras et Forsé (23), le critère impliqué est ici la complexité de la méthode. L'inventeur de la

méthode avait déjà bien conscience de limiter les contraintes pratiques, par exemple en recommandant le respect d'une faible distance pédiluve parc (33). Les éleveurs traditionnels qui n'ont pas été encadrés par la recherche n'ont pas bénéficié d'un réel suivi. Au sein de l'APLL, non seulement les éleveurs étaient mieux équipés individuellement et étaient donc habitués à manipuler davantage de technologies différentes, mais ils ont en outre bénéficié d'un meilleur soutien technique puisqu'ils ont presque été tous suivis par un technicien. Il apparaît aussi que les suivis effectués par la recherche ont été particulièrement avantageux pour les éleveurs traditionnels, car outre l'appui technique, une aide financière dégressive a été apportée, ce qui a diminué largement la prise de risque des éleveurs. Un autre élément important qui n'apparaît pas dans l'étude était le fait que les deux pédiluves mis en place par la recherche étaient gérés de manière familiale : à Tondogosso, les éleveurs bénéficiaires et gestionnaires appartenaient à la même famille (dont deux frères) ; à Borodougou, les deux principaux utilisateurs étaient père et fils (le fils était le gérant). Les pédiluves du groupe 1 ont tous été gérés de manière individuelle, ce qui a diminué la nécessité d'adapter les pratiques de gestion.

Les parcs d'attente ont été de nature très différente entre les trois groupes et cela a eu un impact important. Ainsi la configuration la plus favorable a été l'utilisation de la stabulation comme parc d'attente, comme cela a été le cas pour le groupe 1. La totalité du groupe 2 a présenté des parcs d'attente ronds avec du grillage, ce qui a entraîné un fort pourcentage de difficultés techniques, en particulier des difficultés de passage non surmontées. Cette configuration apparaît donc particulièrement inadaptée, car elle se traduit par une mauvaise perception par les bovins du chemin à emprunter, entraînant un affolement dans le troupeau qui n'est plus canalisé vers la sortie par le pédiluve. Le caractère transparent du grillage est une source de stress pour des animaux habitués aux parcs de nuit faits de branchages (figure 6). Ainsi les éleveurs, en modulant différentes conformations d'efficacité variable, ont montré que le parc d'attente était une innovation en soi.

L'analyse des difficultés financières est délicate puisque cette variable peut être cause ou conséquence de non-adoption. Si la gestion financière d'un bien collectif est un problème en soi, cette variable devient agent causal et c'est bien une modalité de la mise en place sur laquelle un travail doit être réalisé. Si les éleveurs refusent de payer le service car ils n'ont pas adopté la méthode pour d'autres raisons, alors les difficultés financières sont un indicateur d'adoption. Il semble que les deux aspects de cette variable doivent être retenus et qu'il ne soit pas possible de les quantifier relativement dans cette étude.

Le caractère individuel ou collectif d'un pédiluve a déterminé de manière importante l'adoptabilité de la méthode car la gestion a été plus facile et les enjeux sociologiques ont été bien moindres dans le cas d'un usage individuel.



Figure 6 : à gauche, pédiluve avec parc d'attente traditionnel en entonnoir ; au centre, pédiluve avec parc d'attente rond avec grillage ; à droite, parc de vaccination métallique.

Il était intéressant de noter l'importance du système d'élevage (décrit par la race des bovins, l'utilisation de parc métallique, la quantité de matériel individuel, le type d'activités menées par l'OPE) car ces éléments pouvaient être utilisés pour prédire l'adoption en fonction du type d'élevage. Le type d'activités menées par l'OPE indiquait le dynamisme du système de production, ses capacités de gestion et d'encadrement des éleveurs. Alors que l'APLL a trouvé des ressources internes pour suivre techniquement les pédiluves, cela n'a pas été possible pour les éleveurs de l'UEPL. Dans ce cas, en absence d'un suivi de qualité (comme celui apporté par la recherche), les difficultés à surmonter sont devenues limitantes. La logique économique ne permet pas d'expliquer l'abandon de la méthode puisque, dans toutes les localités où le nombre de passages est resté inférieur à 4 000, le produit insecticide n'a pas dû être renouvelé (car non épuisé) et puisque l'usage du pédiluve à Dafinso a été stimulé par la présence de la recherche pour un essai d'efficacité. Il est donc tentant de citer Alary (1) : « *Mais les facteurs structurels et les logiques économiques ne peuvent expliquer la totalité du processus d'adoption. Le soutien social, voire moral, assuré par les agents de développement et les chercheurs a eu son rôle aussi* ». Dans certaines OPE des blocages sociologiques non explicités interviennent et nous pouvons encore évoquer « *la méfiance entre producteurs [qui] empêche les échanges intra-communautaires sans l'intervention d'agents extérieurs* » (1).

En ce qui concerne la race des bovins, on pourrait penser que cette variable est juste associée à un type d'élevage qu'elle décrit et que ce sont d'autres caractéristiques des élevages modernes (comme la quantité de matériel individuel) qui ont une incidence directe sur l'adoption. Cependant, selon le témoignage d'un éleveur de l'UEPL, les métis n'ont pas présenté de difficultés de passage contrairement aux zébus Peuhls du même troupeau dont seulement la moitié de l'effectif a réussi à passer dans le pédiluve la première année d'usage. D'autres commentaires d'éleveurs suggèrent que les zébus Peuhls ont été moins dociles et donc qu'il a été plus difficile de les habituer à une telle infrastructure. Ceci n'est pas étonnant car les races européennes ont été sélectionnées sur la base de leur docilité (24), contrairement à la race zébu Peuhl (3). Il ne faut donc pas sous-estimer l'importance de ce paramètre puisque les difficultés de passage ont été évoquées fréquemment comme source de découragement des éleveurs traditionnels. Le paramètre « utilisation habituelle d'un parc métallique (stabulation ou parc de vaccination) » est remarquable puisqu'il pourrait avoir une valeur prédictive. Cette variable est associée à l'adoption de la méthode. On peut ici invoquer un apprentissage des animaux habitués à passer dans des dispositifs constitués de matériaux modernes (figure 6).

Adoption et estimation du risque par les éleveurs

L'avantage relatif du pédiluve par rapport aux autres méthodes de lutte (premier critère de Mendras et Forsé ; 23) a été évalué en station et sur le terrain : cette méthode a été moins coûteuse, efficace et pratique. Les variables « difficultés techniques », « difficultés de passage », « effet sur les tiques » et « facilité de mise en œuvre » ont participé à l'évaluation de ce critère et ont révélé que cet avantage différait d'un groupe d'éleveurs à l'autre car il dépendait de la mise en œuvre. L'essayabilité du pédiluve (quatrième critère) était faible, car seuls les éleveurs à proximité pouvaient l'essayer donc elle ne pouvait pas précéder la construction. Son observabilité chez autrui a été modérée mais doit être évoquée pour expliquer l'existence de quatre pédiluves dans une même OPE (Yegueresso). Enfin, la compatibilité par rapport au système en place et la complexité de la méthode (deuxième et troisième critères) ont été évaluées ensemble par toutes les autres variables qui

décrivaient soit le système de production, soit les paramètres socio-techniques (comme le type d'activités menées par l'OPE). En fait, il n'était pas possible de donner une évaluation objective de chaque critère qui aurait été spécifique au pédiluve puisque ces variables variaient d'un groupe d'éleveurs à l'autre, pour lesquels les paramètres limitants n'étaient pas les mêmes. Par exemple, les difficultés de passage représentaient une contrainte importante pour les éleveurs des groupes traditionnels mais pas du tout pour les éleveurs modernes.

Les bons résultats d'adoption dans le groupe des éleveurs modernes de Ouagadougou n'ont pas été surprenants car les éleveurs étaient déjà entrés dans une démarche d'intensification de manière volontaire : ils avaient investi déjà dans du matériel moderne (stabulation métallique, couloir de vaccination, par exemple), quelquefois coûteux. L'installation du pédiluve n'a pas représenté pour cette catégorie d'éleveurs un risque important tant au niveau économique que technique ou social. L'usage individuel de l'infrastructure a induit une absence d'impact au niveau social. En revanche, pour les éleveurs traditionnels, le pédiluve a engendré un risque plus important. En effet, au niveau économique, les éleveurs ont évoqué le fait que les animaux ne pouvaient être traités par le pédiluve pendant la transhumance. Par conséquent, il est possible qu'ils aient sous-évalué le bénéfice économique et pratique du pédiluve. Les éleveurs ont investi financièrement dans les pédiluves de manière modérée. En revanche, la nécessité d'habituer les animaux au passage dans le pédiluve ainsi que la maîtrise technique (dosage du produit, remplissage des fiches de passage, etc.) demandaient un investissement en termes de temps et de travail non négligeable.

Enfin, l'usage collectif des pédiluves a eu un impact social. En effet, les gérants avaient un rôle stratégique puisqu'ils étaient responsables de l'entretien technique du pédiluve, et qu'ils devaient assister à tous les passages, connaître le nombre de bovins traités de chaque éleveur utilisateur et effectuer les calculs de paiement. Or ces gérants devaient être disponibles (c'était contraignant), de préférence lettrés, capables de comprendre les documents de gestion (abaques, fiches de passage). Par conséquent, des jeunes gens qui étaient allés à l'école étaient souvent choisis comme gérants plutôt que des notables d'un certain âge. Ils étaient choisis pour leur position d'obligation envers leurs aînés mais leur nouveau rôle leur a donné une nouvelle position stratégique susceptible de changer les relations sociales traditionnelles. Certains éleveurs ont ainsi déclaré que la gestion financière collective était difficile à envisager car « *on ne paie pas ses enfants* ».

Plus le système de production est traditionnel et soumis à des conditions difficiles, plus il est basé sur des relations de solidarité fortes, bien établies, visant à garder la pérennité et la stabilité des entreprises familiales. Toute modification du système social est donc envisagée comme un stress important qui pèse lourd dans la balance du risque de l'innovation.

■ CONCLUSION

Afin de favoriser l'adoption du pédiluve, celui-ci doit être recommandé aux éleveurs modernes ou en voie d'intensification, en particulier ceux utilisant des races métissées, un parc métallique et du matériel individuel varié. Une gestion individuelle est préférable mais peut être étendue aux membres d'une famille travaillant ensemble. Le parc d'attente doit être construit à la suite de la stabulation pour les éleveurs modernes, en forme d'entonnoir et avec des matériaux semblables à ceux du parc de nuit pour les autres. Enfin, en milieu traditionnel, un appui technique et organisationnel prolongé sur plusieurs années est fortement recommandé.

La pertinence des critères de Mendras et Forsé dépend de la manière dont on les interprète car ils sont très généraux et un réel travail d'adaptation au contexte est nécessaire pour en extraire des critères précis et adaptés à l'étude. Ainsi « *l'avantage relatif apporté par l'innovation par rapport à la situation initiale* » et « *la compatibilité par rapport au système en place* » peuvent être analysés avec diverses variables techniques, économiques et sociologiques. Des connaissances globales, précises et multidisciplinaires de l'innovation à étudier sont nécessaires : c'est par exemple la connaissance de terrain des aspects zootechniques spécifiques qui a suggéré l'influence probable de la race des bovins, de la nature du parc d'attente ou de l'usage de parc métallique. La nature du suivi externe, les difficultés de paiement ou techniques, le niveau d'instruction, le niveau d'équipement sont des variables facilement transposables pour différentes innovations. Enfin, les deux variables de perception importantes concernent l'appréciation de deux aspects fondamentaux de l'innovation : son efficacité (ici

uniquement vis-à-vis des tiques) et sa facilité de mise en œuvre. Rogers (28) souligne le fait qu'il importe de ne pas analyser uniquement les avantages objectifs mais bien les perceptions de ces avantages. Cet élément semble primordial, en particulier dans les études portant sur le domaine agricole en Afrique de l'Ouest.

Les résultats obtenus dans cette étude seront importants à intégrer dans les futures campagnes de contrôle des glossines et des trypanosomes désireuses d'impliquer les populations bénéficiaires dans la lutte de façon durable (6).

Remerciements

Ce travail a bénéficié de l'appui du Coraf et du Cirad pour le financement de l'étude. Nous sommes très reconnaissants envers le directeur général du Cirades, Pr Abdoulaye Gouro, pour les excellentes conditions de travail apportées. Nous remercions particulièrement M. Lassina Sanogo pour la qualité du travail de terrain effectué.

BIBLIOGRAPHIE

- ALARY V., 2006. L'adoption de l'innovation dans les zones agropastorales vulnérables du Maghreb. *Afr. contemp.*, **219** : 81-101.
- AUBREVILLE A., 1950. Flore forestière soudano-guinéenne. Paris, France, Société d'éditions géographiques maritimes et coloniales, 525 p.
- AYANTUNDE A., KANGO M., HIERNAUX P., UDO H., TABO R., 2007. Herders' perceptions on ruminant livestock breeds and breeding management in Southwestern Niger. *Hum. Ecol.*, **35**: 139-149.
- BAUER B., KABORE I., LIEBISCH A., MEYER F., PETRICH-BAUER J., 1992. Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin pour on for cattle. *Trop. Med. Parasitol.*, **43**: 41-46.
- BOUYER J., BENGALY Z., 2006. Evaluation de la situation entomologique et épidémiologique en vue de l'élaboration d'un plan de lutte contre les trypanosomoses animales et leur vecteur dans la zone d'intervention du PAEOB. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cirades/Cirad, 30 p.
- BOUYER F., HAMADOU S., ADAKAL H., LANCELOT R., STACHURSKI F., BELEM A.M.G., BOUYER J., 2011. Restricted application of insecticides: a promising tsetse control technique, but what do the farmers think of it? *PLoS Negl Trop Dis.*, **5**: e1276.
- BOUYER J., KABORE I., STACHURSKI F., DESQUESNES M., 2005. Epicutaneous treatment of cattle. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations techniques. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cirades/Cirad, 8 p.
- BOUYER J., STACHURSKI F., GOURO A., LANCELOT R., 2009. Control of bovine trypanosomosis by restricted application of insecticides to cattle using footbaths. *Vet Parasitol.*, **161**: 187-193.
- BOUYER J., STACHURSKI F., GOURO A.S., LANCELOT R., 2008. Traitement insecticide des bovins contre les glossines par pédiluve en conditions expérimentales. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **61** : 161-167.
- BOUYER J., STACHURSKI F., KABORE I., BAUER B., LANCELOT R., 2007. Tsetse control in cattle from pyrethroid footbaths. *Prev. vet. Med.*, **78**: 223-238.
- CHIA E., 2004. Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **57** : 233-240.
- CONOVER W.J., 1971. one-sample "Kolmogorov" test, two-sample "Smirnov" test. Practical nonparametric statistics. New York, USA, John Wiley, p. 295-314.
- COURTIN F., RAYASSE J.-B., TAMBOURA I., SERDEBEGO O., KOUDOUGOU Z., SOLANO P., SIDIBE I., 2010. Updating the Northern tsetse limit in Burkina Faso (1949-2009): Impact of global change. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health*, **7**: 1708-1719.
- HAMADOU S., MARICHATOU H., KAMUANGA M., KANWE B.A., SIDIBE A.G., PARE J., DJOUARA H., SANGARE M.I., SANOGO O., 2004. Diagnostic des systèmes de production laitière en Afrique de l'Ouest : typologie des élevages périurbains. In : Conf. int./région. Elevage en Afrique de l'Ouest et du Centre, Banjul, Gambie, 8-12 nov. 2004.
- HARGROVE J.W., 2003. Tsetse eradication: sufficiency, necessity and desirability. Edinburgh, GB, DFID, Animal Health Programme, 134 p.
- HERITIER F., 2001. Innovation, invention, découverte. In : Actes 12^e Festival int. Géographie, Saint-Dié-des-Vosges, France, 4-7 oct. 2001, p. 11.
- HOLLANDER M., WOLFE D.A., 1973. Non parametric statistical inference. New York, USA, John Wiley, 344 p.
- ITARD J., CUISANCE D., TACHER G., 2003. Trypanosomoses : historique - répartition géographique. In : Lefèvre P.-C., Blancou J., Chermette R., eds, Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes. Paris, France, Lavoisier, p. 1607-1615.
- JOUBE P., 1989. Cours international. Systèmes agraires et stratégies de développement. Montpellier, France, Cirad-DSA, 100 p.
- KAMUANGA M., 2003. Socio-economic and cultural factors in the research and control of trypanosomiasis. PAAT Technical and Scientific Series. Rome, Italy, FAO, 73 p.
- KAMUANGA M., SIGUE H., SWALLOW B., BAUER B., D'IETEREN G., 2001. Farmers' perceptions of the impact of tsetse and trypanosomosis control on livestock production: Evidence from Southern Burkina Faso. *Trop. Anim. Health Prod.*, **33**: 141-153.
- LEFORT J., 1988. Innovation technique et expérimentation en milieu paysan. *Cah. Rech. Dév.*, **17** : 1-10.
- MENDRAS H., FORSE M., 1983. Le changement social. Paris, France, Armand Colin, 284 p.
- MIGNON-GRASTEAU S., BOISSY A., BOUIX J., FAURE J.-M., FISHER A.D., HINCH G.N., JENSEN P., LE NEINDRE P., MORMEDE P., PRUNET P., VANDEPUTTE M., BEAUMONT C., 2005. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livest. Prod. Sci.*, **93**: 3-14.
- MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES, MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DU DEVELOPPEMENT, 2004. Enquête nationale sur les effectifs du cheptel. Ouagadougou, Burkina Faso, 85 p.
- MUNZEL U., HOTHORN L.A., 2001. A unified approach to simultaneous rank test procedures in the unbalanced one-way layout. *Biom. J.*, **43**: 553-569.

27. R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>

28. ROGERS E., 1983. Diffusion of innovations. New York, USA, Free Press, 576 p.

29. SCHUMPETER B., 1935. Théorie de l'évolution économique. Recherche sur le profit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture. Paris, France, Dalloz.

30. STACHURSKI F., 2000. Invasion of West African cattle by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med. Vet. Entomol.*, **14**: 391-399.

31. STACHURSKI F., 2000. Modalités de la rencontre entre la stase adulte de la tique *Amblyomma variegatum* (Acari, Ixodida) et les bovins: applications potentielles à la lutte contre ce parasite. Thèse Doct, Université Montpellier II, Montpellier, France, 264 p.

32. STACHURSKI F., BOUYER J., BOUYER F., 2005. Lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : méthode innovante utilisée en zone périurbaine subhumide du Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **58** : 221-228.

33. STACHURSKI F., LANCELOT R., 2006. Foot-bath acaricide treatment to control cattle infestation by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med. Vet. Entomol.*, **20**: 402-412.

34. TENENHAUS M., YOUNG F.W., 1985. An analysis and synthesis of multiple correspondence analysis, optimal scaling, dual scaling, homogeneity analysis and other methods for quantifying categorical multivariate data. *Psychometrika*, **50**: 91-119.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Bouyer F., Belem A., Seyni H., Adakal H., Lancelot R., Stachurski F., Bouyer J. Adoption of a new disease control method by farmers: the acaricide/insecticide footbath in Burkina Faso

The acaricide/insecticide footbath is a new integrative vector control method in subhumid areas of West Africa: its efficiency was validated through many experimental and field studies. This exogenous health-related invention was proposed by researchers, co-built with herder groups ten years ago, then disseminated. In total, 22 footbaths and 72 herders were surveyed. Based on 97 variables concerning sociology, organization, livestock system, tool appraisal and implementation modalities, 21 were considered as active and seven as indicators of adoption after preliminary analyses. The multivariate analyses carried out on these variables characterized three herder groups whose adoption was assessed. The first group consisted of the modern herders of Ouagadougou who had adopted the method well. The more traditional herders of Bobo-Dioulasso were split into two groups: the first one adopted the footbath, the second did not. The ten main variables that discriminated the groups were analyzed. They related to the livestock system, implementation modalities and tool appraisal. Risk assessment of innovation by herders was discussed with the evaluation criteria of adoptability from Mendras and Forsé. This analysis highlights the variations between individual perceptions of benefits and risks, and the predominant role of the social technical network.

Keywords: Innovation – Rearing system – Insect control – Mite control – Intensification – West Africa.

Resumen

Bouyer F., Belem A., Seyni H., Adakal H., Lancelot R., Stachurski F., Bouyer J. Adopción de un nuevo método de lucha sanitaria en medio campesino: el pediluvio acaricida/insecticida en Burkina Faso

El pediluvio acaricida/insecticida es un nuevo método de lucha integrada contra los vectores en zona la sub húmeda del Oeste africano: su eficacia fue validada mediante numerosos estudios en situaciones experimentales y reales. Esta invención sanitaria de origen exógeno (propuesta por la investigación) fue co-construida con grupos de criadores hace diez años, siendo consecuentemente difundida. En total, se estudiaron 22 pediluvios y 72 criadores. A partir de 97 variables de adopción, concerniendo sociología, aspectos de organización, sistema de cría, apreciación del método y las modalidades de empleo, a partir de análisis preliminares, 21 fueron consideradas como activas y siete como indicadores de adopción. Fueron luego sometidas a análisis multi-variados, permitiendo caracterizar tres grupos de criadores, cuya adopción fue evaluada. El primer grupo estuvo constituido por los criadores modernos de Ouagadougou, quienes adoptaron bien el método. Los criadores más tradicionales de Bobo-Dioulasso fueron separados en dos grupos, uno no adoptó el sistema de pediluvio, contrariamente al segundo. Se analizaron las diez variables principalmente discriminantes de estos grupos. Estas siguieron el sistema de cría, las modalidades de implementación del método y la apreciación del método. Se discute la apreciación del riesgo de la innovación percibida por los criadores, gracias a los criterios de evaluación de la adaptabilidad de Mendras y Forsé Este análisis realzó las variaciones de percepción individuales de los beneficios y de los riesgos, así como el papel predominante del la red socio-técnica

Palabras clave: Innovación – Systema de cría – Control de insectos – Control de ácaros – Intensificación – Africa Occidental.

Resituer l'adoption des propositions techniques de la recherche dans les stratégies d'adaptation des exploitants agricoles familiaux

P. Pédelahore^{1*} R. Tchatchoua² M. Tonka³
M. Ntsama³ N. Andrieu^{1,4}

Mots-clés

Exploitation agricole familiale –
Adoption de l'innovation – Politique
de développement – Cameroun.

Résumé

L'innovation technique est souvent présentée comme le levier principal de l'amélioration des performances économiques et des conditions de vie des exploitants agricoles familiaux (EAF). Elle constitue de ce fait un moyen d'adaptation face à la variabilité de l'environnement socio-économique. L'objectif de cette étude a été d'analyser la place du recours à l'adoption de propositions techniques issues de la recherche au sein de l'ensemble des stratégies d'adaptation mobilisées par les producteurs pour préserver, voire pour améliorer, leurs conditions de vie et celles de leurs descendants. A travers la réalisation d'entretiens semi-directifs et directifs auprès d'un échantillon représentatif d'EAF du Grand Sud Cameroun, cette étude a montré que le développement des migrations et des activités non agricoles, l'extension des surfaces cultivées, et la diversification des productions agricoles marchandes étaient des stratégies d'adaptation plus fréquemment mobilisées que l'adoption de propositions techniques. Cette étude a souligné le fait que l'amélioration des itinéraires techniques et des performances des exploitations familiales ne peuvent constituer la seule orientation des politiques de recherche et de développement. L'augmentation des mobilités spatiales et professionnelles des producteurs encourage à développer des politiques de recherche et de développement plus attentives à la gestion des territoires et des hommes et aux interactions entre les différents secteurs de l'économie nationale.

■ INTRODUCTION

Les trois quarts des habitants pauvres des pays en développement vivent dans les espaces ruraux et dépendent directement ou indirectement de l'agriculture pour leur subsistance (2). Dans ces pays, et en Afrique subsaharienne en particulier, la Banque mondiale (2) présente l'agriculture comme un instrument pour la réduction de la proportion de la population vivant dans l'extrême pauvreté et souffrant de faim chronique, et pouvant favoriser la croissance économique, à condition que s'opère une révolution au niveau de la productivité des exploitations agricoles familiales.

Au Cameroun, le taux de pauvreté des ménages ruraux a augmenté de 52,1 à 55 p. 100 entre 2001 et 2007 (33). La pauvreté rurale est un phénomène ancien et récurrent. L'amélioration des revenus des exploitants agricoles, grâce à l'amélioration des rendements et de la productivité du travail, constitue depuis plusieurs décennies l'une des priorités affichées par les différents gouvernements et organismes de recherche et de développement camerounais (16, 33, 34, 35). Ainsi, même si depuis une vingtaine d'années les objectifs de compétitivité et de respect de l'environnement sont également mentionnés, la promotion de l'innovation technique constitue depuis 50 ans l'un des principaux objectifs des institutions de recherche et de développement agricole de ce pays. Cependant, force est de constater que cette modernisation peine à se réaliser. L'appareil de production agricole camerounais reste à 80 p. 100 détenu par une petite agriculture familiale qui utilise peu ou pas d'intrants, très peu mécanisée et dont les itinéraires techniques ont généralement peu évolué (32). Les rendements et la productivité du travail de cette agriculture familiale restent faibles (32).

1. Cirad, UMR Innovation, 73 rue Jean-François Breton, 34398 Montpellier Cedex5, France.

2. Université de Dschang, Dschang, Cameroun.

3. IRAD, Yaoundé, Cameroun.

4. Cirades, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +33 (0)4 67 61 57 54 ; fax : +33 (0)4 67 61 44 15

E-mail : philippe.pedelahore@cirad.fr

Face à ce constat, de nombreux travaux visent à développer des méthodes de recherche plus participatives, des inventions techniques plus adaptées aux conditions de production des petits agriculteurs et des services de conseil et de crédit agricole plus efficaces (17, 21, 31). Ces évolutions vont sans nul doute dans le bon sens, mais la question que l'on peut aussi se poser est la suivante : l'adoption de propositions techniques issues de la recherche en vue de moderniser leur agriculture, constitue-t-elle la principale stratégie d'adaptation mobilisée par les exploitants agricoles familiaux (EAF) pour préserver, voire pour améliorer leurs conditions de vie et celles de leurs descendants ?

Selon Yung et Zaslavsky (49), la stratégie des EAF est « l'art d'acteurs qui font concourir des moyens agricoles, mais non exclusivement tels, pour atteindre des objectifs de maintien, croissance et reproduction de leur unité de production familiale ». Elle est dépendante des moyens de production dont disposent les producteurs et de l'environnement pédoclimatique et socio-économique dans lequel ils exercent leurs activités (7). L'adaptation fait référence à une stratégie d'un système (famille, communauté, groupe, pays, etc.) cherchant à faire face ou à s'ajuster à un environnement nouveau ou changeant, un choc, un risque, des dommages potentiels ou à tirer profit d'opportunités (6, 22). Scoones (42) identifie quatre types de stratégies d'adaptation des EAF : l'intensification de la production agricole, l'extensification de la production agricole, la diversification des moyens d'existence et des activités, et la migration.

Dans le Grand Sud Cameroun, la période 1960-1987 a été marquée par l'accroissement des opportunités d'emplois urbains mieux rémunérés que l'activité agricole, et les années 1990 par une baisse drastique des cours du café et du cacao, la dévaluation du franc CFA et l'augmentation de l'écart entre le coût de la vie et le prix de vente des productions agropastorales. Les études qui ont cherché à caractériser les stratégies d'adaptation mobilisées par les acteurs face à cette variation de l'environnement socio-économique sont relativement anciennes (1, 3, 13, 18, 23, 28, 29, 40, 48). Ainsi, la question du lien entre ces stratégies et l'innovation technique a été peu analysée durant ces deux dernières décennies.

Notre hypothèse a été que les EAF développent une gamme importante de stratégies d'adaptation pour préserver, voire pour améliorer, leurs conditions de vie et celles de leurs descendants, au sein desquelles l'adoption de propositions techniques est marginale. L'objectif de cet article a été d'analyser la place de l'adoption de propositions techniques issues de la recherche dans le cadre plus général de la gamme des stratégies mobilisées par les EAF.

Cette étude, menée auprès d'EAF du Grand Sud Cameroun, ne cible pas une technologie particulière mais analyse dans quelle mesure les propositions techniques visant à intensifier les systèmes de production ressortent du discours de ces EAF comme l'une des stratégies d'adaptation qu'ils mobilisent.

Après avoir présenté la méthode utilisée pour cette étude, ont été analysées la gamme des stratégies mobilisées par les EAF, puis les modalités et l'importance de la stratégie d'adaptation la plus fréquemment citée par les EAF. La discussion a porté sur la place de la technique dans les stratégies d'adaptation des EAF ainsi que sur les apports méthodologiques et opérationnels de cette étude. La conclusion a montré en quoi les enseignements de cette étude pouvaient contribuer à la réorientation des politiques de recherche et de développement agricoles.

MATERIEL ET METHODES

L'analyse privilégiée a porté sur des situations contrastées représentant une partie de la diversité du Grand Sud Cameroun. Le choix des quatre sites d'étude (Batcham, Galim, Obala et Ayos) a été basé sur quatre critères de stratification de l'espace (tableau I et figure 1) :



Figure 1 : localisation des quatre sites d'étude dans le Grand Sud Cameroun.

Tableau I
Caractéristiques des quatre sites d'étude

	Batcham	Galim	Obala	Ayos
Densité de population (nb. habitants/km ²)	> 150	50 < x > 100	100 < x > 150	< 30
Caractéristiques morphopédologiques	Hauts plateaux (> 1 500 m) sur sols volcaniques	Hauts plateaux (> 1 500 m) sur sols volcaniques	Plateaux (600 à 800 m) sur sols latéritiques	Plateaux (600 à 800 m) sur sols latéritiques
Système de production	Vivriers + café	Vivriers + maraîchage (café résiduel)	Cacao + vivrier + maraîchage	Vivrier + cacao + café
Intégration aux réseaux routiers et marchands	Bonne et ancienne	Bonne et ancienne	Très bonne et très ancienne	Moyenne et récente

Source : Minpat, 1999

densité de population, caractéristiques morphopédologiques, systèmes de production et intégration aux réseaux routiers et marchands. La caractérisation des stratégies d'adaptation a été réalisée par des entretiens auprès des EAF de ces sites durant trois phases successives.

La première phase visait à identifier les différentes stratégies d'adaptation mises en œuvre par les EAF. Des entretiens de type semi-directifs ont été menés auprès de 122 EAF sélectionnés au hasard et appartenant dans leur majorité à diverses organisations paysannes (OP) des sites d'étude. Les exploitants ont été interrogés sur la façon dont ils s'y prenaient pour préserver ou améliorer leurs conditions de vie et celles des membres de leur famille. Le discours de ces individus a fait l'objet d'une analyse de contenu qui est une technique de recherche pour la description objective, systématique et quantitative du contenu manifeste de la communication (4). Cette analyse des éléments du discours de la personne interrogée (11) cherche à catégoriser les différentes stratégies mentionnées par ces personnes. La fréquence de ces catégories a été calculée en fonction du nombre d'individus les ayant mentionnées par rapport au nombre total d'individus interrogés.

La deuxième phase visait à caractériser les modalités de mise en œuvre de la stratégie la plus fréquemment citée à l'issue de la première phase : la diversification des activités et des revenus. Elle a consisté en des entretiens de type directif auprès de 138 EAF sélectionnés au hasard sur les quatre sites d'étude. Comme nous étudions la même population agricole et nous étions en contact avec les mêmes OP, certains de ces 138 EAF ont été les mêmes que ceux retenus dans l'échantillon de la phase 1 comprenant 122 EAF. Cependant, comme ces deux tirages ont été effectués au hasard, la majorité des EAF de ces deux échantillons ont été différents. Une typologie des 138 EAF, basée sur l'importance relative des diverses sources de revenus monétaires (cultures, élevages, activités non agricoles) dont bénéficiait l'ensemble des ménages agricoles, a été réalisée. Cette typologie, dont seuls quelques uns des principaux résultats ont été présentés, a permis de constituer un échantillon de 38 EAF, représentatifs des différents types identifiés. La représentativité de cet échantillon était basée sur le fait que les EAF retenus recouvraient la totalité des types identifiés et que le nombre d'EAF retenu par type était fonction de l'importance quantitative de chaque type dans la population étudiée. L'effectif total de cet échantillon (38 EAF) a été un compromis entre la nécessité de retenir un nombre d'EAF suffisamment élevé pour que l'échantillon respecte le mieux possible l'importance quantitative de chaque type dans la population étudiée, et la prise en compte des contraintes financières qui limitaient le nombre d'enquêtes réalisables. C'est cet échantillon de 38 EAF qui a été utilisé pour la réalisation des enquêtes conduites dans la troisième phase des recherches.

Durant cette troisième phase, les chefs de famille de ces 38 exploitations agricoles ont été interrogés, ainsi que leur parentèle (père/mère, frères/sœurs, épouses, enfants) (figure 2).

Les entretiens semi-directifs ont permis de retracer le « parcours de vie » de trois générations durant le XX^e siècle. Les parcours de vie de 576 individus ont ainsi été renseignés : les 38 chefs d'exploitation et les 538 membres de leur parentèle. Le parcours de vie étudie les multiples aspects du déroulement de la vie humaine dans son extension temporelle et dans son cadrage sociohistorique (14). Pour chacun de ces parcours de vie, le pourcentage de temps consacré à l'activité agricole a été calculé selon la méthode présentée dans la figure 3. Cette méthode a été définie pour prendre en compte les périodes où l'exploitant menait en même temps des activités agricoles et non agricoles, et les périodes où se succédaient les activités agricoles et non agricoles.

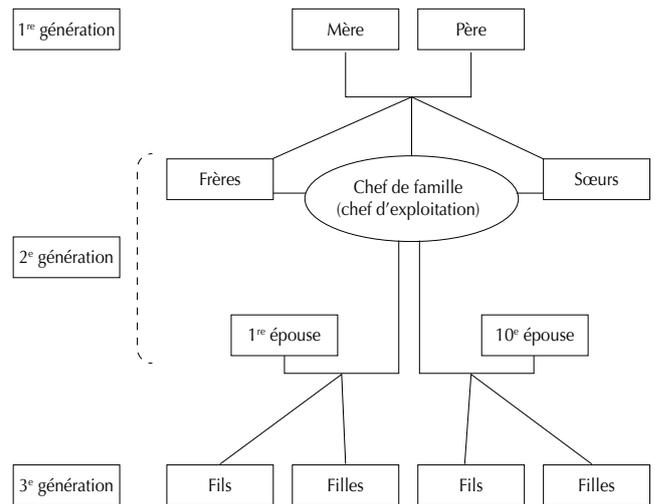
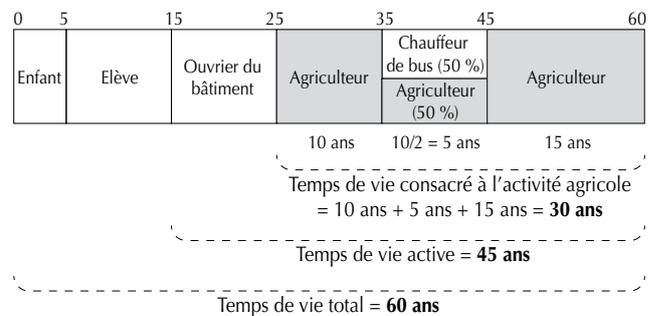


Figure 2 : individus interrogés lors de la troisième phase d'enquêtes.

Exemple de calcul pour un homme de 60 ans



Pourcentage du temps de vie consacré à l'activité agricole = 30 ans / 60 ans = 50 %

Pourcentage du temps de vie active consacré à l'activité agricole = 30 ans / 45 ans = 66 %

Figure 3 : mode de calcul du temps de vie consacré à l'activité agricole.

Les 576 individus ont ensuite été classés en fonction de l'importance de l'activité agricole dans leur parcours de vie. Dans cet article n'ont été présentés en détail que les résultats concernant le site d'Obala et en particulier les données concernant les parcours de vie des 122 individus * âgés de plus de trente ans au moment de l'enquête.

■ RESULTATS

Les résultats obtenus sur la diversité des différentes stratégies d'adaptation des EAF ont d'abord été présentés, puis ceux concernant l'importance relative actuelle des différentes sources de revenus monétaires. Enfin, cette étude a montré comment les chefs d'exploitations agricoles et leur parentèle construisaient des parcours de vie mêlant activités agricoles et non agricoles.

* Ce nombre de 122 individus, dont les parcours de vie ont été renseignés par la troisième phase des recherches, ne doit pas être confondu avec l'échantillon de 122 EAF utilisé dans la première phase des travaux. Ce n'est qu'une coïncidence si ces deux nombres sont identiques.

Des stratégies centrées sur la diversification des productions et des activités

L'analyse des discours recueillis lors de la première phase de l'étude a montré que les 122 EAF développaient six grands types de stratégies d'adaptation (tableau II).

La stratégie d'adaptation citée par plus de 66 p. 100 des EAF interrogés pour trois des quatre sites d'étude, et entre 33 et 66 p. 100 pour le quatrième, a été le développement d'activités non agricoles. L'agriculture est en effet considérée comme une activité « abandonnée par l'Etat », pénible physiquement, risquée et peu rémunératrice. Le statut d'agriculteur est souvent perçu, non comme un choix positif ou comme un vrai métier, mais comme une situation contrainte : « il fallait que quelqu'un de la famille garde la terre », « c'est mon père qui m'a ramené de la ville pour me marier au village », « je n'étais pas fort à l'école ». Le développement d'activités non agricoles (petit commerce, ouvriers du bâtiment ou des chantiers, routiers, chauffeurs) implique souvent la migration du chef d'exploitation vers les zones urbaines pour des périodes plus ou moins longues. Dans d'autres cas, les activités agricoles et non agricoles sont menées de front (par exemple, agriculteur et chauffeur de bus, agriculteur et commerçant). Cette stratégie de « sortie de l'agriculture » concerne également l'avenir des enfants des EAF : « je ne veux pas que mes enfants soient planteurs comme moi ! ». Les EAF consacrent une part importante de leurs revenus au paiement des frais de scolarité de leurs enfants (écoles et lycées publics ou privés). Pour les ménages peu fortunés, dont les revenus monétaires annuels sont de l'ordre de 100 000 à 500 000 FCFA/an (soit 150 à 750 €/an ; 1 € ≈ 656 FCFA), l'effort financier consenti pour l'éducation et la formation professionnelle des enfants peut fréquemment représenter jusqu'à 50 p. 100 de ces revenus. On observe ainsi que les stratégies visant à sortir de l'agriculture surdéterminent une partie des stratégies agricoles et des possibilités d'investissement dans l'outil de production ou les intrants agricoles.

La seconde stratégie d'adaptation commune à l'ensemble des quatre sites, et mentionnée par plus de 66 p. 100 des personnes

interrogées sur deux des quatre sites, et entre 33 et 66 p. 100 des personnes interrogées pour les deux autres, a été la diversification des productions végétales et animales marchandes. La libéralisation des filières café et cacao, l'instabilité des prix de ces produits d'exportation, ainsi que le développement de la demande urbaine en denrées alimentaires ont conduit la plupart des EAF à développer fortement les cultures vivrières et maraîchères et, pour certains d'entre eux, les élevages de volailles ou de porcs.

Les deux stratégies suivantes ont été la migration temporaire ou définitive et l'augmentation des surfaces cultivées par actif. Ces stratégies étaient étroitement liées à la densité de population du site considéré. Dans les zones comme Batcham et Obala, où la densité de population dépassait les 100 habitants/km², la migration temporaire ou définitive à la recherche de nouvelles terres cultivables a été citée par plus de 66 p. 100 des EAF interrogés, alors qu'elle n'a pas (0 p. 100) ou a été peu mentionnée (< 33 p. 100) par les exploitants des zones moins peuplées d'Ayos et de Galim. Dans ces dernières, c'était l'augmentation des surfaces cultivées par actif dans leur terroir d'origine qui a permis aux exploitants de maintenir, voire d'augmenter, leurs revenus monétaires. Ainsi, par exemple, à Ayos les femmes ont commencé, dès 1990, à augmenter les surfaces de cultures vivrières devenues, surtout à partir de « l'arrivée du goudron » en 1992, des cultures marchandes. Elles ont pu, en créant des groupes féminins d'entraide, peu usités auparavant, mettre en place de vastes surfaces de culture de manioc (> 1 ha) dont les productions ont été commercialisées. De même les hommes se sont mis depuis 1992, sans abandonner leurs parcelles de café et de cacao, à cultiver de grandes parcelles de bananier plantain (> 1 ha) dont la vente leur a permis d'augmenter leurs revenus monétaires (« on ne va pas se laisser dépasser par les femmes quand même ! »).

La stratégie visant à vendre au meilleur prix a été citée par 33 à 66 p. 100 des personnes interrogées dans trois des quatre sites et moins de 33 p. 100 dans le quatrième. La disparition des filières administrées (cacao et café) qui garantissaient un prix à la récolte, même si celui-ci pouvait varier d'une année à l'autre, a conduit les EAF à s'insérer dans les marchés concurrentiels et fluctuants des denrées vivrières ou maraîchères. Les nouvelles conditions de vente de leurs produits les ont amenés à mettre en place des stratégies leur permettant de profiter au mieux des variations de prix. Les cultures de contre-saison, le stockage sur pied du maïs ou du macabo en attendant la remontée des cours de ces denrées, ont été autant de stratégies visant à obtenir les prix les plus rémunérateurs pour les denrées produites. Les EAF ont également tenté, avec des résultats plus ou moins convaincants, de mettre en place des OP permettant à travers la vente groupée de prospecter de nouveaux marchés et de mieux négocier les prix de vente.

La stratégie visant à améliorer les performances des itinéraires techniques a été la moins citée. A part pour Galim, une forte dynamique a été observée autour de la production intensive et de la vente des produits maraîchers, moins de 33 p. 100 des EAF interrogés ont mentionné cette stratégie. Des exemples intéressants de valorisation des produits de la recherche ont été cités lors de ces entretiens. Ils concernaient surtout l'adoption de matériel végétal amélioré (maïs, pomme de terre, palmier à huile, etc.) ou de nouvelles techniques de multiplication du matériel végétal (pour le plantain, par exemple). Mais, en dehors de quelques cultures maraîchères (comme la tomate, le piment), peu de recommandations issues de la recherche ou de la vulgarisation portant sur une intensification à base d'intrants agricoles (engrais ou pesticides) ou de nouvelles pratiques techniques étaient adoptées. Les itinéraires techniques de nombreuses spéculations, en particulier vivrières (macabo, manioc, arachide, etc.), faisaient l'objet d'un nombre limité d'innovations techniques. Pour les cultures pérennes comme

Tableau II

Stratégies des EAF * pour les sites de Batcham, Galim, Obala et Ayos

Stratégie des exploitants par site	Batcham	Galim	Obala	Ayos
Développer des activités et des revenus non agricoles	+++	++	+++	+++
Diversifier les productions agricoles marchandes	++	+++	++	+++
Migrer à la recherche de terres fertiles	+++	+	+++	0
Augmenter les surfaces cultivées / actif	+	++	+	+++
Vendre au meilleur prix	+	++	++	++
Améliorer les performances des itinéraires techniques (variétés améliorées surtout)	+	++	+	+

* Exploitants agricoles familiaux

+++ Citée par plus de 66 % des personnes interrogées ; ++ citée par 33 à 66 % des personnes interrogées ; + citée par moins de 33 % des personnes interrogées ; 0 = non citée par les personnes interrogées

le café ou le cacao, certaines des personnes interrogées ont indiqué que l'on assistait même plutôt à une baisse du respect des recommandations techniques : diminution des doses ou disparition des applications d'engrais sur café, diminution du nombre ou disparition des traitements contre les capsides du cacaoyer. Cette régression est due aux périodes de baisse des prix de vente de ces denrées et au retrait des appuis étatiques à ces filières : suppression des subventions aux intrants et disparition des brigades phytosanitaires. De manière plus générale, et bien que les différentes enquêtes de l'étude n'aient pas comporté de questions précises et systématiques sur le montant des revenus annuels des EAF, les discours des EAF enquêtés ont montré que cette difficulté d'intensification de la production agricole à base d'intrants se heurtait aux faibles disponibilités monétaires de la grande majorité des EAF et à la priorité donnée à la résolution des problèmes de santé (maladie) ou sociaux (participations financières lors des deuils), et à l'éducation des jeunes.

Des revenus non agricoles souvent importants

Les résultats de la seconde phase de l'étude (tableau III) ont montré que si pour Galim les revenus provenaient à 90 p. 100 des activités agricoles (cultures et élevage), pour les trois autres sites (Batcham, Obala et Ayos), les activités non agricoles procuraient de l'ordre de 30 p. 100 des revenus totaux des ménages agricoles (de 25 à 34 p. 100).

Ces moyennes par site masquaient de fortes disparités entre les ménages de chacun des sites. La réalisation d'une typologie basée sur l'importance relative des différentes sources de revenus monétaires (cultures, élevages, activités non agricoles) a révélé que les activités non agricoles pouvaient procurer à certains ménages la majorité de leurs revenus. Ainsi à Batcham, les revenus non agricoles représentaient plus des trois quarts des revenus d'un ménage sur trois. A Ayos et à Obala, un ménage sur cinq tirait plus de 50 p. 100 de ses revenus des activités non agricoles.

Le tableau III montre également que la mobilité spatiale des chefs d'exploitation était non négligeable pour toutes les zones, qu'elles aient été ou non proches des centres urbains. Ces chefs d'exploitations ont passé en moyenne entre sept et onze ans en dehors de leur village, soit pour des activités liées à leur formation de base ou professionnelle, soit pour développer une activité salariale ou privée, généralement non agricole, dans les bourgades ou les villes du Sud Cameroun (comme Yaoundé, Douala).

Les stratégies des EAF se sont ainsi construites, pour un nombre important d'entre eux, entre trois ou quatre pôles d'activités possibles (cultures, élevage, activités non agricoles, pêche et chasse, voire cueillette). Ces activités ont été développées de façon

plus ou moins importante en fonction des possibilités locales et des évolutions du niveau de rémunération du travail et de sécurisation des revenus offerts par les différents secteurs d'activité. Ces stratégies de pluriactivité se sont également construites autour de parcours de vie mêlant des périodes en milieu rural et en milieu urbain.

Des parcours de vie qui mêlent activités agricoles et non agricoles

La figure 4 montre, pour le site d'Obala, la relation entre la date de naissance de l'individu et le temps de vie qu'il a consacré à l'activité agricole. Pour limiter l'effet de la variation de l'âge des individus sur les résultats obtenus, seul les parcours de vie des 122 individus âgés d'au moins 30 ans au moment de l'enquête (2008), donc nés en 1978 ou avant, ont été analysés. Les 122 individus concernés comprenaient les chefs d'exploitation et leur parentèle.

L'évolution générale mise en évidence par ce graphique était celle d'une diminution au cours du XX^e siècle du temps de vie consacré à l'activité agricole par les individus. L'indépendance du Cameroun en 1960 a en effet marqué le début d'un important développement des institutions (entre autres, forces armées, appareil judiciaire) et des services publics (santé, enseignement, etc.) de la jeune nation, ainsi que des entreprises privées des secteurs du secondaire et du tertiaire. Les ruraux nés après 1940 ont été

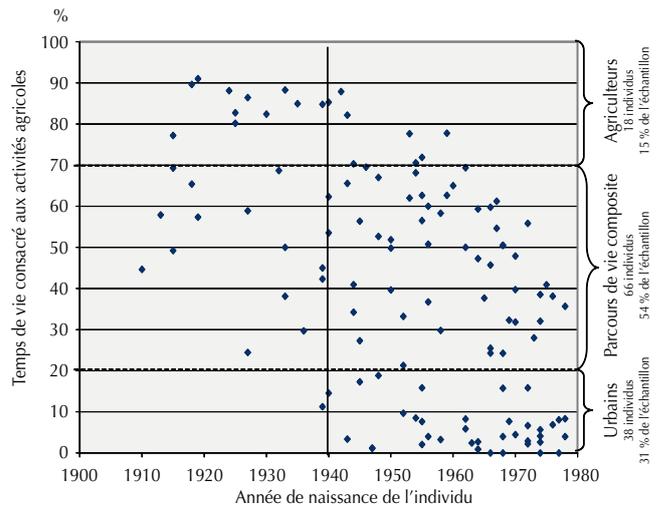


Figure 4 : relation entre la date de naissance et le temps de vie consacré à l'activité agricole.

Tableau III

Importance relative des revenus du ménage agricole et migration des chefs d'exploitation

Site	Origine des revenus (part en % du revenu total)				Nb. années passées en dehors de l'exploitation par le chef d'exploitation
	Activités agricoles		Activités non agricoles		
	Culture	Elevage	Maçonnerie, commerce...	Pêche, chasse	
Batcham	51	15	34	0	7,8
Galim	77	13	10	0	7,4
Obala	69	6	23	2	10,8
Ayos	66	4	16	14	6,9

fortement attirés par ces nouveaux emplois urbains. Cette diminution du temps de vie consacré à l'activité agricole était essentiellement liée à deux raisons. Premièrement, le temps de vie moyen consacré à la formation scolaire et professionnelle est passé de 2,9 années pour la génération des individus nés entre 1900 et 1940 à 11,2 années pour la génération de ceux nés entre 1941 et 1978. Deuxièmement, les activités non agricoles ont représenté seulement 18 p. 100 du temps de vie active pour la génération née entre 1900 et 1940, et en moyenne 41 p. 100 pour la génération née entre 1941 et 1978.

Parmi les 122 individus enquêtés, 38 (31 p. 100) ont quitté l'agriculture pour construire leur vie majoritairement autour d'activités non agricoles, essentiellement urbaines. Ces individus sont qualifiés d'« urbains » dans le graphique. Ils sont nés dans leur grande majorité après les années 1940 et ont participé à alimenter le mouvement d'exode rural qui s'est développé au Cameroun à partir des années 60.

Toutefois, ce graphique met surtout en évidence que le phénomène qualifié d'« exode rural » (laissant penser que l'on a assisté à un départ définitif de la campagne vers les villes) ne s'est vérifié que partiellement. En effet, de nombreux individus ont développé des parcours professionnels composites, qui ont mêlé activités agricoles et non agricoles, tout au long de leur vie. Dans ces « parcours composites », l'importance des activités agricoles se situait entre celle des individus qualifiés d'« agriculteurs », car ils consacraient la majorité de leur temps de vie aux activités agricoles (> 70 p. 100), et celle des individus qualifiés d'« urbains », pour qui l'activité agricole dans le temps de vie était marginale (< 20 p. 100). Ces parcours composites ont concerné 66 des 122 individus enquêtés et donc 54 p. 100 de l'effectif total de l'échantillon. Les individus qualifiés d'agriculteurs étaient au nombre de 18, soit 15 p. 100 de l'effectif total de l'échantillon. Ces individus aux parcours professionnels composites ont été ainsi dans l'enquête 3,66 fois plus nombreux que ceux qualifiés d'agriculteurs. Ces chiffres ont révélé que l'activité agricole était majoritairement le fait d'individus aux parcours professionnels composites, et non le fait d'agriculteurs qui consacraient l'essentiel de leur vie à cette activité.

Les profils d'évolution obtenus pour les sites de Batcham et d'Ayos ont été similaires à celui d'Obala analysé ici et ont conduit aux mêmes observations. Seul le site de Galim a différé des trois autres (Obala, Batcham et Ayos), puisque l'on a observé dans cette zone maraîchère dynamique une plus faible proportion d'individus ayant développé des parcours composites, et donc une dichotomie plus marquée entre ceux qui vivaient essentiellement des produits de l'agriculture et ceux qui sont partis dans les villes.

■ DISCUSSION

L'application à la présente étude des catégories stratégiques proposées par Scoones est d'abord discutée (42), les apports méthodologiques de ce travail sont ensuite analysés.

Diversité des stratégies mobilisées par les acteurs et propositions de la recherche

Les informations recueillies lors des trois phases de l'étude montrent l'importante diversité des stratégies mises en œuvre par les EAF pour maintenir ou améliorer leurs conditions de vie. Les stratégies d'adaptation identifiées et les enseignements en termes de propositions pour la recherche-développement peuvent être analysés en se référant aux quatre catégories de la grille de classification proposée par Scoones (42). La catégorisation proposée par cet

auteur rejoint les observations de la présente étude. Elle a permis de structurer efficacement notre propos et de resituer la place des propositions techniques visant à améliorer les performances techniques dans le cadre plus général des stratégies d'adaptation des EAF.

L'intensification de la production agricole correspond à la première catégorie définie par Scoones (42). Cet objectif d'intensification de la production agricole, qui se traduit généralement par une augmentation des rendements et l'amélioration de la productivité du travail, constitue une priorité forte pour la puissance publique et ses institutions de recherche et de développement agricole. Cette intensification passe, selon ces institutions publiques, en grande partie par la promotion de l'innovation technique. Cependant, cette stratégie d'intensification apparaît peu prioritaire pour les agriculteurs interrogés. Même si certains projets de développement élargissent les objectifs qu'ils fixent au conseil agricole, on observe encore un important décalage entre les voies envisagées par les structures publiques pour améliorer la production agricole et les revenus des agriculteurs et la façon dont les intéressés eux-mêmes s'y prennent pour atteindre ces deux objectifs. Cela explique sans doute en partie les difficultés récurrentes auxquelles se heurtent les projets ou programmes d'intensification agricole au Cameroun et plus largement en Afrique (30, 46).

L'extensification de la production agricole constitue la seconde catégorie d'adaptation. Elle correspond à une diminution du niveau des intrants ou de la quantité de main d'œuvre utilisée par hectare de culture. Cette extensification se rencontre sur les cultures pérennes comme le cacao et le café pour lesquelles les exploitants interrogés signalent la diminution de l'usage des intrants comme réponse à la baisse des prix de vente de ces produits d'exportation, en contradiction avec les doses préconisées par la recherche.

La troisième catégorie identifiée par Scoones fait référence à la diversification des moyens d'existence et des activités. La présente étude montre que cette diversification concerne, d'une part, les productions agricoles marchandes et, d'autre part, les types d'activités développées, en particulier les activités non agricoles.

La forte mobilisation par les EAF enquêtés des stratégies de diversification des productions agricoles marchandes incite à développer, en complément des recherches et du conseil agricole organisés par type de culture ou par type d'élevage, des études comparatives et des appuis aux producteurs qui prennent en compte l'ensemble des productions possibles. Il apparaît ainsi utile de développer des analyses technico-économiques et des services de conseil attentifs à l'évolution des nouvelles opportunités qu'offrent les marchés agricoles nationaux et sous-régionaux (comme la Guinée équatoriale, le Gabon). Il s'agit donc d'aller, comme le proposent Faure et coll. (21), vers un conseil qui prenne en compte l'ensemble de l'exploitation agricole et des alternatives productives qui lui sont offertes.

Le développement d'activités et de revenus non agricoles est la stratégie qui est la plus fréquemment citée et mobilisée par les EAF enquêtés. Ceci montre que les représentations décrivant un agriculteur comme un individu qui naît, vit et meurt au sein de son exploitation agricole traduisent de moins en moins la réalité des parcours de vie des individus qui se consacrent aux activités agricoles dans le Grand Sud Cameroun. Le développement des activités non agricoles s'enracine dans la longue période des trois décennies de l'après Indépendance (1960-1990) où la rémunération du travail était plus intéressante en milieu urbain qu'en milieu agricole. Les enquêtes menées par la Société d'études pour le développement économique et social (Sedes) en 1964-65 sur les revenus monétaires annuels moyens des ménages montrent ainsi qu'ils s'élevaient à 55 984 FCFA (≈ 85 € ; 1 € ≈ 657 FCFA)

dans les zones cacaoyères du Centre Cameroun contre 226 380 FCFA (\approx 344 €) pour les ménages demeurant à Yaoundé (43, 44). Ce développement des activités et des revenus non agricoles n'est pas propre au Cameroun (37). Les travaux portant sur ces sujets montrent que 40 p. 100 des revenus des ruraux africains proviennent d'activités non agricoles (26, 39). De plus, certaines études indiquent que l'importance de ces revenus d'origine non agricole est en augmentation en Afrique depuis une cinquantaine d'années (9, 27). Comme le souligne Brycesson (8), l'abandon durant les décennies 1980-90 des études portant sur l'analyse du monde paysan du point de vue du travail a conduit à une simplification de la réalité. Durant toutes ces années, il a surtout été question « du paysan producteur de denrées agricoles » et une attention insuffisante a été portée à ses capacités de mobilité professionnelle (8). Prendre en compte, au niveau de l'analyse du fonctionnement des exploitations et du conseil, les activités non agricoles des exploitants est alors primordial pour quantifier leur impact sur l'organisation du travail agricole et sur les capacités d'investissement et d'intensification dans l'outil de production agricole (20, 21). Il est également important que les analyses macroéconomiques et les politiques publiques agricoles s'intéressent de plus près à la mobilité de la force de travail et des capitaux financiers entre le secteur agricole et les autres secteurs de l'économie nationale.

La quatrième et dernière catégorie identifiée par Scoones (42) se rapporte aux stratégies de migration. Ces stratégies concernent tout d'abord les migrations temporaires vers les zones urbaines qui ont pour objectif le développement d'activités non agricoles, et que l'on peut donc qualifier de « mobilité professionnelle ». Elles concernent également les migrations liées à la recherche de nouvelles terres à mettre en valeur. Les EAF cherchent ainsi à augmenter les surfaces cultivées par actif pour maintenir, voire accroître, leurs revenus monétaires. Cette extension des surfaces cultivées, qui peut dans les zones peu peuplées (Ayos, Galim) se réaliser à l'intérieur du terroir villageois, impose, dans les zones fortement peuplées où les ressources foncières deviennent rares (Batcham et Obala), des « migrations spatiales » temporaires ou définitives. Ces migrations agricoles se développent en particulier sur de vastes fronts pionniers. Ce sont ceux par exemple de la zone de Talba, ville située à 120 km au nord de Yaoundé, qui portent une part importante de l'expansion cacaoyère actuelle (19), ou celui de Foubot, ville située à 200 km au nord-ouest de Yaoundé, qui a largement contribué au formidable accroissement de la production des cultures maraîchères marchandes (47).

Au Cameroun, la disponibilité en terres est en effet importante, et la mise en valeur de nouvelles surfaces constitue l'un des principaux leviers d'augmentation de la production agricole des exploitants (familiaux, patronaux, capitalistes) et de la nation. L'étude du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) (38) montre, sur la base des deux seuls recensements agricoles disponibles au Cameroun, que la progression de la production agricole est due pour 60 p. 100 à l'augmentation des surfaces mises en valeur, pour 11 p. 100 à l'augmentation de l'intensité culturale (nombre de cycles culturaux pratiqués par campagne) et pour 29 p. 100 à l'augmentation des rendements à l'hectare. L'importance du rôle de l'extension des surfaces dans l'accroissement de la production agricole camerounaise incite à développer des recherches et des politiques de développement agricole moins centrées sur l'amélioration des rendements ou de la productivité du travail et plus attentives à ces dynamiques d'expansion des surfaces cultivées. Les institutions publiques ont en effet un rôle à jouer pour définir avec les partenaires locaux des mesures d'accompagnement permettant que ces dynamiques d'extension agricole offrent une place aux différents types d'exploitants

(familiaux, patronaux, capitalistes) et qu'elles concilient au mieux la préservation des ressources naturelles et l'augmentation de la production agricole.

La mobilité spatiale et professionnelle apparaît ainsi comme une dimension tout à fait essentielle des stratégies des exploitants. Cette mobilité permet de changer la donne en faisant évoluer les rapports de pouvoir, financiers et symboliques entre groupes sociaux locaux (petits/grands exploitants) et entre les différents membres de la famille (hommes, femmes, jeunes), comme l'a récemment montré Guetat-Bernard pour les femmes de l'Ouest Cameroun (25).

Intérêt et limites de la méthode

La méthode proposée dans cette étude permet de resituer les propositions techniques de la recherche dans le cadre plus global des stratégies d'adaptation des EAF. Elle repose sur des entretiens semi-directifs, une analyse portée à l'ensemble du système d'activités agricoles et non agricoles, et l'étude des parcours de vie et d'activité sur plusieurs générations.

Cette méthode permet un angle de vue original par rapport aux analyses classiques des facteurs d'adoption des propositions de la recherche centrées sur une liste de critères socio-économiques, techniques ou structurels (10, 41, 45) sans aisément permettre d'en analyser la cohérence par rapport à des objectifs de production. Elle permet d'aborder la complexité et la richesse des stratégies paysannes et d'en comprendre les évolutions et les déterminants. L'analyse des stratégies des EAF nécessite d'explicitier non seulement les décisions prises au niveau de leurs systèmes de production et de leurs pratiques techniques, mais également de préciser leurs choix au niveau de leurs systèmes d'activités agricoles et non agricoles. En outre, la prise en compte de la pluriactivité des EAF doit s'établir non seulement à un temps « t » mais aussi dans le cadre des parcours professionnels sur l'ensemble de la vie de l'exploitant pour identifier des changements de stratégies en lien avec la variation du contexte socio-économique. Cela nécessite alors de construire des bases de données décrivant les parcours professionnels et les différentes sources de revenus monétaires des différents membres de l'exploitation agricole pour analyser ces stratégies sur des pas de temps longs.

Cette démarche complète de façon utile les méthodes proposées pour l'analyse des trajectoires de vie qui insistent surtout sur l'étude des bifurcations et de leurs causes (5, 24). Utilisée ici dans le cadre de systèmes de production dominés par les cultures annuelles et pérennes, elle peut également être mobilisée pour l'analyse des stratégies des éleveurs ou des agropasteurs pour qui la mobilité spatiale, l'intégration entre systèmes de production et le temps long (12, 15) sont aussi des dimensions importantes.

■ CONCLUSION

La démarche d'investigation et les méthodes mobilisées ont permis de vérifier l'hypothèse de départ : l'intensification *via* l'adoption de propositions techniques ne représente qu'une des stratégies développées par les EAF pour maintenir ou améliorer leurs conditions de vie. Le développement des activités non agricoles, l'extension des surfaces cultivées, la diversification des productions agricoles marchandes apparaissent comme des stratégies d'adaptation bien plus fréquemment utilisées par les EAF que l'amélioration des performances des itinéraires techniques par l'adoption de propositions techniques. Les présents travaux montrent en particulier que les mobilités spatiales et professionnelles sont au cœur de leurs stratégies.

Cette étude souligne ainsi le fait que l'amélioration des itinéraires techniques et des performances des exploitations familiales ne saurait constituer la seule orientation des politiques de recherche et de développement du secteur agricole. L'augmentation des mobilités spatiales et professionnelles des exploitants agricoles encourage à développer des politiques de recherche et de développement plus attentives à la gestion des territoires et des hommes et aux interactions entre les différents secteurs de l'économie nationale.

BIBLIOGRAPHIE

- ALARY V., COURADE G., JANIN P., 1994. Permanence et flexibilité des cacaoculteurs bété à l'heure des ajustements. In : Courade G., coord., Le village camerounais à l'heure de l'ajustement. Paris, France, Karthala, p. 170-183. (Coll. Economie et développement)
- BANQUE MONDIALE, 2008. Rapport sur le développement dans le monde 2008. L'agriculture au service du développement, vers. abrégée. Washington, DC, USA, World Bank, 34 p.
- BARBIER J.C., COURADE G., GUBRY P., 1977. L'exode rural au Cameroun. Yaoundé, Cameroun, Office national de la recherche scientifique et technique, 113 p.
- BARDIN L., 1993. L'analyse de contenu. Paris, France, PUF, 291 p.
- BIDART C., 2006. Crise, décisions et temporalités : autour des bifurcations biographiques, trajectoires sociales et bifurcations. *Cah. int. Soc.*, **120** : 29-57.
- BROOKS N., 2003. Vulnerability, risk and adaptation : a conceptual framework. Norwich, UK, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, 19 p.
- BROSSIER J., CHIA E., MARSHALL E., PETIT M., 1997. Gestion de l'exploitation agricole familiale. Eléments théoriques et méthodologiques. Dijon, France, Educagri, 217 p.
- BRYCESSON D.F., 1999. African rural labour, income diversification and livelihood approaches: a long term development perspective. ASC Working Paper 35/1999. Leiden, Netherlands, Afrika-Studiecentrum, 40 p.
- BRYCESSON D.F., JAMAL V., 1997. Farewell to farms: de-agrarianisation and employment in Africa. Aldershot, UK, Ashgate, 265 p.
- BYRNE F., ROBERTSON M.J., BATHGATE A., HOQUE Z., 2010. Factors influencing potential scale of adoption of a perennial pasture in a mixed crop-livestock farming system. *Agric. Syst.*, **103**: 453-462.
- CHARAUDEAU P., MAINGUENEAU D., 2002. Dictionnaire d'analyse du discours. Paris, France, Seuil, 662 p.
- CIALDELLA N., DOBREMEZ L., MADELRIEUX S., 2009. Livestock farming systems in urban mountain regions: differentiated paths to remain in time. *Outlook Agric.*, **38**: 127-135.
- COURADE G., 1994. Le village camerounais à l'heure de la crise. Paris, Karthala, 410 p. (Coll. Economie et développement)
- DANNEFER D., 2003. Toward a global geography of the life course. Challenges of late modernity for life course theory. In: Mortimer J.T., Shanahan M.J. Eds, Handbook of the life course. New York, USA, p. 647-659.
- DEDIEU B., INGRAND S., 2010. Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. *Prod. Anim.*, **23** : 81-90.
- DIRECTION DE L'AGRICULTURE, 1969. La politique agricole du Cameroun oriental, dans la perspective du III^e plan quinquennal. Yaoundé, Cameroun, secrétariat d'Etat au Développement rural, direction de l'Agriculture, 30 p.
- DJAMEN NANA P., DJONNEWA A., HAVARD M., LEGILE A., 2003. Former et conseiller les agriculteurs du Nord-Cameroun pour renforcer leurs capacités de prise de décision. *Cah. Agric.*, **12** : 241-245.
- DONGMO J.L., 1981. Le dynamisme Bamiléké (Cameroun). In : La maîtrise de l'espace agraire, vol. 1. Yaoundé, Cameroun, Université de Yaoundé, 422 p.
- ELONG J.G., 2004. Eton et Manguissa, de la Lékié au Mbam-et-Kim : jeux et enjeux fonciers (Centre-Cameroun). *Cah. Outre-Mer Afr.* (226-227) : 1-15.
- FAURE G., DUGUE P., BEAUVAL V., 2004. Conseil à l'exploitation familiale. Expériences en Afrique de l'Ouest et du Centre. Guide Pratique. Paris, Gret / Montpellier, Cirad (coll. Agridoc), 127 p.
- FAURE G., DUGUE P., BEAUVAL V., 2007. Conseil aux exploitations familiales. In : Gafsi M., Dugué P., Jamin J.-Y., Brossier J., Eds., Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux, caractéristiques et éléments de gestion. Paris, France, Quae, p. 369-402.
- FOLKE C., COLDING J., BERKES F., 2002. Building resilience for adaptive capacity in social-ecological systems. In: Berkes F., Folke C., Eds, Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- FRANQUEVILLE A., 1987. Une Afrique entre le village et la ville. Les migrations dans le sud du Cameroun. Paris, France, Orstom, 646 p.
- GROSSETTI M., 2006. L'imprévisibilité dans les parcours sociaux. Trajectoires sociales et bifurcations. *Cah. int. Soc.*, **120** : 5-28.
- GUETAT-BERNARD H., 2011. Développement rural et rapport de genre. Mobilité et argent au Cameroun. Rennes, France, Presses universitaires de Rennes, 213 p.
- HAGGBLADE S., HAZELL P., BROWN J., 1989. Farm-nonfarm linkages in rural sub-Saharan Africa. *World Dev.*, **17**: 1173-1201.
- HAGGBLADE S., HAZELL P., REARDON T., 2010. The rural non-farm economy, prospects for growth and poverty reduction. *World Dev.*, **38**: 1414-1441.
- LEPLAIDEUR A., 1987. Stratégies paysannes autour des systèmes cacaoyers et vivriers en zone Centre-Sud forestière camerounaise. In : Actes du colloque Cirad/Mesru, Etats, développement, paysans, sept. 1985, p. 74-85.
- LOSCH B., FUSILLIER J.L., DUPRAZ P., 1991. Stratégies des producteurs en zone caféière et cacaoyère du Cameroun. Quelles adaptations à la crise ? Montpellier, France, Cirad, 252 p. (Coll. Systèmes agraires, 12)
- MEINKE H., BAETHGEN W.E., CARBERRY P.S., DONATELLI M., HAMMER G.L., SELVARUJU R., STOCKLE C.O., 2001. Increasing profits and reducing risks in crop production using participatory systems simulation approaches. *Agric. Syst.*, **70**: 493-513.
- MIKOLASEK O., BARLET B., CHIA E., POUOMOGNE V., TOMEDI E.T.M., 2009. Développement de la petite pisciculture marchande au Cameroun : la recherche-action en partenariat. *Cah. Agric.*, **18** : 270-276.
- MINADER-MINEPIA, 2007. Document de présentation du programme Amélioration de la compétitivité des exploitations familiales agropastorales. Yaoundé, Cameroun, Minader-Minepia, 102 p.
- MINEPAT/CTSE, 2009. Document de stratégies pour la croissance et l'emploi. Cadre de référence de l'action gouvernementale pour la période 2010-2019. Yaoundé, Cameroun, Minepat, 104 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 1981. V^e Plan quinquennal. Secteur agricole. Yaoundé, Cameroun, ministère de l'Agriculture, 157 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 2002. Stratégie de développement du secteur rural. Yaoundé, Cameroun, ministère de l'Agriculture, 34 p.
- MINPAT, 1999. Etudes socio-économiques régionales au Cameroun. Cadrage national. Yaoundé, Cameroun, Minpat / PNUD-OPS, 423 p.
- PAUL J.-L., BORY A., BELLANDE A., GARGANTA E., FABRI A., 1994. Quel système de référence pour la prise en compte de la rationalité de l'agriculteur : du système de production agricole au système d'activité. *Cah. Rech. Dév.*, **39** : 7-19.
- PNUD-FAO, 1990. Bilan diagnostic et perspectives de la colonisation des terres au Cameroun. Yaoundé, Cameroun, ministère de l'Agriculture, division des projets agricoles, 117 p.
- REARDON T., 1997. Using evidence of household income diversification to inform study of the rural nonfarm labor market in Africa. *World Dev.*, **25**: 735-747.
- SANTOIR C., 1992. Sous l'empire du cacao. Etude diachronique de deux terroirs camerounais. Paris, France, Orstom, p. 191. (Coll. A travers champs)
- SATTLER C., NAGEL U.J., 2010. Factors affecting farmers' acceptance of conservation measures. A case study from north-eastern Germany. *Land Use Policy*, **27**: 70-77.
- SCOONES I., 1998. Sustainable rural livelihoods: a framework for analysis. Brighton, UK, IDS, p. 72.

43. SEDES, 1966. Enquête sur le niveau de vie à Yaoundé, 1964-1965. Paris, France, Société d'études pour le développement économique et social, p. 247.
44. SEDES, 1966. Le niveau de vie des populations de la zone cacaoyère du Centre Cameroun. Résultats définitifs de l'enquête sur la nutrition et les budgets des ménages ruraux exécutée dans la zone en 1964-1965. Paris, France, Société d'études pour le développement économique et social, p. 117-182.
45. SOMDA J., NIANOGO A.J., NASSA S., SANOU S., 2002. Soil fertility management and socio-economic factors in crop-livestock systems in Burkina Faso: a case study of composting technology. *Ecol. Econ.*, **43**: 175-183.
46. VAN RIJN F., BULTE E., ADEKUNLE A., 2012. Social capital and agricultural innovation in sub-Saharan Africa. *Agric. Syst.*, **108**: 112-122.

47. VOLLANT S., 2003. La frontière agraire du sud de Fombot : mobilités et modification du système de production. Maîtrise Géogr., Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, France, 245 p.
48. WEBER J., 1979. Logiques paysannes et rationalité technique : illustrations camerounaises. In : Actes colloque Maîtrise de l'espace agraire et développement en Afrique tropicale, logique paysanne et rationalité technique, Ouagadougou, Burkina Faso, 4-8 déc. 1978. Paris, France, Orstom, p. 311-315. (Coll. Mémoires, n° 89)
49. YUNG J.M., ZASLAVSKY J., 1992. Pour une prise en compte des stratégies des producteurs. Montpellier, France, Cirad, 74 p.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Pédelahore P., Tchatchoua R., Tonka M., Ntsama M., Andrieu N. Place of the adoption of technical proposals from research in farmers' adaptation strategies

Technical innovation is often presented as the main lever to improve economical performances and livelihoods of family farmers. It is thus a way to face the variability of the socio-economic environment. The aim of this study was to analyze the role of the adoption of technical proposals from research within the range of the adaptation strategies used by farmers to maintain or even improve their livelihoods and that of their descendants. Semi-structured and structured interviews carried out on a sample of representative family farmers of South Cameroon showed that migrations, off farm activities, increase of cultivated areas, and cash crop diversification were adaptation strategies more often used by farmers than the adoption of technical proposals. The study highlighted that improving crop management sequences and performances of family farming systems could not be the sole orientation of research and development policies. The increase of farmers spatial and professional mobility points the need to develop research and development policies that focus more closely on territorial and farmers' management and on interactions between the different sectors of the national economy.

Keywords: Family farm – Innovation adoption – Development policy – Cameroon.

Resumen

Pédelahore P., Tchatchoua R., Tonka M., Ntsama M., Andrieu N. Restituir la adopción de propuestas técnicas de la investigación dentro de las estrategias de adaptación de los productores agrícolas familiares

La innovación técnica se presenta a menudo como el principal incentivo de mejoramiento de los rendimientos económicos y de las condiciones de vida de los productores agrícolas familiares (PAF). Constituye por ende un medio de adaptación frente a la variabilidad del medio socio económico. El objetivo de este estudio fue el de analizar el papel del recurso de la adopción de propuestas técnicas derivadas de la investigación en el seno del conjunto de estrategias de adaptación movilizadas por los productores para preservar o mejorar sus condiciones de vida y las de sus descendientes. Mediante de la realización de entrevistas semi directivas y directivas, en una muestra representativa de PAF en el Gran Sur de Camerún, este estudio demostró que el desarrollo de las migraciones y de las actividades no agrícolas, la extensión de superficies cultivadas y la diversificación de producciones agrícolas mercantiles fueron estrategias de adaptación más frecuentemente movilizadas que la adopción de propuestas técnicas. Este estudio realza el hecho de que el mejoramiento de los itinerarios técnicos y de los rendimientos de las explotaciones familiares no puede constituir la única orientación de las políticas de investigación y de desarrollo. El aumento de las movilizaciones espaciales y profesionales de los productores fomenta el desarrollo de políticas de investigación y de desarrollo más atentas a la gestión de los territorios y de los hombres y a las interacciones entre los diferentes sectores de la economía nacional.

Palabras clave: Explotación agrícola familiar – Adopción de innovación – Política de desarrollo – Camerún.

Evaluation *ex ante* de la prévision saisonnière climatique en petit paysannat burkinabé

W.P.I. Dabire^{1,2*} B. Barbier^{3,4} N. Andrieu^{5,6}

Mots-clés

Programmation linéaire – Aide à la décision – Saison – Prévision – Pluviométrie – Climat – Gestion du risque – Burkina Faso.

Résumé

La production agricole de l'Afrique sub-saharienne essentiellement pluviale est particulièrement vulnérable à la variabilité climatique. A l'échelle des exploitations, cette variabilité a un impact direct sur la production primaire, sur le revenu et la sécurité alimentaire de la famille. Dans cette étude, nous évaluons l'intérêt économique de mettre la prévision de la pluviométrie d'hivernage à la disposition des producteurs. Cette étude a été menée dans la zone de Dano au sud-ouest du Burkina Faso. Elle repose sur l'utilisation d'un modèle de programmation linéaire qui maximise le revenu en optimisant l'allocation des terres, du travail et des intrants entre plusieurs types de cultures, les rendements variant selon le type de sol, d'itinéraire technique et d'hivernage. Quatre scénarios ont été analysés : un scénario témoin où le paysan n'a pas accès aux prévisions, un scénario où les producteurs ont accès à une prévision d'hivernage sec, un autre où ils ont accès à une prévision d'hivernage normal et un dernier où ils ont accès à une prévision d'hivernage humide. Les résultats des simulations montrent que c'est une prévision d'hivernage sec qui présente le plus d'intérêt mais c'est aussi celui où l'erreur de prévision serait la plus coûteuse. Globalement le gain de revenu de la prévision est relativement peu élevé, mais le coût d'une erreur de prévision pose le problème des responsabilités et des compensations. Ces résultats relativisent l'intérêt des prévisions saisonnières pour la réduction de la vulnérabilité des populations des pays sahéliens.

■ INTRODUCTION

Les producteurs d'Afrique sub-saharienne sont depuis longtemps confrontés à une forte variabilité climatique (1) face à laquelle ils ont développé une gamme importante de stratégies d'adaptation. Mais avec l'augmentation annoncée de l'occurrence des phénomènes climatiques extrêmes, la recherche doit proposer des outils de décision innovants aux producteurs pour limiter leur incertitude face à

la variabilité climatique. La prévision saisonnière de la pluviométrie constitue l'un de ces outils et de nombreux auteurs ont montré son intérêt potentiel pour la prise de décision des producteurs d'Afrique sub-saharienne (2, 3, 4, 5). Néanmoins, les effets potentiels d'une erreur de prédiction ont rarement été quantifiés. La région Sud-Ouest du Burkina Faso est la plus favorable à la production de biomasse agricole du pays mais est marquée par une forte variabilité spatio-temporelle des précipitations ayant des répercussions sur les choix de production et les revenus des producteurs. Ingram et coll. (3) ont montré que, dans cette zone, mettre à la disposition des agriculteurs les données de prévision saisonnière permet d'améliorer leurs choix de production, mais ces auteurs n'ont pas quantifié l'impact économique des prévisions et le coût d'une erreur de prévision.

L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'intérêt de la prévision saisonnière dans le sud-ouest du Burkina Faso. Cette prévision saisonnière concerne la pluviométrie d'hivernage. Deux hypothèses ont été formulées : dans la première, mettre à la disposition des producteurs une prévision d'hivernage humide procure le meilleur gain en leur permettant de mettre en place des cultures à fort potentiel de production. Dans la deuxième, le coût d'une erreur de prévision est plus important que le gain d'une bonne prévision.

1. Institut de l'environnement et de recherches agricoles, département Gestion des ressources naturelles / Système de production, BP 8645, Ouagadougou, Burkina Faso.

2. Université de Ouagadougou, UFR en Sciences économiques et de gestion, Ouagadougou, Burkina Faso.

3. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, UMR G-eau, 34398 Montpellier, France.

4. Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, Burkina Faso.

5. Cirad, UMR Innovation, 34398 Montpellier, France.

6. Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +226 76 47 77 16 ; fax : +226 50 30 72 42

E-mail : warvarp@yahoo.fr

A partir d'un modèle de programmation linéaire, nous avons comparé à un scénario témoin trois scénarios où les producteurs d'un bassin versant du Burkina Faso ont accès à différentes modalités de prévision saisonnière et nous avons quantifié l'effet d'une erreur de prévision sur le revenu. Après avoir présenté la zone d'étude puis les caractéristiques du modèle utilisé, nous analysons les résultats des différents scénarios, puis discutons de l'intérêt de la prévision saisonnière et des limites de la méthode proposée.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

Cette étude a été menée dans le sud-ouest du Burkina Faso, dans le village de Pontieba, commune de Dano (6) (figure 1). Il s'agit d'une zone relativement enclavée limitant les possibilités de diversification des activités extra-agricoles. La pluviométrie moyenne est de 850 mm et l'hivernage s'étend de mai à octobre. Il est suivi d'une saison sèche froide de novembre à fin décembre et d'une saison sèche chaude de janvier à mai.

Les systèmes de production rencontrés dans la zone sont essentiellement basés sur la polyculture. Les systèmes de cultures présentent des résistances contrastées à la sécheresse. Ces cultures sont de plus localisées sur des types de terres très variés : les bonnes terres qui sont profondes et situées en bas de pente, les terres plus marginales, les bas-fonds aménagés, les bas-fonds non aménagés inondés en hivernage, les bas-fonds non aménagés peu inondables et enfin les périmètres irrigués. Les principales cultures pluviales rencontrées dans la zone sont, par ordre d'importance, le sorgho, le mil, le coton, le maïs et, dans une moindre mesure, le niébé, l'arachide, le sésame. Le sorgho, le coton et parfois le maïs sont cultivés en rotation sur les bonnes terres, le mil sur les terres marginales et le maïs autour des cases. Le niébé est le plus souvent cultivé en association avec une céréale. Dans les bas-fonds inondés en hivernage, les principales cultures sont le riz et le sorgho. Dans les bas-fonds peu inondables on peut aussi trouver du maïs. Sur les périmètres irrigués, les paysans cultivent du riz en hivernage, et en saison sèche du riz et des cultures légumières.

Les jachères pratiquées dans la zone sont de courte durée. La fertilisation des terres dépend des quantités de fumure organique apportées. Les apports d'engrais minéraux, encore faibles, sont liés à la culture du coton, puisque la compagnie cotonnière distribue à crédit des intrants (engrais et pesticides) dont le coût sera déduit des recettes générées à l'issue de la récolte. On observe une progressive apparition des pratiques de conservation des sols, telles



Figure 1 : localisation de la commune de Dano au Burkina Faso.

que la construction de cordons pierreux, de diguettes, de bandes herbacées et la plantation de haies vives. La présence de maraîchage sur un périmètre non clôturé limite le développement de l'élevage. Certaines exploitations possèdent néanmoins quelques petits ruminants pouvant jouer un rôle d'épargne.

Echantillonnage et collecte des données

Une enquête sur un échantillon de cent ménages du village de Pontieba choisis de manière aléatoire a été effectuée en deux phases dans le but de décrire les activités menées par les agriculteurs, leurs contraintes, et de générer des données pouvant permettre de paramétrer le modèle à construire (14). Dans la première phase, les caractéristiques structurelles des exploitations de la zone ont été répertoriées. Dans la seconde phase, l'enquête a porté sur l'utilisation des terres, notamment grâce à l'identification des parcelles à l'aide d'un système de positionnement global (GPS).

Le périmètre irrigué de Pontieba couvre environ 25 hectares, soit environ 2 p. 100 de la surface du bassin versant, et le réservoir situé en amont peut contenir 300 000 m³. Il permet en cas de bon remplissage, l'irrigation de cultures successives, généralement du riz pendant l'hivernage, et deux cultures de contre-saison, généralement du riz, du maïs ou de la tomate. La seconde culture de contre-saison et parfois la première culture de contre-saison ne sont pas assurées, la taille du bassin versant ne permettant pas de remplir le réservoir chaque année. La surface irriguée dépend donc du remplissage du bassin qui lui dépend des pluies de l'hivernage.

Formulation du modèle

Le modèle utilisé dans la présente étude s'inscrit dans la tradition de la modélisation bioéconomique qui vise à représenter les interactions entre un stock de capital naturel et l'activité économique dont il est le support (7). Dans le cas présent, il s'agit du stock d'eau dans le réservoir. La programmation mathématique permet de décrire les différentes activités élémentaires que les agriculteurs du bassin versant peuvent mener et qui génèrent des produits et consomment des ressources. Nous avons fait le choix de ne pas représenter les systèmes d'élevage compte tenu de la forte orientation agricole des systèmes étudiés. De plus, pour les systèmes d'élevage, la saison d'hivernage n'est pas la saison la plus critique, l'offre fourragère et les réserves hydriques étant alors abondantes. Nous avons également choisi de ne pas représenter les activités extra-agricoles compte tenu du relatif enclavement de la zone. Les contraintes propres à l'exploitation, telles que les surfaces disponibles pour les différents types de cultures et la force de travail présente, sont fournies en entrée au modèle. Par un processus d'optimisation, le programme recherche la meilleure combinaison d'activités qui permet d'atteindre les objectifs de l'exploitant, décrits par une fonction des différents produits de ces activités. Cette fonction objectif est, dans notre cas, un surplus monétaire annuel de tout le bassin versant que le programme cherche à maximiser. Le revenu monétaire total issu de l'exploitation du bassin à maximiser se calcule ainsi :

$$\sum_c [VE(c) \times pxv(c)] - \sum_c [X(c,s) \times csem(c) + X(c,s) \times int(c,s)] - \sum_c [AC(c) \times pa(c)] - [cred \times taux] - [pxo \times terre(irr)]$$

Autrement dit, il s'agit de soustraire des quantités des produits vendus VE par culture c multipliées par le prix unitaire de vente pxv(c) de chaque culture, les coûts des semences csem(c) et des autres intrants int(c,s) par unité de surface cultivée multipliés par la surface des cultures X(c,s), moins les achats de céréales AC(c) pour la consommation que multiplie un coefficient de préférence alimentaire

pour chaque céréale $pa(c)$, moins les frais financiers liés aux crédits de campagne multipliés par le montant du crédit contracté $Cred$, moins les redevances pxo par unité de surface irriguée $terre(irr)$.

Les activités du modèle sont les cultures comptées en hectares. Nous avons seulement considéré les cultures pures, plus largement pratiquées dans la zone. Pour le maïs en particulier et conformément aux pratiques observées dans la zone d'étude, nous avons distingué trois niveaux d'intensification : extensif, moyennement intensif et très intensif.

Le modèle distingue les bonnes terres utilisées en pluvial (s1), les terres marginales utilisées en pluvial (s2), les terres irriguées en hivernage (s3), les terres irriguées en saison sèche froide (s4) et les terres irriguées en saison sèche chaude (s5). En outre, on distingue deux types de bas-fonds, les bas-fonds peu inondés plus favorables au maïs (s6), et ceux inondés plus favorables au riz et au sorgho (s7).

Le modèle distingue également trois types d'hivernage, un sec, un humide et un normal défini à dire d'experts. A chaque type d'hivernage pour chaque culture et par type de terre correspond un niveau de rendement $rdt(c,s,h)$, des temps de travaux et des niveaux d'utilisation d'intrants spécifiques déterminés à partir des enquêtes de terrain et de la connaissance des systèmes de production de la zone (14).

A chaque type d'hivernage est associée une probabilité d'occurrence $proba(h)$. Pour calculer la production $PA(c)$ de chaque culture par type de terre (et pour chaque niveau d'intensification dans le cas du maïs), le modèle réalise la somme des productions calculées pour chaque type d'hivernage et modulées par leur coefficient d'occurrence spécifique.

$$\sum_s \sum_h X(c,s) \times rdt(c,s,h) \times proba(h) = PA(c)$$

De même, pour chaque type d'hivernage, le prix des cultures vivrières varie, mais dans des directions inverses à celle des rendements. Ainsi, à un hivernage sec sont associés des rendements bas et des prix élevés et inversement pour un hivernage humide, sauf pour le coton dont seuls les rendements varient, les prix étant fixés. La volatilité des prix des cultures vivrières, de même que l'impact d'une erreur de prévision sur les prix des denrées ne sont pas analysés dans cette étude.

Le modèle est constitué des contraintes traditionnelles : terre, travail et capital. Nous avons ajouté une contrainte de consommation de céréales car les paysans consomment une bonne partie de leur production. Nous avons rajouté une contrainte d'eau liée au périmètre irrigué et une contrainte de risque dans la mesure où certains choix des paysans s'expliquent par leur aversion au risque.

Le paramètre $terre(s)$ désigne les surfaces des différents types de terre, s étant le type de terre. La variable surface en culture est représentée par $X(c,s)$; la somme des superficies cultivées doit être inférieure ou égale à la superficie disponible dans tout le bassin versant par type de terre :

$$\sum_c \sum_s X(c,s) \leq terre(s)$$

La campagne agricole a été divisée en six périodes pour tenir compte plus spécifiquement de la contrainte travail : p1 l'installation des cultures pluviales, p2 la récolte des cultures pluviales, p3 l'installation des cultures irriguées de la saison sèche froide, p4 la récolte des cultures irriguées de la saison sèche froide, p5 l'installation des cultures irriguées de la saison sèche chaude et p6 la récolte des cultures irriguées de la saison sèche chaude. La détermination de la quantité de travail nécessaire tn durant les six périodes agricoles et selon le type de culture prend en compte le

nombre de jours de travail disponible td par personne multiplié par le nombre de personnes dans le bassin pop multiplié par la proportion d'actifs dans la population c_pers :

$$\sum_c \sum_s X(c,s) \times tn(c,p) \leq td \times pop \times c_pers$$

Nous avons défini le paramètre $Bes_cap(c,s)$ qui désigne le besoin en capital par hectare de culture et par type de terre pour l'achat des semences $csem(c)$ et des intrants $int(c,s)$:

$$Bes_cap(c,s) = csem(c) + int(c,s)$$

Le modèle offre la possibilité de recourir au crédit de campagne $cred$, cap étant un paramètre désignant le capital dont dispose l'exploitation :

$$\sum_c \sum_s X(c,s) \times Bes_cap(c,s) \leq cap + cred$$

Le crédit de campagne dans la zone est lié à la surface en coton (cot) et au besoin en intrant d'un hectare de coton :

$$\sum_c \sum_s X(cot,s) \times Bes_cap(cot,s) \geq cred$$

Pour tenir compte de la contrainte en eau sur le périmètre irrigué de Pontieba, nous avons intégré les paramètres $q_eau(s)$, qui désigne la quantité d'eau disponible dans le réservoir, et $Bes_eau(c,s)$ le besoin en eau (en m^3 par ha de cultures). L'équation ci-dessous distingue les six périodes de l'année et le surplus d'eau d'une période $O_{s-1}(p)$ est transféré à la période suivante moins un pourcentage dû à l'évaporation :

$$\sum_c \sum_s X(c,s) \times Bes_eau(c,s) + O_s(p) \leq q_eau(s) + O_{s-1}(p)$$

La contrainte de consommation de céréales stipule que le ménage doit couvrir ses besoins en céréales $cons$ qui est un paramètre désignant le besoin en céréales en kilogramme par personne et par an multiplié par la population pop . La variable $AU(c)$ est la quantité autoconsommée de céréales, la variable $AC(c)$ la quantité optimale de céréales éventuellement achetée pour la consommation du ménage et $pa(c)$ un coefficient de préférence alimentaire pour chaque céréale. La contrainte alimentaire s'écrit alors :

$$\sum_c (AU(c) + AC(c)) \times pa(c) \geq cons \times pop$$

La contrainte du risque stipule que le revenu d'une année défavorable ne doit pas être inférieur à un revenu minimum $rmin$. La variable $rmin$ sert à calibrer le modèle, c'est-à-dire que $rmin$ est ajusté de manière exogène jusqu'à ce que le modèle reproduise ce que les paysans font réellement.

$$\sum_c [VE(c) \times pxv(c)] - \sum_c [X(c,s) \times csem(c) + X(c,s) \times int(c,s)] - \sum_c [AC(c) \times pa(c)] - [cred \times taux] - [pxo \times terre(irr)] \geq rmin$$

Scénarios testés

Les scénarios proposés visent à tester l'impact de quatre types de scénarios concernant la pluviométrie d'hivernage :

- les producteurs n'ont aucune information sur l'état de la saison à venir ;
- les producteurs ont accès à une prévision de saison sèche ;
- les producteurs ont accès à une prévision de saison normale ;
- les producteurs ont accès à une prévision de saison humide.

On considère que les producteurs n’ont pas de difficulté à interpréter l’information climatique et que toute information conduit à un changement d’assolement. Dans le modèle, pour rendre compte d’un scénario sans prévision, on attribue des probabilités identiques (33 p. 100) de distribution de chacun des trois types d’hivernage (humide, normal, sec) qui est la manière utilisée par l’African Centre of Meteorological Application for Development pour présenter les prévisions en Afrique de l’Ouest. Cela signifie en d’autres termes que chaque type d’hivernage a la même probabilité d’occurrence. Nous avons construit les autres scénarios en attribuant une probabilité plus élevée de 80 p. 100 au type d’hivernage prédit par la prévision. Les probabilités associées à chaque scénario sont présentées dans le tableau I.

Pour un scénario donné, le modèle calcule l’assolement, puis le revenu associé à chaque type d’hivernage que multiplie son coefficient respectif. Puis, il réalise la somme des trois revenus. En cas de scénario de prévision de saison humide, le modèle va choisir un assolement constitué de cultures présentant les meilleurs rendements dans ce contexte-là, comme le maïs et le sorgho. Quand la prévision est sèche, le modèle va favoriser le mil, culture présentant les meilleurs rendements lorsque l’hivernage est sec.

Nous présentons l’impact de ces prévisions sur l’assolement des cultures, le revenu monétaire et les valeurs marginales du travail, de la terre et de l’eau. Ce qui se passe en cas d’erreur de prévision a également été analysé.

Pour simuler une erreur de prévision, quand par exemple la saison est humide alors qu’elle était prévue sèche, le modèle calcule le revenu en multipliant l’assolement calculé pour l’hivernage sec par les rendements et les prix de l’hivernage humide. Le revenu est alors plus faible que si la prévision était bonne.

Tableau I

Probabilités des prévisions saisonnières dans les quatre scénarios

Scénario	Type d’hivernage		
	Hivernage sec	Hivernage normal	Hivernage humide
Pas de prévision	33	33	33
Prévision sèche	80	10	10
Prévision normale	10	80	10
Prévision humide	10	10	80

RESULTATS

Allocation des terres

Les résultats du scénario sans prévision montrent que les terres disponibles pour les cultures pluviales sont cultivées aux deux tiers (figure 2), le reste, et en particulier les terres marginales, étant mis en jachère. Les cultures pluviales sont surtout le sorgho et le coton sur les bonnes terres, le mil sur les terres marginales, le maïs et le riz dans les bas-fonds peu inondés, ce qui est un assolement proche de la réalité. Les parcelles irriguées sont allouées à la production de riz pendant l’hivernage, puis à la tomate pendant la saison sèche froide et pendant la saison sèche chaude mais sur une moindre surface pour cette dernière période, le reste étant mis en jachère.

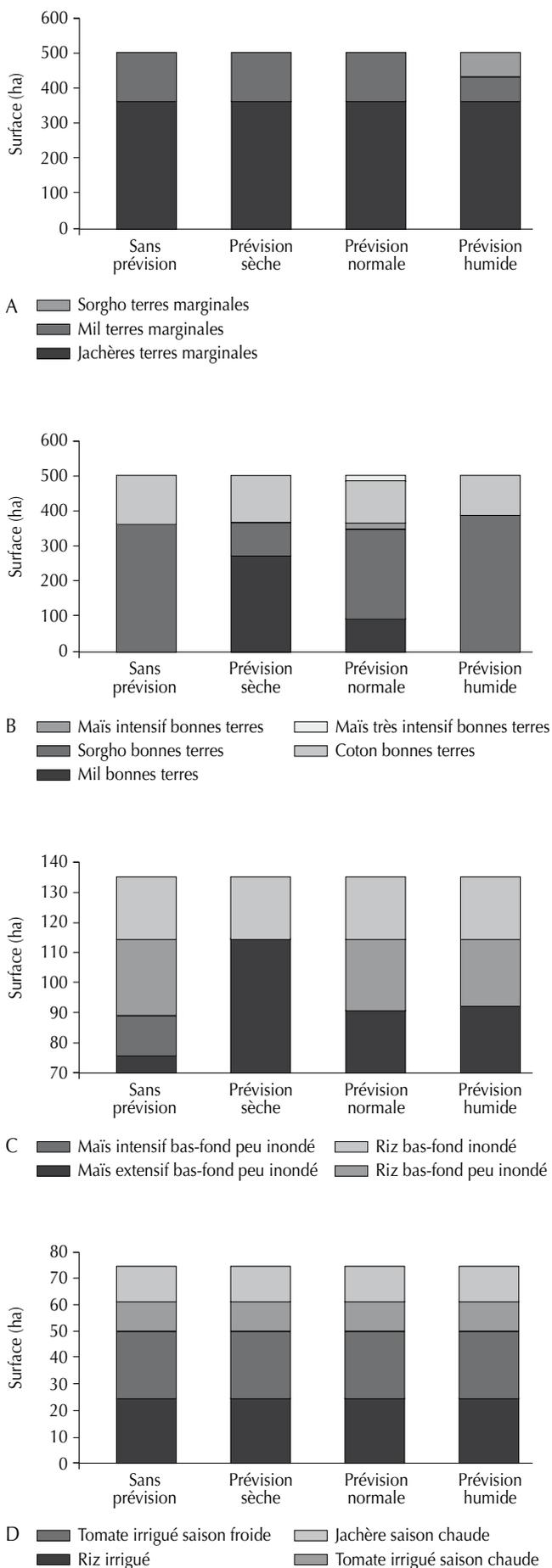


Figure 2 : allocation optimale des terres pour les différents scénarios (A : terres marginales ; B : bonnes terres ; C : bas-fonds ; D : terres irriguées).

Si la prévision est un hivernage sec, le mil est non seulement cultivé sur les terres marginales, mais aussi sur les bonnes terres au détriment du sorgho. Le maïs est exclusivement cultivé dans les bas-fonds peu inondés au détriment du riz. L'assolement sur les parcelles de bas-fonds inondés et sur les parcelles irriguées est identique à celui du scénario sans prévision.

Dans le scénario prévoyant un hivernage normal, le sorgho est réintroduit sur les bonnes terres, de même que le maïs sur une petite surface, le riz réapparaît dans les bas-fonds peu inondés ainsi qu'une petite surface de maïs très intensif. L'allocation de la terre reste inchangée pour les bas-fonds inondés et les parcelles irriguées.

Pour le scénario de prévision d'un hivernage humide, le sorgho reprend totalement la place du mil sur les bonnes terres comme pour le scénario sans prévision. Le sorgho est aussi cultivé sur les terres marginales au détriment du mil réduit de moitié. L'allocation de la terre reste inchangée pour les cultures irriguées, celle des bas-fonds peu inondés est quasiment identique à celle du scénario sans prévision.

En résumé, en cas de prévision d'hivernage sec, le modèle favorise la culture de mil, mais il privilégie le sorgho et le maïs en cas de prévision d'hivernage humide.

Revenus monétaires

Lorsque le modèle ne dispose pas de prévisions sur l'hivernage et que l'hivernage est normal, le revenu optimal du bassin est de 113 millions de francs CFA (figure 3), si l'hivernage s'avère plutôt sec, le revenu baisse de 24 p. 100 à cause de la baisse des rendements ; s'il est humide, il augmente de 17 p. 100.

Lorsque les producteurs disposent d'une prévision d'année sèche et que l'année est effectivement sèche, on observe une hausse de 8 p. 100 du revenu simulé par rapport à l'année sèche de la simulation sans prévision. En revanche, si l'année est normale, le revenu simulé baisse de 10 p. 100 par rapport à l'année normale sans prévision alors que, si elle est humide, il baisse de 16 p. 100 par rapport à l'année humide sans prévision. Les gains de la prévision sont conséquents mais les pertes en cas d'erreur sont supérieures.

Lorsque les producteurs ont une prévision d'année normale et que l'hivernage est effectivement normal le revenu n'augmente que de 2 p. 100 par rapport à l'hivernage normal de la simulation sans prévision. Mais si l'hivernage s'avère sec, le revenu simulé ne baisse pas par rapport à l'année sèche simulée sous le scénario sans prévision. En revanche, si l'année s'avère humide, le revenu

diminue de 5 p. 100 par rapport à l'année humide simulée sous le scénario sans prévision.

Lorsque les producteurs ont une prévision d'année humide et que l'année est effectivement humide le revenu n'augmente presque pas par rapport à l'année humide simulée sous le scénario sans prévision. Si l'année s'avère normale le revenu diminue de 1 p. 100 par rapport à l'année normale sous le scénario sans prévision. Si l'année s'avère sèche le revenu ne change pas par rapport à l'année sèche sous le scénario sans prévision.

En somme, les différences sont surtout importantes en prévision d'une saison sèche car le modèle choisit alors des cultures comme le mil, au détriment du sorgho et du maïs aux rendements potentiels supérieurs. Pour les scénarios de prévision d'hivernage normal ou humide, le gain d'une bonne prévision est nul ainsi que le coût d'une forte erreur de prévision parce que le modèle est calibré pour ne pas descendre en dessous d'un revenu minimum en cas de mauvaise année. En effet, le modèle ne peut investir que de façon limitée dans des cultures plus productives mais plus risquées en raison d'une chute importante de leur rendement en cas de mauvaise année.

Valeurs marginales

Les valeurs marginales des facteurs terre, travail, capital et risque indiquent l'importance de la rareté d'un facteur. Si l'on compare une valeur marginale aux prix du marché local pour ces facteurs on peut identifier les facteurs les plus contraignants et faire des propositions en termes de politique agricole. Pour la contrainte de travail, seule la période d'installation des cultures pluviales en juin/juillet a une valeur marginale qui est de 2 000 FCFA par jour (tableau II). Cela signifie que si les paysans pouvaient sur un plan théorique travailler une journée de plus et sans tenir compte de facteurs sociaux, le gain journalier pour le ménage serait de 2000 FCFA. Cette valeur est localement trois fois supérieure au coût d'une journée de travail par actif. Elle reflète le manque de disponibilité de la main d'œuvre. La main d'œuvre est donc un facteur contraignant pour la production, ce qui se traduit par la mise en jachère d'une partie des terres pluviales du village. Cela veut aussi dire que les producteurs du bassin gagneraient à embaucher de la main d'œuvre extérieure à condition de la rémunérer à un prix inférieur à la valeur marginale.

Les différences constatées entre les types de prévision sont importantes, ce qui traduit le fait qu'une prévision favorable et fiable augmenterait la productivité du travail.

La valeur marginale de la terre représente ce que gagnerait un producteur s'il pouvait augmenter d'un hectare la disponibilité des terres pluviales, irriguées ou de bas-fond (tableau II). Les terres marginales en pluvial ne sont pas encore contraignantes puisqu'une fraction importante de ces terres est mise en jachère, tous scénarios confondus. En revanche, les autres types de terres sont contraignants, et cela d'autant plus que leur surface est limitée par rapport à la surface totale cultivable. La surface irriguée est entièrement utilisée pour les deux premières campagnes irriguées mais pas pour la troisième par manque d'eau dans le barrage en cas d'hivernage sec. La valeur marginale très élevée des terres irriguées s'explique, en outre, par le fait que le modèle est averse au risque. En effet, un hectare irrigué en plus permettrait d'augmenter la surface de cultures irriguées et d'investir dans des cultures plus productives sans prendre de risque en cas de mauvaise année. Le capital est limitant car entièrement utilisé. En moyenne, un franc CFA investi augmenterait le revenu net final de 0,20 FCFA. C'est un retour sur investissement de 20 p. 100.

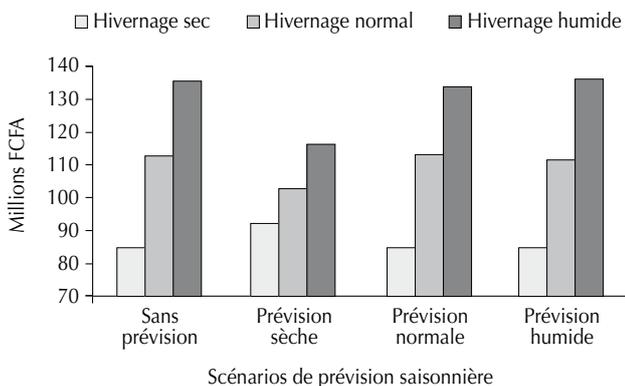


Figure 3 : revenus selon les prévisions saisonnières et leur réalisation.

Tableau II

Valeurs marginales des facteurs de production

		Prévision d'hivernage			
		Sans prévision	Sec	Normal	Humide
Terres (FCFA/ha)	Bonnes en pluvial	21 970	13 526	26 213	37 742
	Marginales	0	0	0	0
	Irriguées hivernage	1 536 275	1 091 375	2 026 805	2 363 408
	Irriguées saison froide	144 337	100 000	188 498	223 162
	Irriguées saison chaude	0	0	0	0
	Bas-fonds inondés	254 383	156 795	324 949	393 570
	Bas-fonds peu inondés	489 857	321 375	635 395	755 947
Travail (FCFA / jour)	Installation cultures pluviales	1 832	1 196	2 403	2 740
	Récolte cultures pluviales	489	229	461	931
Capital (FCFA / FCFA investis)		0,18	0,125	0,236	0,279
Eau (FCFA/m ³)	Saison froide	145	100	189	224
	Saison chaude	145	100	189	224
Risque (FCFA / FCFA de revenu minimum)		0,45	0	0,88	1,23

L'eau d'irrigation est un facteur limitant pour les cultures irriguées pour les deux campagnes de contre-saison. Les valeurs sont les mêmes entre les deux périodes car l'eau non utilisée pendant une période est reportée à la période suivante. Le mètre cube d'eau supplémentaire rapporterait 145 FCFA dans le scénario sans prévision saisonnière. Ce gain augmente si la prévision est humide du fait d'un revenu légèrement supérieur.

Nous avons utilisé un revenu minimum pour paramétrer le modèle afin de reproduire l'assolement que les paysans pratiquent réellement dans la zone. La valeur marginale de la contrainte de risque signifie que, si les paysans acceptaient de réduire leur revenu minimal en cas de mauvaise année, ils pourraient augmenter leur revenu global les années normales et humides. Un franc CFA de revenu minimum en moins augmenterait le revenu de 45 centimes pour le scénario sans prévision et jusqu'à un franc CFA et 23 centimes pour un scénario de prévision d'hivernage humide. Dans ce dernier cas, la différence est maximale entre le revenu que peut obtenir le modèle et le revenu minimum. La prime de risque d'une assurance doit être strictement inférieure au montant de la valeur marginale pour être intéressante pour le producteur.

DISCUSSION

Contraintes du système

Les valeurs marginales montrent que tous les facteurs de production du modèle sont contraignants : le travail en début d'hivernage et à la récolte, certains types de terre, le capital et l'eau. Le travail est contraignant dans la mesure où toutes les terres marginales ne sont pas mises en culture. De plus, la consommation en grains est satisfaite et le surplus monétaire par personne important (56 000 FCFA) même les mauvaises années (44 000 FCFA). L'eau est un facteur limitant puisque le barrage est petit et que toute l'eau est utilisée pour les rizières et le maraîchage. Le risque est également limitant puisque les paysans cultivent encore du mil pour éviter l'impact d'une sécheresse, diminuant ainsi le revenu moyen. Or la zone sud-ouest du Burkina Faso est une zone à fort potentiel

où il est possible d'introduire des cultures pouvant obtenir de meilleurs rendements.

Le capital est très limitant, même si le modèle donne la possibilité de contracter du crédit lié à la production de coton. Le modèle introduit donc une surface de coton uniquement pour que les producteurs aient accès au crédit. Les sociétés cotonnières assurent une partie du financement des campagnes mais ne peuvent pas financer les besoins des cultures non cotonnières. Le système bancaire agricole fonctionne mal, faute de garantie bancaire. Il faudra attendre qu'un marché de la terre émerge pour fournir les garanties bancaires nécessaires et voir la contrainte de crédit évoluer. D'où l'intérêt d'autres systèmes de garantie, telle que la caution solidaire proposée par les sociétés cotonnières. Un moyen d'améliorer l'octroi de crédit bancaire est de réduire le risque agricole, qui réduirait le risque de non-remboursement. Pour ce faire la prévision saisonnière est une option.

Prévisions saisonnières

Des deux hypothèses formulées dans cette étude, la première était que le gain des prévisions était surtout intéressant pour une prévision d'hivernage humide. Cette hypothèse a été infirmée. Le gain de la prévision a été important lorsqu'elle a concerné une année sèche. Le gain d'une prévision a été faible pour une prévision d'hivernage humide. Ce résultat a été lié au choix de calibrer le modèle pour ne pas descendre en dessous d'un revenu minimum, ce choix se basant sur les stratégies observées dans la zone. En effet, les paysans faisaient référence à un revenu minimal à atteindre pour rembourser notamment le crédit attribué par les sociétés cotonnières. Une prévision d'hivernage humide ou normal ne changeait pas grand chose au choix des cultures et au revenu.

La seconde hypothèse était que le coût d'une erreur de prévision humide était plus important que le gain d'une bonne prévision. Cette hypothèse n'a été confirmée que lorsqu'une année prévue sèche s'est avérée humide ou lorsqu'une année humide s'est avérée sèche, soit lors de très grandes erreurs. Le coût d'une erreur de prévision d'une année humide lorsque l'année s'est avérée

normale a été faible. Il faudrait ainsi envisager un système d'assurance. Par ailleurs, l'irrigation a été peu influencée par la variabilité climatique pour les périmètres situés en aval de barrages. En effet, les surfaces sont restées les mêmes quelle qu'ait été la prévision saisonnière.

Adoption des prévisions saisonnières par les populations

Nous avons considéré dans cette étude que les producteurs n'avaient pas de difficulté à interpréter l'information climatique. La réalité peut être différente. Les prévisions saisonnières pour être promues doivent gagner en fiabilité mais surtout doivent faire l'objet d'un accompagnement préalable dans des contextes où la majorité des producteurs ne sont pas instruits. Les producteurs doivent être formés sur la façon d'interpréter les résultats des prévisions et celles-ci doivent leur être livrées avec des informations sur les marges d'erreur.

Cette étude a permis d'analyser l'avantage relatif (8) de la prévision saisonnière par rapport aux pratiques existantes et à différentes

modalités de prévision saisonnière, en analysant les coûts et risques associés mais aussi les valeurs marginales du modèle. Les modèles d'optimisation, comme celui présenté dans cette étude, sont de puissants outils d'évaluation *ex ante* (7, 12) permettant de façon virtuelle de tester la proposition. Pour ce type de modèles, la prise en compte de différents objectifs (2, 6) ou de contraintes environnementales et des besoins de sécurité alimentaires, comme c'est le cas ici, permet de tenir compte de stratégies de production qui ne sont pas seulement basées sur la maximisation du revenu.

Mais comme tout modèle informatisé, l'une des difficultés rencontrées est l'accès à des données fiables pour renseigner les paramètres (13) et cela en particulier dans des contextes où les producteurs n'enregistrent pas leurs pratiques. Dans ce modèle, nous nous sommes focalisés sur les systèmes de cultures pour lesquels la prévision saisonnière apparaissait plus pertinente. Néanmoins, ce modèle pourrait être amélioré de façon à simuler les troupeaux de petits ruminants qui, bien que limités, peuvent jouer un rôle non négligeable d'épargne dans ces systèmes. Ce modèle amélioré pourrait en particulier permettre d'affiner l'analyse du coût marginal du capital ou du risque.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADESINA A.A.A., OUATTARA A.D., 2000. Risk and agricultural systems in northern Côte d'Ivoire. *Agric. Syst.*, **66**: 17-32.
2. DOGLIOTTI S., ITTERSUM M.K.V., ROSSING W.A.H., 2005. A method for exploring sustainable development options at farm scale: a case study for vegetable farms in South Uruguay. *Agric. Syst.*, **86**: 29-51.
3. INGRAM K.T., RONCOLI M.C., KIRSHEN P.H., 2002. Opportunities and constraints for farmers of West Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Agric. Syst.*, **74**: 331-349.
4. JANNOT P., CAIROL D., 1994. Linear programming as an aid to decision making for investments in farm equipment for arable farms. *J. Agric. Engin. Res.*, **59**: 173-179.
5. MAURIZIO B., LORENZO G., ANDREA D.V., IDRISSE A., BIRAMA D., MAMADOU N., 2008. Les prévisions saisonnières et leurs impact sur la prévention de l'insécurité alimentaire : le cas d'étude de la campagne 2007/2008 et la prévision pour la campagne 2008/2009. In: Seasonal forecasting in West Africa, its applications and anticipating future climate change, AMMA/ENSEMBLES workshop, Niamey, Niger, 26-30 May 2008.
6. OKORUWA V., JABBAR M.A., AKINWUMI J.A., 1996. Crop-livestock competition in the West African derived savanna: Application of a multi-objective programming model. *Agric. Syst.*, **52** : 439-453.
7. PACINI C., WOSSINK A., GIESEN G., HUIRNE R., 2004. Ecological-economic modelling to support multi-objective policy making: a farming systems approach implemented for Tuscany. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **102**: 349-364.

8. SATTLER C., NAGEL U.J., 2010. Factors affecting farmers' acceptance of conservation measures. A case study from North-Eastern Germany. *Land Use Policy*, **27**: 70-77.
9. SHARDUL A., FRANKHAUSER S., 2008. aspects économiques de l'adaptation aux changements climatiques: coût, bénéfices et instruments économiques. Paris, France, OECD, 9 p.
10. SULTAN B., BARBIER B., FORTILUS J., MODOU MBAYE S., LECLERC G., 2010. Estimating the potential economic value of seasonal forecasts in West Africa: A long-term *ex-ante* assessment in Senegal. *Weather climate Soc.*, **2**: 69-87. <http://dx.doi.org/10.1175/2009WCAS1022.1> Consulté le 27.09.2010
11. THOMAS D., TWYMAN C., OSBAHR H., HEWITSON B., 2007. Adaptation to climate change and variability: farmers' responses to intra-seasonal precipitation trends in South Africa. *Clim. Change*, **83**: 301-322.
12. TORKAMANI J., 2005. Using a whole-farm modelling approach to assess prospective technologies under uncertainty. *Agric. Syst.*, **85**: 138-154.
13. VAN WIJK M.T., TITTONELL P., RUFINO M.C., HERRERO M., PACINI C., RIDDER N.D., GILLER K.E., 2009. Identifying key entry-points for strategic management of smallholder farming systems in sub-Saharan Africa using the dynamic farm-scale simulation model NUANCES-FARMSIM. *Agric. Syst.*, **102**: 89-101.
14. YILI T., 2006. La monographie de la commune rurale de Dano. Ouagadougou, Burkina Faso, ministère de l'Economie et du Développement, 62 p.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Dabire W.P.I., Barbier B., Andrieu N. *Ex ante* assessment of climatic seasonal predictions for small-scale farming in Burkina Faso

Agricultural production in sub-Saharan Africa is mostly rain-fed and particularly vulnerable to climatic variations. At the scale of the farm, climatic variability has a direct impact on primary production and on the household's income and food security. In this study, we assessed the economic benefit of providing rainy season rainfall predictions to producers. The study was carried out in the south-west of Burkina Faso, in the area of Dano. It is based on a linear programming model that maximizes income by optimizing the allocation of land, labor and inputs among several crops, with yields varying in relation to the type of soil and crop management sequence, and to the rainy season rainfall pattern. Four scenarios were analyzed, differing according to the type of information available to farmers concerning the oncoming rainy season rainfall: a control scenario with no forecast given, a low-rainfall rainy season forecast, a normal rainy season forecast, and a wet rainy season forecast. The results of the simulations show that the most important prediction is the one warning of a dry rainy season, but this is also the one for which prediction errors entail the most costly consequences. Overall, the income gain associated with predictions is relatively small, but the cost incurred by a prediction error raises the issue of liability and compensation. These results shed a sobering light on the value of seasonal predictions for alleviating the vulnerability of Sahel communities.

Keywords: Linear programming – Decision support – Season – Forecasting – Pluviometry – Climate – Risk management – Burkina Faso.

Resumen

Dabire W.P.I., Barbier B., Andrieu N. Evaluación *ex ante* de la previsión estacional climática en un pequeño campesinado burkinés

La producción agrícola de Africa sub sahariana, esencialmente pluvial, es particularmente vulnerable a la variabilidad climática. A nivel de las explotaciones, esta variabilidad tiene un impacto directo sobre la producción primaria, así como sobre el ingreso y la seguridad alimenticia de la familia. En el presente estudio, nosotros evaluamos el interés económico de poner a la disposición de los productores la previsión de la pluviometría de invierno. El estudio se llevó a cabo en la zona de Dano, al suroeste de Burkina Faso. Este reposa sobre la utilización de un modelo de programación lineal que maximiza el ingreso, optimizando la asignación de las tierras, del trabajo y de los ingresos entre varios tipos de cultivos, los rendimientos varían según el tipo de suelo, el itinerario técnico y el invierno. Se analizaron cuatro escenarios: un escenario testigo en donde el campesino no tiene acceso a las previsiones, un escenario en donde los productores tienen acceso a una previsión de invierno seco, otro donde tienen acceso a una previsión de invierno normal y finalmente un último en donde tienen acceso a una previsión de invierno húmedo. Los resultados de estas simulaciones muestran que es la previsión de invierno seco la que presenta el mayor interés, pero es también en la que un error de previsión sería mas costoso. Globalmente la ganancia en ingreso de la previsión es relativamente poco elevada, pero el costo de un error de previsión presenta el problema de las responsabilidades y de las compensaciones. Estos resultados relativizan el interés de las previsiones estacionales para la reducción de la vulnerabilidad de las poblaciones de los países del Sahel.

Palabras clave: Programación lineal – Soporte de decisión – Estación del año – Pronóstico – Pluviometría – Clima – Gestión de riesgos – Burkina Faso.

Coconception d'innovations agropastorales assistée par un modèle à l'échelle de l'exploitation. Cas de l'embouche bovine

A.W. Sempore^{1*} N. Andrieu^{1,2} I. Bayala¹

Mots-clés

Bovin de boucherie – Modèle de simulation – Partenariat – Adoption de l'innovation – Diffusion de la recherche – Exploitation agricole – Burkina Faso.

Résumé

En zone agropastorale d'Afrique de l'Ouest, certains producteurs ont des objectifs d'intensification de leurs systèmes de production. Les méthodes de recherche action en partenariat (RAP) peuvent accompagner ces dynamiques, notamment en mobilisant des outils de modélisation. L'objectif de cet article a été d'analyser l'intérêt de l'utilisation d'un modèle de simulation à l'échelle de l'exploitation dans le cadre d'une RAP visant à coconcevoir des innovations agropastorales. L'étude a été réalisée dans les villages de Koumbia et de Kourouma situés dans l'ouest du Burkina Faso. Cet article analyse les résultats obtenus sur sept exploitations ayant un projet de développement d'une activité d'embouche bovine. Des simulations de ce projet ont été réalisées avec un modèle d'exploitation et comparées à un scénario de référence correspondant aux pratiques mises en œuvre l'année précédente sa mise en place. En parallèle, l'équipe technique du projet a apporté un appui matériel aux producteurs pour leur permettre d'améliorer l'alimentation des bœufs d'embouche en vraie grandeur par le biais de l'introduction de culture fourragère dans l'assolement et de l'amélioration de la capacité de stockage fourrager. Des enquêtes et suivis ont été effectués pour recueillir les points de vue des producteurs sur l'intérêt du modèle et analyser leur adoption des techniques proposées. Les producteurs les plus intéressés par l'usage du modèle ont été ceux en manque d'expérience. Ils ont pu évaluer, à travers la modélisation, les effets escomptés de l'embouche bovine sur le revenu de l'exploitation, le bilan céréalier et le bilan minéral des cultures. Les suivis menés après la phase d'expérimentation ont montré que les producteurs avaient poursuivi les activités simulées par le modèle puis testées sur le terrain. Cette étude montre l'intérêt du couplage de la modélisation aux expérimentations de terrain afin de faciliter l'adoption de techniques innovantes par les acteurs.

INTRODUCTION

A l'image d'autres zones agropastorales d'Afrique subsaharienne, la zone Ouest du Burkina Faso, initialement sous-peuplée, a connu ces trente dernières années un accroissement démographique naturel, significativement amplifié par les migrants chassés par deux importantes sécheresses (1972-73 et 1983-84) dans le nord et le centre du pays (44). Il s'est traduit par une défriche des parcours pour augmenter les surfaces cultivées ainsi qu'un accroissement des effectifs de cheptel bovin. Celui-ci est dû à la sédentarisation des pasteurs et au développement de l'élevage chez

les agriculteurs. Les terroirs subissent donc une double pression, agricole et pastorale, sur les terres cultivées et les ressources végétales (19, 24). Cette situation a engendré des antagonismes entre les éleveurs en quête d'espace pour leurs troupeaux et les agriculteurs en quête de terres cultivables (27). En parallèle, la baisse de la pluviométrie et la variabilité climatique rendent très aléatoires la productivité végétale et la productivité animale.

L'enjeu pour la recherche-développement est de proposer des options techniques permettant d'intensifier les systèmes de production agropastoraux dans un contexte agroenvironnemental plus contraint que dans le passé. Face au constat d'une faible adoption de ces options techniques (21, 36), la recherche a expérimenté des démarches de recherche action en partenariat (RAP) avec les producteurs (14, 25, 38). Ces démarches utilisent des objets intermédiaires pour favoriser les échanges avec les acteurs (43), notamment la modélisation de plus en plus employée par les chercheurs comme support de dialogue (6, 16, 30). Mais les modèles utilisés

1. Cirades, UR Productions animales, 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

2. Cirad, UMR Innovation, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +226 20 97 20 53 ; fax : +226 20 97 23 20

E-mail : semporearistide@yahoo.fr

dans ces démarches sont davantage des modèles multiacteurs à des échelles englobantes telles que le bassin versant ou le territoire villageois et encore rarement des modèles à l'échelle de l'exploitation, niveau de gestion privilégié du producteur (26). Les modèles sectoriels sur les systèmes de culture (10, 20) ou les systèmes d'élevage (8, 13) peuvent permettre de simuler de façon fine une partie des processus biotechniques, mais sans intégrer les interactions entre systèmes de culture et d'élevage.

L'objectif spécifique de la présente étude a été d'analyser l'intérêt d'un modèle de simulation du fonctionnement technique et économique de l'exploitation dans le cadre d'une RAP visant à concevoir des innovations agropastorales. L'hypothèse centrale est que le modèle permet de limiter les incertitudes liées au choix d'une technologie innovante afin de favoriser son adoption au sein de l'exploitation.

Le modèle utilisé pour cette étude a été la première version de Cikéda (3), un modèle d'exploitation conçu avec les producteurs et techniciens de deux villages de l'ouest du Burkina Faso. Le but a été d'évaluer avec les producteurs l'intérêt d'introduire l'embouche bovine dans leurs exploitations. D'autres modèles de simulation du fonctionnement de l'exploitation auraient aussi pu être utilisés (42). Toutefois, l'objectif de ces modèles n'est pas une utilisation directe avec les acteurs mais plutôt une exploration par le chercheur des effets de stratégies de gestion innovantes sous différents scénarios climatiques ou socio-économiques. Exigeants en données de bases, ces modèles utilisent des interfaces ou des variables peu conviviales, ou reposent souvent sur des simplifications et des normes peu représentatives de la diversité des systèmes de production et n'ayant pas de sens pour les acteurs de terrain (1, 26).

L'embouche bovine est promue par la recherche depuis plusieurs décennies (7) mais ses niveaux de performances restent limités du fait essentiellement du faible niveau technique des éleveurs, d'une gestion empirique de l'alimentation, du faible potentiel génétique des animaux et du manque d'organisation de la filière. Cette activité, telle que pratiquée dans la zone, vise à acheter en milieu de saison sèche des animaux maigres, à les alimenter avec une alimentation concentrée et du fourrage conservé afin d'améliorer leurs qualités bouchères donc leur valeur marchande, puis à les vendre en fin de saison sèche, période durant laquelle l'offre d'animaux gras est limitée. Une autre pratique consiste à acheter les animaux amaigris en fin de saison sèche à faible coût. Ils sont alors intégrés au reste du troupeau pendant l'hivernage puis engraisés en début de saison sèche de l'année suivante avant d'être vendus.

L'article décrit en premier lieu les différentes phases de l'étude menée avec les exploitants, à savoir la simulation du fonctionnement des exploitations lorsqu'elles pratiquent l'embouche, puis l'appréciation de l'outil par les emboucheurs potentiels et enfin l'expérimentation en milieu réel. L'intérêt de la modélisation d'exploitation dans une démarche de RAP ainsi que les perspectives d'évolution de la démarche sont ensuite discutés.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude et démarche méthodologique

Cette étude a été menée de 2009 à 2012 dans deux villages, Koubia (12° 42' 20" de lat. N ; 4° 24' 01" de long. E ; altitude 290 m) et Kourouma (12° 87' 29" de lat. N ; 3° 45' 59" de long. O ; altitude 337 m) de la zone cotonnière à l'ouest du Burkina Faso (figure 1). Ces deux villages présentent des conditions agroclimatiques semblables (pluviométrie 900-1 000 mm, sols ferrugineux tropicaux dominants).

Dans ces deux villages, les premiers travaux de terrain ont permis d'identifier trois types de producteurs principaux : les éleveurs (9 à 10 p. 100), les agriculteurs (73 à 84 p. 100) et les agroéleveurs (7 à 17 p. 100) (40).

Ces producteurs distinguent trois grandes saisons caractérisées par les activités dominantes et les ressources agropastorales disponibles, même si certains éleveurs différencient également des périodes de transition entre ces trois principales saisons (39). La saison pluvieuse, qui débute généralement en mai et se termine durant le mois d'octobre, est la période des activités agricoles ; les animaux d'élevage sont alors éloignés des zones de cultures. La saison sèche froide, de novembre à fin février, est celle des récoltes de grains, pour la consommation familiale ou la vente, et de paille, pour la consommation des animaux et/ou la production de fumure organique ; les animaux ont ensuite accès en vaine pâture aux résidus des parcelles récoltées. Durant la saison sèche chaude, de mars à fin avril, la biomasse fourragère devient un facteur limitant ainsi que l'eau d'abreuvement des animaux ; les stocks fourragers sont alors consommés et, pour certains troupeaux, c'est le départ en transhumance.

Ces deux villages ont été les sites d'étude d'un projet antérieur (Cirop-Cirad, 2005-08) d'évaluation d'une démarche de RAP pour concevoir avec les acteurs des innovations agropastorales. Dans le cadre de ce projet, un réseau d'acteurs constitué de représentants des différentes organisations d'agriculteurs et d'éleveurs a été mis en place dans chaque village. Ce réseau dénommé « cadre de concertation villageois » (CCV) avait pour but de faciliter le dialogue, les échanges de connaissances et l'identification d'une problématique commune entre les acteurs de terrain et les chercheurs (38). Le CCV s'est avéré opérationnel et les modèles de simulation sont apparus utiles pour analyser avec les acteurs la faisabilité des options techniques (16).

Dans les années 2008 à 2010, un cumul de précipitation, moyen a été enregistré, mais avec des variations localisées de la répartition de cette pluviométrie. Ces années ont surtout été caractérisées par une baisse du cours du coton, associée à une augmentation du coût des intrants chimiques. L'accès aux intrants étant dépendant de la culture cotonnière, un enjeu était de produire de la fumure organique d'origine animale en substitution des engrais minéraux. De plus, pour les éleveurs mais aussi les agroéleveurs, l'embouche bovine constitue une activité permettant de diversifier les sources de revenu. La réalisation de cet objectif dépend de leur capacité à améliorer l'alimentation des bœufs.



Figure 1 : localisation des deux villages (Andrieu et coll., 2009).

Deux thèmes techniques ont alors été identifiés avec les CCV : premièrement, l'amélioration qualitative et quantitative des fourrages par une augmentation des capacités de stockages, l'utilisation de presses pour le bottelage du fourrage, et par la production de cultures fourragères (*Mucuna deeringiana*) ; deuxièmement, l'amélioration de la fertilité du sol *via* les légumineuses et la construction de fosses fumières.

Dans cette étude, la simulation a été couplée à l'expérimentation : les simulations ont permis d'analyser la faisabilité des thèmes techniques à tester sur le terrain, et les expérimentations de calibrer et de valider les modèles.

Sept producteurs se sont portés volontaires pour expérimenter le thème relatif à l'amélioration qualitative et quantitative des fourrages. Les simulations ont été réalisées avec les producteurs d'octobre à décembre 2009. En parallèle, le projet leur a fourni des semences de *mucuna* pour mettre en culture 0,25 ha, des presses à paille pour le bottelage du fourrage et un appui financier pour la construction de fenils.

Le modèle

Le modèle Cikedà (signifie exploitation en langue Dioula) utilisé dans cette étude a permis au producteur, assisté du chercheur ou du technicien, d'analyser l'impact d'une transformation de l'exploitation par une nouvelle activité comme l'embouche bovine sur son fonctionnement technico-économique (2, 3, 33). Il a simulé le fonctionnement technico-économique d'une exploitation à l'échelle d'une année (du 1^{er} mai au 30 avril de l'année

d'après) divisée en trois saisons : la saison pluvieuse ou hivernage, la saison sèche froide, la saison sèche chaude. Il comportait sept modules reflétant les interactions entre systèmes de culture et d'élevage au sein des exploitations (figure 2).

Le principe du modèle consiste à simuler des offres et demandes en céréales, en fourrages et en éléments fertilisants, à l'échelle de l'exploitation. Il calcule respectivement le bilan céréalier, le bilan fourrager, le bilan minéral des cultures ainsi que le revenu économique des activités agropastorales. Ces calculs sont réalisés pour trois types d'années climatiques (favorable, moyenne et défavorable) afin que le producteur apprécie les risques associés à ses choix de production. Ces années climatiques sont définies selon les dires des producteurs en fonction de l'abondance et de la répartition des pluies dans l'espace et dans le temps.

Le bilan céréalier des ménages correspondant à leur sécurité alimentaire est calculé en faisant la différence entre la production de céréales et le besoin en fonction de la taille de la famille déclarée en entrée. Les productions céréalères vendues sont évaluées une fois déduites les quantités autoconsommées (18). La production de céréales est fonction des surfaces de sorgho et de maïs déclarées par les producteurs en entrée que multiplie le rendement de ces cultures calculé par le modèle. Ce rendement varie en fonction du type d'année climatique et de l'élément minéral (N, P, K) apporté en quantité la plus limitante aux vues des besoins de la plante.

Le bilan fourrager est saisonnier et partiel. Il ne concerne pas les parcours naturels pâturés principalement en saison des pluies, ni les résidus de récolte consommés en vaine pâture. Il établit la

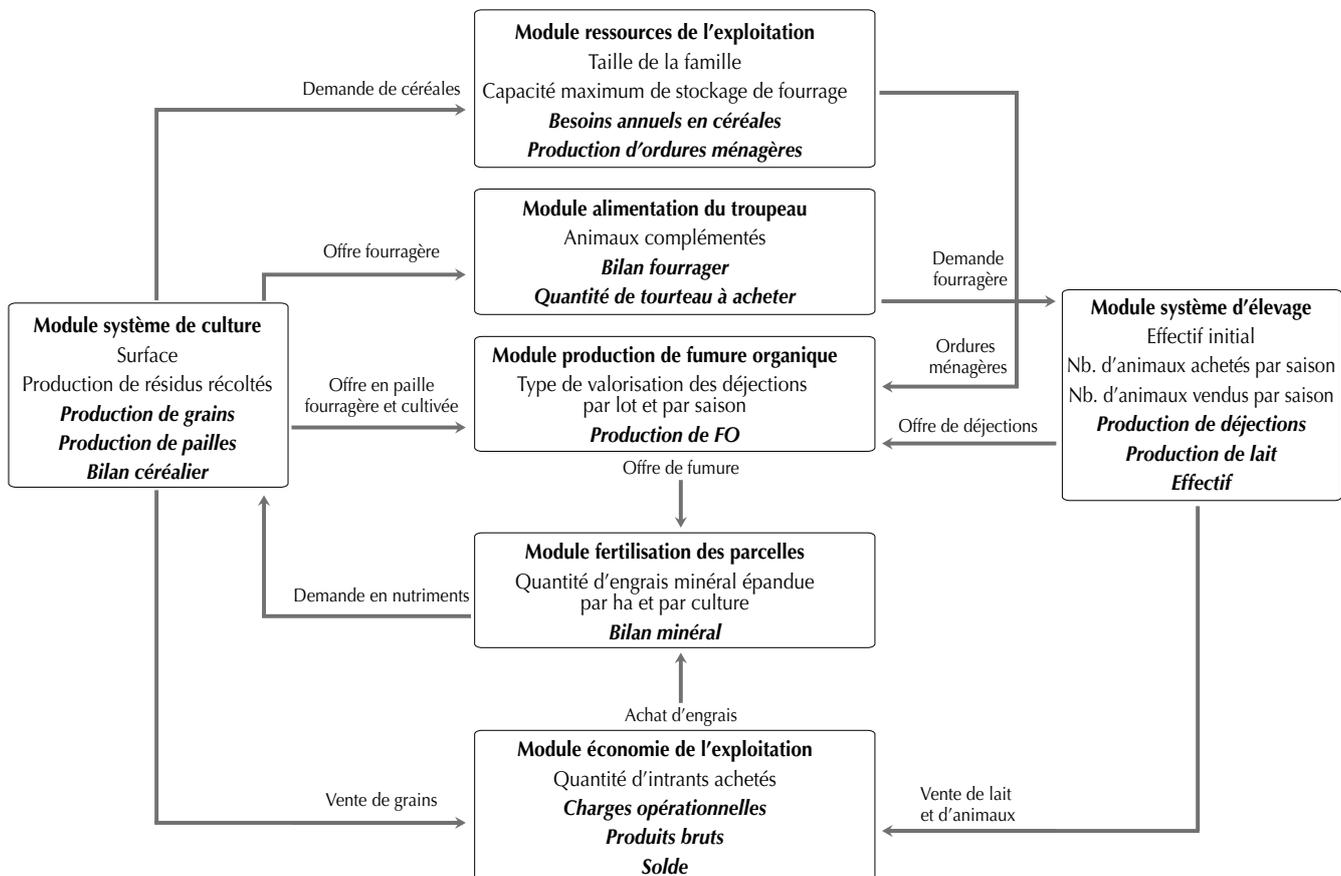


Figure 2 : modèle conceptuel Cikedà (Andrieu et coll., 2012). Chaque case correspond à un module, son nom est précisé en haut de la case en gras, ses principales entrées en trait simple, et ses principales sorties en gras et en italique ainsi que sous forme de flèches représentant les interactions entre modules.

différence entre, d'une part, l'offre en pailles et en fourrages cultivés produits sur l'exploitation, récoltés puis stockés et, d'autre part, les besoins fourragers des animaux (12) que le producteur souhaite compléter, déclarés en entrée. Il est demandé au producteur d'estimer la proportion de pailles produites qu'il récolte en début de saison sèche froide en tenant compte de ses contraintes de main d'œuvre ou d'équipement. Cette donnée fait partie des entrées du modèle. La quantité de pailles et fourrages effectivement stockée est limitée par la capacité maximale de stockage également précisée en entrée par le producteur. Il s'agit d'une limite virtuelle permettant de tenir compte de contraintes relatives au transport des pailles récoltées jusqu'au lieu de stockage, ou à la dimension du fenil. Cinq lots d'animaux sont considérés : bœufs de trait, vaches laitières, taurillons et génisses d'élevage, bœufs d'embouche, petits ruminants. Les producteurs réservent la complémentation à certains groupes d'animaux, voire certains individus.

Le bilan minéral fait la différence entre l'offre et la demande d'éléments minéraux à l'hectare compte tenu, d'une part, des apports en engrais chimiques par culture et par hectare déclarés par le producteur, ainsi que de l'apport de fumure organique et, d'autre part, des besoins des cultures calculés par le modèle (28). La fumure organique peut être de deux types : de la poudrette de parc ou du fumier. La production de fumure est calculée par le modèle en fonction des déjections produites par les animaux (15), des refus des stocks fourragers et des ordures ménagères de la famille (34, 37). Le fumier est épandu prioritairement sur la sole de maïs, le reliquat étant épandu sur les soles de coton puis de sorgho.

Le lait vendu correspond à la production de lait calculée par le modèle en fonction de données d'enquêtes sur les quantités traitées, autoconsommées et, par différence, vendues. Les ventes d'animaux sont déclarées par le producteur. Ces données sont introduites en « entrées » dans le modèle.

Le revenu est calculé en faisant la différence entre les productions végétales et animales vendues et les coûts estimés de main d'œuvre salariée, les achats d'animaux, d'intrants chimiques, les frais vétérinaires, d'aliment du bétail et de sel. Les dépenses sont enregistrées sur déclaration des producteurs. Le détail des calculs est présenté dans Andrieu et coll. (2).

Principaux choix de modélisation ou de simplification

Afin de disposer d'un outil capable de simuler une large gamme de situations et opérationnel sur le terrain, c'est-à-dire rapide à développer, utilisable par des conseillers et peu exigeant en données d'entrées, quatre principaux choix ont été réalisés.

Le premier choix consiste à ne pas modéliser le processus de décision du producteur. En revanche, les actions résultant de ce processus de décision constituent des entrées du modèle. Elles sont relatives à l'assolement, aux achats et ventes d'animaux, à la part des résidus de culture récoltée, à la valorisation de la matière organique et aux apports d'engrais.

Dans le deuxième choix, les processus biophysiques sont modélisés par des calculs simplifiés. Par exemple, la production de veaux dans l'année est fonction de l'effectif des vaches propre à chaque exploitation et de paramètres zootechniques déduits de référentiels régionaux (19) : intervalle entre deux vêlages, taux de prolificité et taux de mortalité à la naissance. De même, les besoins alimentaires pour l'entretien des animaux, la production de viande et la production de lait sont évalués à partir de normes directement issues de manuels, et/ou adaptées par les techniciens et les producteurs (12). Le fumier de fosse est considéré comme moins riche en azote que la poudrette de parc (22), sans tenir compte d'éventuelles différences de gestion du processus de production de fumure entre

producteurs. Pour chaque type d'année climatique, la valeur des paramètres relatifs à la production des cultures ou à la mortalité des animaux a été spécifiée (5, 19, 31) au lieu de recourir à des modèles de réponse de ces paramètres aux variations de la pluviométrie.

Dans le troisième choix, les prix des intrants et produits sont des paramètres constants du modèle du fait de la difficulté des producteurs à se rappeler de leur prix en l'absence de registres. Cela ne signifie pas qu'ils ne peuvent pas être modifiés, mais ils ne sont pas accessibles depuis l'interface où sont renseignées les entrées.

Dans le quatrième et dernier choix, pour simplifier le modèle relatif à l'alimentation fourragère des animaux, les auteurs considèrent que les ressources hors exploitation (transhumance, vaine pâture) couvrent les besoins des animaux durant la saison des pluies et la saison sèche froide, et que les stocks fourragers réalisés par le producteur à partir des cultures fourragères ou des résidus de culture ne sont utilisés que durant la saison sèche chaude. Aussi, pour analyser le niveau de couverture des besoins fourragers par les stocks réalisés, le bilan fourrager a été calculé durant cette période en ne considérant que l'offre fourragère permise par les stocks réalisés. L'expression du bilan fourrager en unités fourragères ou en matières azotées digestibles n'étant pas parlante pour le producteur, le déficit fourrager a été caractérisé par le nombre de sacs de tourteau qu'il est nécessaire d'acheter pour compléter les fourrages stockés : cette complémentation est quantitative du fait du manque de fourrage, et surtout qualitative, les pailles et autres fourrages de fin de saison sèche étant dépourvus de matières azotées digestibles.

Scénarios simulés

Deux scénarios ont été testés avec le modèle : un scénario 0 de référence correspondant aux caractéristiques structurelles de l'exploitation et pratiques conventionnelles de sept producteurs, sans embouche bovine pour quatre d'entre eux ; un scénario 1 correspondant à l'introduction de l'activité d'embouche chez quatre d'entre eux ou à la modification de la conduite de cette activité chez les trois autres (2008-09). Les données pour construire ces scénarios ont été recueillies par enquête individuelle.

Le tableau I présente les principales caractéristiques de ces scénarios pour chacun des producteurs. Ces scénarios diffèrent d'un producteur à l'autre en fonction des objectifs assignés à l'embouche, de son expérience et des caractéristiques structurelles de son exploitation. On constate par exemple que les deux plus grands ateliers d'embouche (32 et 75 animaux) sont détenus par les deux plus grandes exploitations les mieux dotées en surface, en main d'œuvre familiale et probablement en capacité d'investissement. Cette activité y est antérieure à l'étude.

Le scénario 1 se caractérise chez six des sept producteurs par une augmentation des quantités de pailles récoltées. Chez cinq d'entre eux une sole de cultures fourragères a été introduite et chez un sixième cultivant déjà des fourrages la surface a été quadruplée. Par conséquent, les capacités de stockage des fourrages ont été augmentées chez tous les producteurs. Pour ce scénario 1, les producteurs ont décrit leur gestion des déjections animales sur les aires de parcage nocturne ou pour produire du fumier. Cette information est signalée en entrée dans le modèle. Le scénario 1 se caractérise aussi par l'augmentation des coûts de main d'œuvre, des frais vétérinaires, des achats de sel, du fait de l'introduction de l'atelier d'embouche.

Les variations de prix des différents intrants et produits n'ont pas été prises en compte pour les deux scénarios. Ces scénarios ont ensuite été simulés et comparés sur la base des principales sorties du modèle : le bilan minéral, le nombre de sacs de tourteau à acheter

Tableau I
Données d'entrées des deux scénarios pour les sept producteurs

	Expl. 1		Expl. 2		Expl. 3		Expl. 4		Expl. 5		Expl. 6		Expl. 7	
	Sc. 0	Sc. 1	Sc. 0	Sc. 1	Sc. 0	Sc. 1	Sc. 0	Sc. 1	Sc. 0	Sc. 1	Sc. 0	Sc. 1	Sc. 0	Sc. 1
Taille de la famille	50	50	9	9	17	17	6	6	30	30	50	50	5	5
Nb. actifs	20	20	2	2	5	5	2	2	5	5	11	11	2	2
Capacité de stockage des fourrages (t)	20	46,5	1,05	7,8	2,4	6,5	1	1,6	0,6	2,1	3,6	13,3	0,6	1,3
Surface totale cultivée (ha)	43	43	1,75	1,75	5,5	5,5	4	4	25	25	41	41	1	1
Surface de maïs (ha)	30	30	1	1	3	3	1,5	1,5	12	12	13	13	1	0,5
Surface de sorgho (ha)	10	10	0,5	0,5	1,5	1,5	0	0	0,12	0,12	2,5	1,5	0	0,5
Surface de niébé (ha)	2,5	2	0,55	0,35	1	0,75	0	0	0	0	13,5	13,5	0	0
Surface culture fourragère (ha)	0	0,5	0	0,25	0,25	1	0	0,25	0	0,5	0	1	0	0
% résidus de maïs récoltés	0	25	50	75	25	50	25	75	0	25	0	0	25	100
Nb. BT au début de l'hivernage	16	16	2	2	4	4	3	3	12	12	6	6	2	2
Nb. BE au début de l'hivernage	95	100	22	24	78	80	0	0	86	88	27	29	14	15
Nb. PR au début de l'hivernage	75	80	14	17	18	20	18	21	13	15	0	0	5	5
Nb. B emb au début de l'hivernage	0	35	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Achat B emb en début de SSC	10	40	0	3	2	2	0	2	8	32	0	2	0	10
Vente B emb en fin de SSC	10	75	0	5	2	3	0	2	8	32	0	2	0	10
Nb. B emb rationné en SSC	10	75	0	5	2	3	0	2	8	32	0	2	0	10
Dépenses main d'œuvre extérieure (FCFA)	0	0	0	0	315 000	360 000	19 000	25 000	306 000	400 000	80 000	100 000	7 500	10 000
Frais vétérinaires + frais de sel (FCFA)	229 900	305 500	45 600	57 000	159 600	165 300	5 700	9 500	195 700	250 800	62 700	70 300	30 400	36 100

Expl. : exploitation ; Sc. : scénario ; BT : bovin de trait ; BE : bovin d'élevage ; B emb : bovin d'emboche ; PR : petit ruminant ; SSC : saison sèche chaude

en cas de déficit fourrager, le revenu de l'exploitation et cela, pour les trois types d'années climatiques. Des entretiens individuels ont été menés avec les producteurs pour analyser les sorties du modèle et recueillir leur perception sur l'intérêt du modèle comme outil d'aide à la décision.

Suivi ex post des pratiques d'embouche

Les sept exploitations ont été suivies entre 2008 et 2012 pour déterminer si l'utilisation du modèle dans le cadre de cette RAP avait contribué à initier un processus d'innovation chez ces producteurs. Deux indicateurs ont été suivis : le nombre d'animaux embouchés chaque année et les surfaces de cultures fourragères pour chaque année.

RESULTATS

Sorties des scénarios simulés par le modèle

La figure 3 montre que la mise en œuvre du scénario 1 conduit à des achats de tourteau chez cinq des sept producteurs. Chez ces producteurs, le nombre de sacs de tourteau de coton achetés par animal a été d'autant plus important que l'année climatique simulée a été défavorable. Le plus fort déficit fourrager a été observé chez le producteur 7 qui a fait le choix pour ce scénario de ne pas cultiver de fourrage mais plutôt de ramasser l'ensemble de ses résidus de culture. Sa surface en céréales étant faible, la quantité de paille produite et récoltée

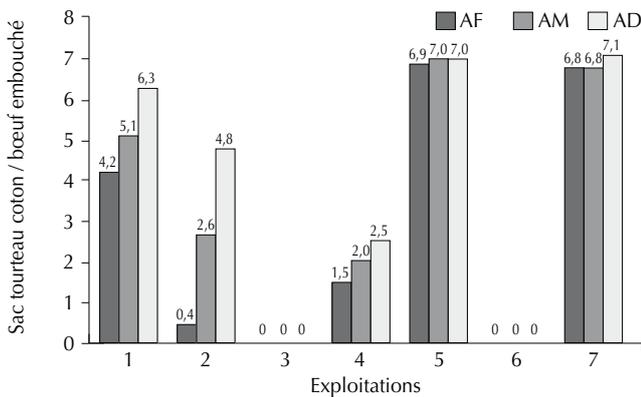


Figure 3 : nombre de sacs de tourteau de coton achetés par bœuf embouché pour le scénario 1. AF : année favorable ; AM : année moyenne ; AD : année défavorable.

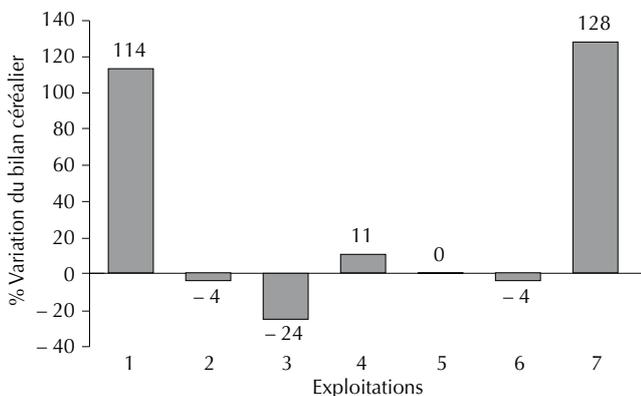


Figure 5 : variation du bilan céréalier (quantité de céréales produites - quantité autoconsommée) entre les scénarios 0 et 1 pour une année climatique favorable.

n'a pas permis de répondre aux besoins fourragers des 10 animaux prévus pour l'embouche. Chez les producteurs 3 et 6, les achats de tourteau ont été nuls car les stocks fourragers ont permis de couvrir les besoins des animaux embouchés quel qu'ait été le type d'année climatique, ces producteurs ayant en effet les ratios « surface fourragère par animal embouché » les plus élevés des sept producteurs.

L'activité d'embouche s'est aussi traduite par une augmentation de la production de fumure organique chez tous les producteurs. Cependant, la figure 4 montre que dans le scénario 1, la fumure produite a été plus faible en azote chez quatre des sept producteurs compte tenu du mode de gestion de la fumure animale (fumier plutôt que poudrette). La variation des bilans en phosphore et potassium entre les scénarios 0 et 1 a été positive chez tous les producteurs (figure 4).

La variation du bilan céréalier entre les scénarios 0 et 1 a été positive chez trois producteurs (figure 5), nulle chez un producteur et négative chez les trois autres. Ces variations étaient en lien avec les résultats observés sur les bilans azotés. Les variations négatives étaient aussi dues à une diminution de la surface en céréales pour les producteurs 3 et 6 en faveur de la culture fourragère. Chez le producteur 7, l'azote n'étant pas un facteur limitant pour la production de grain, la baisse du bilan azoté n'a pas eu de conséquence négative sur le bilan céréalier.

La figure 6 montre une variation positive du revenu lorsque l'on passe du scénario 0 au scénario 1 chez l'ensemble des sept producteurs. Les variations les plus importantes ont été observées chez le producteur 2 pour qui les achats de tourteau par animal embouché

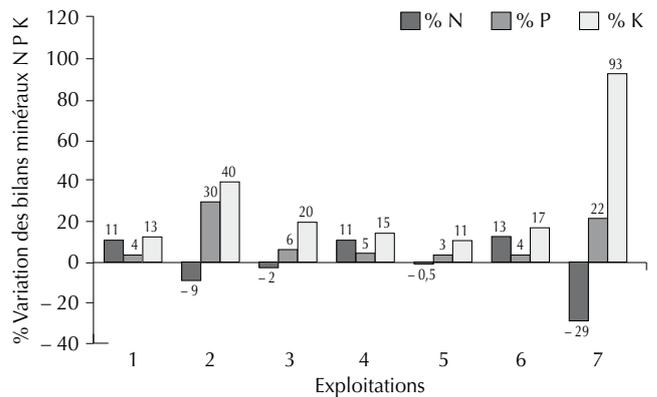


Figure 4 : variation des bilans minéraux N, P et K sur la culture de maïs entre les scénarios 0 et 1 pour une année climatique favorable.

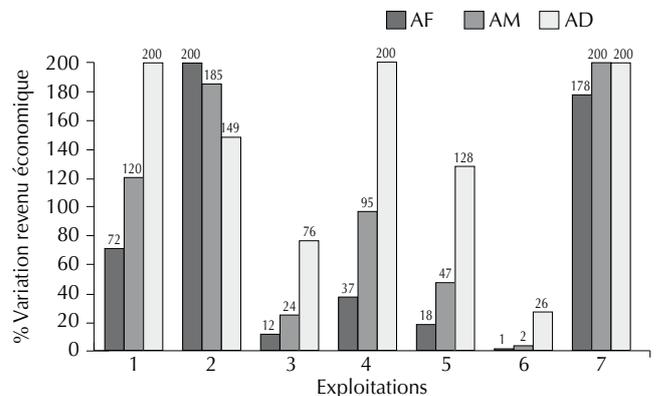


Figure 6 : variation du solde économique entre les scénarios 0 et 1. AF : année favorable ; AM : année moyenne ; AD : année défavorable.

étaient faibles et le nombre d'animaux embouchés relativement élevé. Chez le producteur 7, malgré des achats importants de tourteau par animal embouché, le nombre élevé d'animaux embouchés ainsi que l'amélioration du bilan céréalier se sont traduits également par une forte variation positive du revenu. Pour six de ces sept exploitations on constate que, malgré des achats plus importants de tourteau de coton, l'effet positif de l'embouche bovine sur le revenu a été particulièrement marqué en année climatique défavorable puisqu'il s'agissait d'une activité moins sensible que les cultures (céréales en particulier) à la pluviométrie. Ainsi, le modèle a illustré pour l'ensemble des producteurs comment l'introduction d'un atelier d'embouche, son renforcement pour ceux pratiquant déjà cette activité, permettait d'améliorer leur revenu mais surtout d'améliorer leur capacité à faire face aux aléas climatiques.

Perception des simulations par les exploitations pratiquant l'embouche bovine

La figure 7 illustre les types de réaction des producteurs après analyse des sorties du modèle dans leur ensemble. Ces réactions se sont focalisées sur les bilans fourragers et économiques virtuels calculés par le modèle. Elles ont différé d'un exploitant à l'autre et ont semblé être fonction de leur expérience dans la pratique de l'embouche et de leur objectif d'intégration agriculture élevage. Ainsi, deux parmi

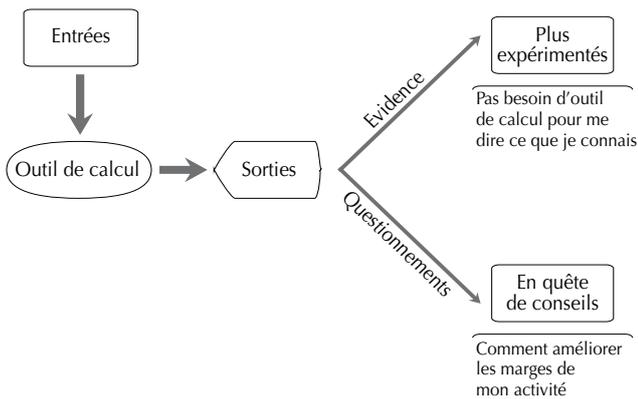


Figure 7 : schéma des perceptions des exploitants sur l'outil de calcul.

les plus expérimentés en embouche (producteurs 1 et 3) ont considéré que le modèle ne leur avait pas apporté de nouvelles informations pouvant infléchir leurs pratiques habituelles. En effet, ces producteurs étaient aussi parmi les trois producteurs ayant les plus gros troupeaux (80 à 100 têtes). Leurs attentes étaient plutôt orientées vers l'amélioration génétique des animaux et l'accès au crédit.

En revanche, les autres producteurs étaient en quête de conseil. Le producteur 5 disposait, comme les producteurs 1 et 3, d'environ cinq années d'expérience en embouche mais, contrairement à eux, il avait suivi une formation en conseil de gestion et avait reconnu en Cikedu un outil pertinent pour l'aider à améliorer l'intégration agriculture élevage au sein de son exploitation via l'embouche. Les autres producteurs étaient à la fois plus jeunes et plus novices dans la pratique de l'embouche bovine. Les questions étaient d'ordre technique et économique. Elles visaient surtout à comprendre les écarts entre les données simulées par le modèle et les résultats de production. Elles portaient aussi sur la prévision des charges opérationnelles liées à l'élevage pour différents effectifs de bœufs d'embouche. Pour ce groupe de producteurs, le bien-fondé du modèle résidait dans le fait qu'il permettait d'évaluer à court terme les effets de choix d'activités agricoles et/ou pastorales sur les performances techniques et économiques de leur exploitation en fonction des conditions climatiques et économiques (coût des intrants, prix des animaux achetés maigres et vendus gras).

Tests en milieu paysan et adoption des pratiques d'embouche

Le tableau II présente les pratiques réelles des exploitations en 2008 et celles mises en œuvre de 2009 à 2012, les simulations ayant eu lieu en 2009. En 2008, l'embouche était pratiquée par trois des sept producteurs de l'échantillon de l'étude et les cultures fourragères chez seulement un producteur (tableau II). Après les simulations, une pratique effective de l'embouche bovine a été relevée chez les sept producteurs. L'effectif d'animaux d'embouche a atteint un pic en 2009 du fait en particulier de deux des sept producteurs pratiquant déjà l'embouche avant le début du projet et qui ont choisi cette année-là de commercialiser leurs animaux sur le marché ivoirien pour répondre à une forte demande. Cette pratique a continué en 2010 chez les sept producteurs mais avec une tendance à la diminution du nombre de bœufs d'embouche. Deux producteurs ont augmenté la surface de culture en *Mucuna* en 2010. En 2011 et 2012,

Tableau II
Pratiques réelles de l'embouche bovine des sept exploitations de 2008 à 2012

		Exploitations						
		1	2	3	4	5	6	7
2008	Animaux embouchés	10	0	2	0	8	0	0
	et surfaces fourragères (ha)	0	0	0,25	0	0	0	0
2009	Animaux embouchés	75	5	3	2	32	2	10
	et surfaces fourragères (ha)	0,5	0,25	1	0,25	0,5	1	0
2010	Animaux embouchés	54	3	2	3	8	2	4
	et surfaces fourragères (ha)	0,5	0,5	1	0,25	0	6,75	0
2011	Animaux embouchés	0	2	4	0	5	10	4
	et surfaces fourragères (ha)	0	0,5	1	0	0,5	3	0
2012	Animaux embouchés	2	2	9	0	0	2	5
	et surfaces fourragères (ha)	0,5	0,25	1	0	0,5	3	0

des abandons de cette activité, qualifiés de ponctuels car liés à des problèmes de main d'œuvre et de trésorerie, ont été constatés chez trois producteurs (1, 4 et 5).

■ DISCUSSION

Intérêt de la modélisation dans la démarche de recherche action en partenariat

Cette étude analyse l'intérêt d'associer la modélisation et l'expérimentation en vraie grandeur dans le cadre d'une RAP pour faciliter l'adoption de nouvelles activités et de changements techniques par les producteurs. Pour Prost (29), les modèles sont des outils rapides et puissants d'exploration et d'évaluation, capables d'intégrer plusieurs phénomènes et interactions afin de décrire une partie de la réalité. Ils restent toutefois encore largement des outils de recherche (23, 41). L'étude présentée ici s'apparente aux approches développées par Casagrande et coll. (11), même si ces derniers utilisent la modélisation pour générer des combinaisons optimales qui sont ensuite expérimentées. Dans la présente étude, les combinaisons à expérimenter sur le terrain ont été définies avec les producteurs eux-mêmes.

Les résultats de simulation montrent que l'introduction d'un atelier d'embouche permet de sécuriser le revenu en cas d'année climatique défavorable. Cette décision nécessite une analyse globale de l'exploitation pour dimensionner la sole fourragère sans impacter négativement sur le bilan céréalier des ménages. En effet, la substitution d'une partie des surfaces en cultures vivrières par des cultures fourragères peut être compensée par un gain de productivité grâce à la fumure animale mais il faut l'évaluer. Pour cela, l'utilisation d'un modèle à l'échelle de l'exploitation s'est avérée pertinente pour analyser les interactions entre systèmes de culture et d'élevage. Les processus biophysiques du modèle étant simplifiés, l'intérêt du modèle réside davantage dans l'analyse comparative des tendances entre scénarios que dans l'analyse fine des sorties. En d'autres termes, l'objectif est d'analyser si un scénario alternatif a tendance à améliorer les différents bilans plutôt que de procéder à une analyse fine de la valeur prise par ce bilan. L'utilisateur du modèle, ici le chercheur, dans son interaction avec le producteur veille alors à commenter les tendances plutôt que la valeur précise de telle ou telle sortie, l'enjeu n'étant pas de faire de la prédiction mais de faciliter un processus de discussion autour de choix techniques. En outre, les producteurs ont largement été mobilisés dans le processus de construction du modèle (2) et en connaissent les principales simplifications. Ils sont par conséquent à l'aise pour remettre en cause la validité ou l'intérêt des sorties des simulations.

Bien que menée sur un échantillon réduit d'exploitations aux structures contrastées, cette étude montre que la démarche de recherche action assistée par la modélisation a répondu aux attentes des producteurs en quête de conseil. En outre, pour trois des quatre producteurs novices dans l'activité d'embouche, elle a favorisé l'adoption de la modélisation et de l'expérimentation de terrain sur les changements de pratiques observés. Néanmoins, l'utilisation du modèle a constitué une plus-value dans cette démarche pour ces producteurs en quête de conseil. Elle leur a permis d'analyser la faisabilité de différentes options techniques couramment promues par l'encadrement agricole dans les systèmes mixtes agriculture élevage : augmentation des capacités de stockage de sous-produits de récoltes, cultures fourragères, embouche bovine, fumure animale, et de les situer au sein du fonctionnement global du système de production avant de les expérimenter en vraie grandeur. L'expérimentation en vraie grandeur a vraisemblablement joué un rôle spécifique pour permettre au producteur de s'approprier les techniques d'embouche et pour évaluer les conditions de leur application par des critères non analysés par le

modèle mais décisifs. Ces critères sont particulièrement mis en avant par les producteurs ayant de l'expérience. Il s'agit, par exemple, de la disponibilité en main d'œuvre, du temps de travail, de la pénibilité, des moyens de transport.

L'utilisation du modèle de simulation a ainsi permis d'explorer les effets d'un scénario défini en réponse à un problème concrètement posé par le producteur et a fourni une aide à la réflexion prospective sur des modifications décisionnelles (35).

Perspectives d'évolution de la démarche

Pour mieux intégrer la modélisation dans un processus de coconception de l'innovation, plusieurs pistes pourraient être explorées.

La première piste serait de construire de façon itérative différents scénarios avec le producteur. En effet, dans cette étude le scénario innovant a été comparé à un scénario de référence mais on peut imaginer construire une plus grande gamme de scénarios pour tester différentes modalités de mise en œuvre de l'innovation, les résultats du premier scénario permettant d'améliorer la définition du scénario suivant.

La deuxième piste serait d'évaluer les seuils de risque économique de cette activité en faisant varier les prix des animaux d'embouche, du tourteau et des engrais et en analysant les effets sur les marges générées.

La troisième piste serait d'intégrer au fil de la campagne les nouvelles informations techniques et économiques accessibles aux producteurs et susceptibles d'infléchir les performances de l'embouche. Cela permettrait de prendre en compte les variations saisonnières des questionnements et projets des producteurs en fonction de celles du contexte. Au plan strict de l'étude, cela permettrait d'augmenter le nombre des scénarios.

La quatrième piste serait de comparer Cikeda à d'autres types de modèles à l'échelle de l'exploitation, tels que des modèles d'optimisation ou des modèles de simulation sur des longs pas de temps. Ces modèles permettent de porter un regard différent sur les effets des changements opérés au sein de l'exploitation (32). Les modèles d'optimisation permettent de situer le projet de transformation du producteur par rapport à un scénario optimal (9, 11, 17). Les modèles de simulation sur des pas de temps long permettent d'analyser la durabilité du système de production (4). Si cette étude montre l'intérêt pour les acteurs de ce type de démarche, une question importante à traiter est celle du transfert de la démarche aux acteurs du développement. Cela implique une recherche axée sur les services d'accompagnement aux producteurs afin d'identifier en premier lieu le type de structure de développement à même de développer ce type de démarche de RAP et de disposer des ressources financières pour équiper les conseillers chargés de manipuler les modèles. Cela implique également que ces acteurs participent à la construction ou à l'adaptation des modèles et que les utilisateurs potentiels des modèles soient formés à l'analyse des sorties.

■ CONCLUSION

Cette étude a permis d'analyser l'intérêt d'un modèle de simulation à l'échelle de l'exploitation comme support de discussion entre les chercheurs et les acteurs de terrain dans une démarche de RAP visant à coconcevoir des innovations agropastorales. A ce stade de mise au point, cette démarche, en l'état, ne répond pas aux besoins d'agriculteurs déjà expérimentés en embouche bovine et plutôt intéressés par l'amélioration génétique des animaux et l'accès au crédit. Il conviendrait d'analyser leur intérêt pour les pistes de recherche identifiées ci-dessus pour faire évoluer la démarche.

En revanche, les producteurs s'interrogeant sur l'opportunité de développer une activité d'embouche et en quête de conseil, notamment pour améliorer l'alimentation des bœufs, ont déjà trouvé ce modèle pertinent. Il peut les aider à analyser *ex ante* les effets de leurs choix techniques sur les performances de l'exploitation. Six des sept producteurs qui ont participé à la démarche poursuivent d'ailleurs l'activité d'embouche après l'avoir expérimentée durant la saison sèche de 2009.

Au regard des résultats obtenus, il conviendrait d'approfondir la perspective du transfert de la démarche aux structures de développement pour la conception de stratégies de production innovantes à plus large échelle et aussi pour enrichir avec elles des processus couplés de modélisation - expérimentations pour des changements techniques qu'elles préconisent.

Remerciements

Cette recherche a été financée par le programme Corus du ministère français des Affaires étrangères. Les auteurs remercient les producteurs des villages de Koumbia et de Kourouma qui ont participé à l'étude ainsi que les relecteurs de la revue pour leurs conseils avisés.

BIBLIOGRAPHIE

1. ACOCK B., PACHEPSKY Y.A., MIRONENKO E.V., WHISLER F.D., REDDY V.R., 1999. GUICS: a generic interface for on-farm crop simulations. *Agron. J.*, **91**: 657-665.
2. ANDRIEU N., DUGUE P., LE GAL P.Y., RUEFF M., SCHALLER N., SEMPORE A., 2012. Validating a whole farm modelling with stakeholders: Evidence from a West African case. *J. Agric. Sci.*, **4**: 159-173.
3. ANDRIEU N., DUGUE P., LE GAL P.Y., SCHALLER N., 2009. Modéliser le fonctionnement d'exploitations agricoles de polyculture élevage pour une démarche de conseil. Cas de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. In : colloque Savanes africaines en développement, innover pour durer, Garoua, Cameroun, 20-24 avr. 2009, 12 p.
4. ANDRIEU N., NOGUEIRA D.M., 2010. Modeling biomass flows at the farm level: A discussion support tool for farmers. *Agron. sustain. Dev.*, **30**: 505-513.
5. BASTIANELLI D., BLANFORT V., GUERIN H., HUGUENIN J., ICKOWICZ A., KLEIN H.D., LECOMTE P., LHOSTE P., RIPPSTEIN G., 2002. Le diagnostic des systèmes d'alimentation. In : Memento de l'agronome. Montpellier, France, Cirad, p. 1267-1300.
6. BECU N., NEEF A., SCHREINEMACHERS P., SANGKAPITUX C., 2008. Participatory computer simulation to support collective decision-making: Potential and limits of stakeholder involvement. *Land Use Policy*, **25**: 495-509.
7. BOURZAT D., BONKOUNGOU E., RICHARD D., SANFO R., 1987. Essais d'intensification de la production animale en zone sahélo-soudanienne : alimentation intensive de jeunes ovins dans le Nord du Burkina. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **40** : 151-156.
8. BUYSSE J., VAN HUYLENBROECK G., VANSLEMBROUCK I., VANROLLEGHEM P., 2005. Simulating the influence of management decisions on the nutrient balance of dairy farms. *Agric. Syst.*, **86**: 333-348.
9. BYRNE F., ROBERTSON M.J., BATHGATE A., HOQUE Z., 2010. Factors influencing potential scale of adoption of a perennial pasture in a mixed crop-livestock farming system. *Agric. Syst.*, **103**: 453-462.
10. CARBERRY P.S., HOCHMAN Z., MCCOWN R.L., DALGLIESH N., FOALE M.A., POULTON P.L., HARGREAVES J.N.G., HARGREAVES D.M.G., CAWTHRAY S., HILLCOAT N., ROBERTSON M.J., 2002. The FARMSCAPE approach to decision support: farmers', advisers', researchers' monitoring, simulation, communication and performance evaluation. *Agric. Syst.*, **74**: 141-177.
11. CASAGRANDE M., DOGLIOTTI S., GROOT J., AGUERRE V., ABBAS A., ALBIN A., CLAASSEN F., CHILIBROSTE P., ROSSING W., 2010. Exploring options for sustainable farming systems development for vegetable family farmers in Uruguay using a modeling toolkit. In: 9th Eur. IFSA Symp., Vienna, Austria, 4-7 July 2010, p. 463-469.
12. CENTRE AGRO-ENTREPRISE, 2000. Manuel des bonnes pratiques pour l'alimentation du bétail et de la volaille. Alimentation du troupeau laitier. Bamako, Mali, Centre agro-entreprise 54 p.
13. CHAWATAMA S., NDLOVU L.R., RICHARDSON F.D., MHLANGA F., DZAMA K., 2003. A simulation model of draught animal power in smallholder farming systems: Context and structural overview. *Agric. Syst.*, **76**: 415-440.
14. CHIA E., 2004. Principes, méthodes de la recherche en partenariat. Une proposition pour la traction animale. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **57** : 233-240.
15. CIRAD, 2002. Mémento de l'agronome. Montpellier, Cirad, France, 1692 p.
16. DARE W., AUBERT S., BAH A., BOTTA A., DIOP-GAY I., FOURAGE C., LAJOIE G., LECLERC G., 2008. Difficultés de la participation en recherche action : retour d'expériences de modélisation d'accompagnement en appui à l'aménagement du territoire au Sénégal et à la Réunion. *Vertigo*, **8** : 1-15.
17. DE WIT C.T., VAN KEULEN H., SELIGMAN N.G., SPHARIM I., 1988. Application of interactive multiple goal programming techniques for analysis and planning of regional agricultural development. *Agric. Syst.*, **26**: 211-230.
18. FAO, 2002. Agriculture, alimentation et nutrition en Afrique. Un ouvrage de référence à l'usage des professeurs d'agriculture. Rome, Italie, FAO.
19. INERA, CIRDES, 1997. Etude des systèmes d'élevage de la zone de Sidéradougou. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Inera, Cirdes, 60 p.
20. JALLAS E., CRETENET M., SEQUEIRA R., TURNER S., GERARDEAUX E., MARTIN P., JEAN J., CLOUVEL P., 1999. Cotons, une nouvelle génération de modèles de simulation des cultures. *Agric. Dév.*, **22** : 35-46.
21. KEATING B.A., MCCOWN R.L., 2001. Advances in farming systems analysis and intervention. *Agric. Syst.*, **70**: 555-579.
22. LANDAIS E., LHOSTE P., 1990. L'association agriculture - élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités du terrain. *Cah. Sci. Hum.*, **26** : 217-235.
23. LE GAL P.Y., MEROT A., MOULIN C.H., NAVARRETE M., WERY J., 2010. A modelling framework to support farmers in designing innovative agricultural production systems. *Environ. Model. Softw.*, **25**: 258-268.
24. LHOSTE P., 1988. Etude de l'élevage dans le développement des zones cotonnières. Elevage et relation agriculture-élevage: situation et perspectives. Maisons-Alfort, France, Cirad-lemvt, 77 p.
25. LIU M., 1997. Fondements et pratiques de la recherche action. Paris, France, L'Harmattan, 351 p.
26. MARTIN G., FELTEN B., DURU M., 2011. Forage rummy: A game to support the participatory design of adapted livestock systems. *Environ. Model. Softw.*, **26**: 1442-1453.
27. PETERS P.E., 2004. Inequality and social conflict over land in Africa. *J. Agrar. Change*, **4**: 269-314.
28. PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Montpellier, France, Cirad, 444 p.
29. PROST L., 2008. Modéliser en agronomie et concevoir des outils en interaction avec des futures utilisateurs : le cas de la modélisation des interactions génotype-environnement et de l'outil Diagvar. Paris, France, AgroParisTech, 348 p.
30. RITZEMA H., FROEBRICH J., RAJU R., SREENIVAS C., KSELIK R., 2010. Using participatory modelling to compensate for data scarcity in environmental planning: A case study from India. *Environ. Model. Softw.*, **25**: 1450-1458.
31. SANGARE M., 2006. Synthèse des résultats acquis sur l'élevage des petits ruminants dans les systèmes de production animale d'Afrique de l'Ouest. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, Cirdes-Urpan, 165 p.
32. SEMPORE A.W., ANDRIEU N., CHIA E., DUGUE P., LE GAL P.Y., OUEDRAOGO M., SANKARA E., VALL E., 2011. Analyse croisée de l'impact d'innovations à partir de trois modèles d'exploitations en zone de savane de l'Ouest du Burkina Faso. Agronomie et Ecosystème. In : Actes atelier Corus et Aires-Sud, Antananarivo, Madagascar, 21-25 mars 2011, 8 p.
33. SEMPORE A.W., ANDRIEU N., SEDOGO M.P., 2010. Validation d'un modèle de simulation du fonctionnement de l'exploitation coton-céréales-élevage dans l'ouest du Burkina Faso. Quelle agriculture pour un développement durable de l'Afrique ? Ouagadougou, Burkina Faso, 6-8 déc. 2010, p. 740-752.

34. SEREME A., MAY P., 2008. Valorisation agricole des ordures ménagères en zone soudano-sahélienne : cas de la ville de Bobo-Dioulasso. *J. Sci.*, **8** : 28-36.
35. STERK B., VAN ITTERSUM M.K., LEEUWIS C., ROSSING W.A.H., VAN KEULEN H., VAN DE VEN G.W.J., 2006. Finding niches for whole-farm design models-contradictio in terminis? *Agric. Syst.*, **87**: 211-228.
36. SUMBERG J., 1998. Mixed farming in Africa: the search for order, the search for sustainability. *Land Use Policy*, **15**: 293-317.
37. TINI A., 2003. La gestion des déchets solides ménagers à Niamey au Niger : essai pour une stratégie de gestion durable. Lyon, France, INSA, 302 p.
38. VALL E., CHIA E., ANDRIEU N., BAYALA I., 2008. Role of partnership and experimentation for the co-design of sustainable innovations: The case of the West of Burkina Faso. In: 8th Eur. IFSA Symp. Empowerment of the rural actors, A renewal of farming systems perspectives, Clermont-Ferrand, France, 6-10 July 2008, 3 p.
39. VALL E., DIALLO M.A., 2009. Savoirs techniques locaux et pratiques : la conduite des troupeaux aux pâturages (Ouest du Burkina Faso). *Nat. Sci. Soc.*, **17** : 122-135.
40. VALL E., DUGUE P., BLANCHARD M., 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cah. Agric.*, **15** : 72-79.
41. VAN ITTERSUM M.K., DONATELLI M., 2003. Modelling cropping systems. Highlights of the symposium and preface to the special issues. *Eur. J. Agron.*, **18**: 187-197.
42. VAN WIJK M.T., TITTONELL P., RUFINO M.C., HERRERO M., PACINI C., DE RIDDER N., GILLER K.E., 2009. Identifying key entry-points for strategic management of smallholder farming systems in sub-Saharan Africa using the dynamic farm-scale simulation model Nuances-Farmsim. *Agric. Syst.*, **102**: 89-101.
43. VINCK D., 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. *Rev. fr. Soc.*, **40** : 385-414.
44. YOUL S., BARBIER B., MOULIN C.H., MANLAY R.J., BOTONI E., MASSE D., HIEN V., FELLER C., 2007. Modélisation empirique des principaux déterminants socioéconomiques de la gestion des exploitations agricoles au Sud-ouest du Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **12**: 9-21.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Sempore A.W., Andrieu N., Bayala I. Codesign of agropastoral innovations through a model at farm scale. Case of cattle fattening

In agropastoral areas of West Africa, some farmers aim to intensify their farming systems. Action research in partnership (ARP) methods may support these changes through the use of modeling tools. The objective of this article was to analyze the relevance of the use of a simulation model at farm scale within an ARP framework to codesign agropastoral innovations. The study was conducted in Koumbia and Kourouma villages located in the west of Burkina Faso. The article analyzes results obtained by seven farmers who aimed at developing cattle fattening. Simulations of the project were carried out and compared to a baseline scenario corresponding to the practices implemented by farmers the year before the ARP. At the same time, the technical staff of the project provided the farmers with financial support to help them improve fattening cattle feed at full scale by introducing fodder crops and improving storage fodder capacity. Interviews and follow-ups were carried out to investigate farmers' perception of the relevance of the model and to analyze their adoption of the proposed techniques. The farmers the most interested in the use of the model were those who lacked experience in cattle fattening. The model helped them assess the expected effects of this type of activity on the farm income, crop balance, and mineral crop balance. Follow-ups performed after the experimental phase showed that farmers carried on the activities simulated by the model and tested in the field. The study highlights the benefits from associating modeling with on-field experiments in order to facilitate the adoption of technical innovations by stakeholders.

Keywords: Beef cattle – Simulation model – Partnership – Innovation adoption – Diffusion of research – Farm – Burkina Faso.

Resumen

Sempore A.W., Andrieu N., Bayala I. Co-concepción de innovaciones agro pastoriles asistida por un modelo a escala de explotación agrícola. Caso del engorde bovino

En la zona agro pastoril de África del Oeste, ciertos productores siguen objetivos de intensificación de sus sistemas de producción. Los métodos de investigación-acción en asociación (IAA) pueden acompañar estas dinámicas, sobre todo movilizando instrumentos de modelización. El objetivo de este artículo es el de analizar el interés del uso de un modelo de simulación a escala de la explotación agrícola en el cuadro de un IAA, apuntando a co-concebir las innovaciones agro pastoriles. El estudio se realizó en los pueblos de Koumbia y de Kourouma, situados al oeste de Burkina Faso. Este artículo analiza los resultados obtenidos en siete explotaciones agrícolas con un proyecto de desarrollo de una actividad de engorde bovino. Las simulaciones de este proyecto se realizaron con un modelo de explotación agrícola y se compararon a un marco de referencia correspondiente a las prácticas utilizadas el año previo a su establecimiento. Paralelamente, el equipo técnico del proyecto aportó un apoyo material a los productores para permitirles el mejoramiento de la alimentación de los bueyes de engorde a escala natural mediante la introducción de cultivos forrajeros en las rotaciones y el mejoramiento de la capacidad de almacenamiento de forrajes. Se efectuaron encuestas y seguimientos para la colecta de los puntos de vista de los productores con respecto al interés del modelo y analizar la adopción de técnicas propuestas. Los productores más interesados por el uso del modelo fueron aquellos con falta de experiencia. Ellos pudieron evaluar, mediante la modelización, los efectos del engorde bovino sobre el ingreso de la explotación agrícola, el balance cerealista y el balance mineral de los cultivos. Los seguimientos llevados después de la fase de experimentación mostraron que los productores siguieron las actividades simuladas por el modelo y luego probadas en el campo. Este estudio mostró el interés de unir la modelización a los experimentos de campo con el fin de facilitar la adopción de técnicas innovadoras por parte de los actores.

Palabras clave: Ganado de carne – Modelo de simulación – Coparticipación – Adopción de innovación – Difusión de la investigación – Explotación agraria – Burkina Faso.

Comment évaluer un processus innovant ? Cas de l'amélioration quantitative et qualitative de la fumure organique au champ

M. Blanchard^{1,2*} M. Koutou² E. Vall^{1,2} S. Bognini³

Mots-clés

Fertilité du sol – Amendement organique – Engrais – Innovation – Evaluation de l'impact *ex post* – Afrique occidentale.

Résumé

La fertilité des sols de l'Afrique de l'Ouest est soumise à de fortes pressions anthropiques, avec l'augmentation démographique, l'extension des surfaces cultivées et l'abandon de la pratique de la jachère. En mobilisant une démarche de recherche action en partenariat, le projet Fertipartenaires a proposé de concevoir des innovations sur l'usage de la fumure organique, selon trois étapes : augmenter la capacité de production de fumure organique en construisant des fosses, améliorer la qualité de la production et raisonner son application au champ. Comment évaluer un processus innovant composé de plusieurs phases, inscrit à des échelles spatiales et temporelles différentes ? Comment insérer cette évaluation dans une démarche participative ? Une méthode participative d'évaluation en trois étapes a été proposée : (1) évaluation de l'effet direct de l'innovation (bilan partiel), (2) analyse des conséquences indirectes économiques, sociologiques et écologiques de l'innovation, et (3) analyse de la dynamique de l'innovation (adoption, diffusion et redéfinition). Deux modèles de production de fumure organique ont été testés : une fosse fumière installée à la concession et une fosse à compost en bord-champ. L'analyse des effets directs montre que l'usage de compost est économiquement plus avantageux que celui du fumier aux coûts d'opportunités plus élevés. Cependant, les deux modèles de production restent complémentaires et présentent tous deux un solde monétaire positif. La méthode utilisée permet de reconnaître les effets directs de l'innovation sur l'économie de production de fumure organique. Elle permet de lancer un dialogue avec les acteurs autour de l'illustration simplifiée des effets directs de l'innovation. Elle doit cependant être complétée par l'analyse des conséquences indirectes et de la dynamique de l'innovation pour considérer les dimensions non prise en compte par les bilans partiels.

INTRODUCTION

Dans les zones cotonnières de l'Afrique de l'Ouest, la problématique de la baisse de la fertilité des sols est mise en avant par la recherche agricole depuis une cinquantaine d'années. L'augmentation démographique, l'extension des surfaces cultivées et le développement de l'élevage ont provoqué une augmentation des

pressions anthropiques sur les ressources naturelles qui remettent en cause les processus reconnus d'entretien, voire de restauration de la fertilité des sols, gage de durabilité des systèmes de production (2, 17). Les zones sylvo-pastorales se réduisent. Elles ne permettent plus les transferts de fertilité du *saltus* vers l'*ager* et la mise en jachère des terres agricoles est limitée (9). La recherche-développement a conçu un ensemble de techniques favorisant l'intégration des activités agricoles et d'élevage en vue d'accroître la production de fumure organique (FO), de contribuer à l'entretien de la fertilité des sols et d'accroître les productions (14). Vulgarisées, ces techniques ont été partiellement adoptées par les paysans. Les incertitudes sur la durabilité des systèmes de production demeurent dans un contexte climatique, économique et institutionnel difficile, incertain et évolutif.

1. Cirad, UMR Selmec, Montpellier, France.

2. Cirades, URPAN, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

3. UPPC-Tuy, Houndé, Burkina Faso.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : 06 61 00 58 72

E-mail : melanie.blanchard@cirad.fr

Aujourd'hui, les producteurs de l'ouest du Burkina Faso disposent de peu d'infrastructures pour la production de fumure organique : seulement 30 p. 100 des exploitations de la province du Tuy possèdent une fosse fumièrre à la concession et 7 p. 100 une fosse à compost bord-champ (20). La production de FO s'appuie sur des techniques peu diversifiées, valorisant une faible fraction des ordures ménagères, des déjections animales et des résidus de culture produits sur l'exploitation. D'importantes pertes en biomasses sont observées car une partie des résidus de culture sont brûlés et une partie des déjections animales sont abandonnées sur les parcours (4). Les paysans ont une faible maîtrise des conditions de décomposition de ces biomasses (rapport C/N, aération, humidité ; 5). L'épandage de FO est souvent limité aux champs proches de la concession car les exploitations restent sous-équipées en moyen de transport. En effet, la moitié d'entre elles, seulement, possèdent une charrette et peuvent transporter le fumier sur les champs éloignés (20).

Face à cette situation, dans le cadre du projet Fertipartenaires (DCE, 2008-2012), nous avons coconçu avec les producteurs des innovations techniques, afin d'améliorer quantitativement et qualitativement la production de FO, et de raisonner son application au champ. Le processus innovant proposé se décline en trois composantes successives, s'inscrivant à des échelles temporelles et spatiales spécifiques :

- augmenter la capacité de production de FO en installant une fosse fumièrre à la concession * ou une fosse à compost bord-champ ;
- améliorer la qualité de la FO produite en prenant en compte les contraintes de transport des exploitations et en valorisant mieux les résidus de culture et les déjections animales disponibles dans les exploitations ;
- raisonner son application au champ.

Pour chacune de ces composantes, des modalités techniques ont été expérimentées en mobilisant une démarche de « recherche action en partenariat » (RAP) avec les paysans de la province du Tuy (ouest du Burkina Faso). Dans cette démarche, les acteurs sont impliqués à chaque étape de la recherche, depuis le diagnostic, la recherche de solutions, leur mise en œuvre et leur évaluation (7). Le projet a ainsi soutenu l'installation de 613 fosses fumièrres et 665 fosses à compost, réalisé 99 études des pratiques paysannes de production de FO et suivi 27 essais d'application raisonnée de FO au champ. L'objectif de cette étude a été d'identifier la méthode à utiliser pour évaluer, de manière participative, un processus innovant, construit avec les producteurs autour de plusieurs composantes.

L'évaluation peut être définie comme étant la collecte d'informations sur les caractéristiques et les résultats d'une action, afin d'élaborer un jugement objectif sur cette action et de lui donner une valeur selon des critères déterminés, afin d'améliorer son efficacité et de fournir des informations pour aider à la décision. Les méthodes d'évaluation divergent selon ses objectifs (16), les étapes du processus de recherche au sein desquelles elles sont utilisées (13), l'échelle de l'analyse (parcelle, exploitation, territoire, pays) et la nature des indicateurs retenus (22). Il est donc nécessaire de définir l'objectif de l'évaluation et le périmètre du système à évaluer sur lequel a eu lieu l'action.

Dans le cas particulier d'une innovation, l'évaluation vise à fournir des informations pour prévoir (évaluation *ex ante*) et diagnostiquer (évaluation *ex post*). Elle constitue un outil de pilotage et d'aide à la décision en matière notamment de changement de pratiques à encourager, d'investissement à privilégier, d'organisation sociale

* Concession : espaces et bâtiments à l'usage d'habitation, de stockage, de stabulation des animaux (bœufs de trait, vaches laitières, petits ruminants et volailles) et correspondant au siège de l'exploitation.

à promouvoir. Afin de prendre en compte les résultats technico-économiques, les perceptions des acteurs et de comprendre les processus en cours de conception, Hall et coll. (11) recommandent d'adopter des méthodes mixtes quantitatives, produisant des indicateurs chiffrés, et qualitatives, aux résultats non quantifiables.

Il s'agit ici d'évaluer l'impact direct de l'innovation sur l'économie de la production de FO, leurs conséquences indirectes sur l'économie, la société et l'environnement. Il s'agit aussi d'appréhender leur dynamique locale (adoption, diffusion, redéfinition).

La première hypothèse a été que l'on pouvait réaliser une évaluation des effets directs en définissant, pour chaque composante de l'innovation, le périmètre du système à évaluer et en comparant la pratique innovante à une pratique de référence. La seconde hypothèse a été que l'évaluation des conséquences indirectes de l'innovation sur l'économie, la société et l'environnement nécessitait une approche qualitative mais aussi participative. Selon la troisième hypothèse, il était nécessaire, pour évaluer la dynamique d'une innovation, d'enquêter sur des exploitations n'ayant pas participé à l'expérimentation (adoption spontanée) et sur le suivi des exploitations ayant participé à la démarche de RAP (expérimentation puis adoption ou redéfinition).

Dans la première partie, les différentes composantes du processus innovant relatif à l'usage de la FO ont été présentées. Dans la deuxième partie, la méthode proposée pour l'évaluation participative des impacts de l'innovation a été développée. Enfin, dans la troisième partie, cette méthode d'analyse a été appliquée aux résultats de l'expérimentation d'usage de la FO.

■ PROCESSUS INNOVANT EXPERIMENTE

Démarche de coconception de l'innovation

La démarche de coconception de l'innovation retenue s'est appuyée sur un dispositif de gouvernance gérant le partenariat entre producteurs et chercheurs : le cadre de concertation villageois (CCV) qui est construit autour de groupements de producteurs volontaires pour faire face à une problématique partagée (14). La démarche s'est appuyée sur les quatre étapes de la démarche de RAP :

- des études diagnostics pour définir la problématique que souhaitent traiter les producteurs ;
- une session de formation des acteurs et/ou un voyage d'étude sur la FO visant à explorer les voies d'améliorations possibles. Les connaissances scientifiques et les savoirs locaux sur la FO sont alors hybridés et aboutissent à la définition du protocole de l'expérimentation ;
- un cahier des charges qui recueille les engagements des acteurs pour l'expérimentation servant à la contractualisation entre chercheurs, CCV et expérimentateurs. Les expérimentations sont alors mises en œuvre ;
- une évaluation participative des options expérimentées réalisée sur les trois composantes de l'innovation étudiée, soit la construction de fosses, la production et l'utilisation de FO.

Composantes du processus innovant

Les modalités expérimentées par les producteurs sur l'usage de la FO représentent une alternative aux pratiques actuelles. Elles se fondent sur quelques grands principes :

- un modèle simple de deux fosses par exploitation avec une fosse à compost bord-champ et une fosse fumièrre à la concession ;
- une démarche de RAP qui vise une amélioration progressive des pratiques actuelles (processus itératif et innovation incrémentale) ;

– un grand nombre de producteurs expérimentent la construction de fosses, la production et l'utilisation de FO afin de comprendre les contraintes à l'adoption de l'innovation pour une diversité d'exploitations.

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

Un processus innovant correspond au processus au cours duquel un nouveau concept est adopté par un groupe social et induit un changement de pratique (1). La création de fosse à compost et fosse fumière engendre des changements de pratiques à différentes échelles spatiales et temporelles. Par exemple, une fosse peut être utilisée pendant cinq ans sans nécessiter de réparations majeures, la production de FO en fosse est un processus d'une année et l'utilisation de FO dans les champs s'évalue au cours de la saison culturale suivante. Pour que l'évaluation prenne en compte cette différence de temporalité, les bilans partiels sont réalisés à l'échelle d'une fosse et sur un pas de temps annuel, échelle unique adoptée ici pour les comparaisons.

Augmentation de la capacité de production et production améliorée de fumure organique

L'augmentation de la capacité de production de FO est recherchée en construisant des fosses à compost dans les champs éloignés du village et des fosses fumières à la concession. Installer les lieux de production de FO là où les biomasses sont disponibles permet de réduire les temps de transport et de valoriser les déjections animales et les résidus de cultures jusque-là non valorisés. Les producteurs volontaires pour l'expérimentation s'engagent à creuser des fosses de 9 m³ et à les stabiliser avec du ciment fourni par le projet.

La fosse à compost bord-champ est remplie avec des tiges de cotonnier de l'année n-1 disponibles au champ avant la mise en culture (avril, année n). Elle ne nécessite que l'apport de deux charrettes de déjections animales pour amorcer la décomposition. L'humidification du mélange est assurée par l'eau de pluie. La

production du compost s'achève par son épandage avant le labour (année n+1).

La fosse fumière à la concession est remplie progressivement avec les déjections des animaux, les refus de l'affouragement au fur et à mesure de leur disponibilité et les ordures ménagères (déchets organiques, cendres). La production s'achève par le transport du fumier au champ avant épandage et labour.

Les chercheurs et les producteurs ont formulé des propositions afin d'améliorer les pratiques de production de FO. Pour de meilleures conditions de décomposition, ils ont proposé d'ajouter aux résidus de récolte mis en fosse à compost un minimum de 20 p. 100 de déjections animales, afin d'équilibrer le rapport C/N, et ainsi de favoriser un compostage à chaud avec destruction des graines d'adventices et des germes. Le retournement du produit en fosse permettrait de réactiver la fermentation aérobie par les bactéries grâce à un apport d'oxygène (18). Enfin, l'arrosage du mélange au remplissage aurait déclenché la décomposition avant l'arrivée des pluies, mais cette modalité n'a pas été retenue par les producteurs qui ont estimé que la période de remplissage était déjà chargée en travaux agricoles. Des propositions d'amélioration supplémentaires ont été proposées à quelques paysans avec l'enrichissement des fosses au phosphate tricalcique (Burkina Phosphate®, 25 p. 100 de P₂O₅) ou l'ajout d'activateur de compost (Compost Plus®).

Application raisonnée de FO au champ

La FO produite dans chaque type de fosse a été appliquée sur des parcelles de maïs. Sur des parcelles de 0,25 ha, une moitié « test » a reçu la dose recommandée de FO de 5 t de matière sèche (MS) par hectare tous les deux ans (3), laissant la seconde moitié « témoin » non amendée. Les deux parties ont reçu la dose d'engrais minéraux préconisée par l'encadrement (150 kg/ha de NPK, 50 kg/ha d'urée).

Caractéristiques de l'échantillon

Les essais ont été conduits au cours de trois campagnes agricoles (2008-09, 2009-10 et 2010-11), dans sept villages et une commune rurale de la province du Tuy, représentative de la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso. L'échantillon d'expérimentateurs pour chaque composante du processus innovant est présenté dans le tableau I : 75 p. 100 des producteurs expérimentateurs étaient des agriculteurs pratiquant l'agriculture et disposant d'animaux de trait ; 18 p. 100 étaient des agroéleveurs combinant l'agriculture et l'élevage, et seulement 7 p. 100 étaient des éleveurs cultivant des surfaces très réduites mais disposant de grands troupeaux (20).

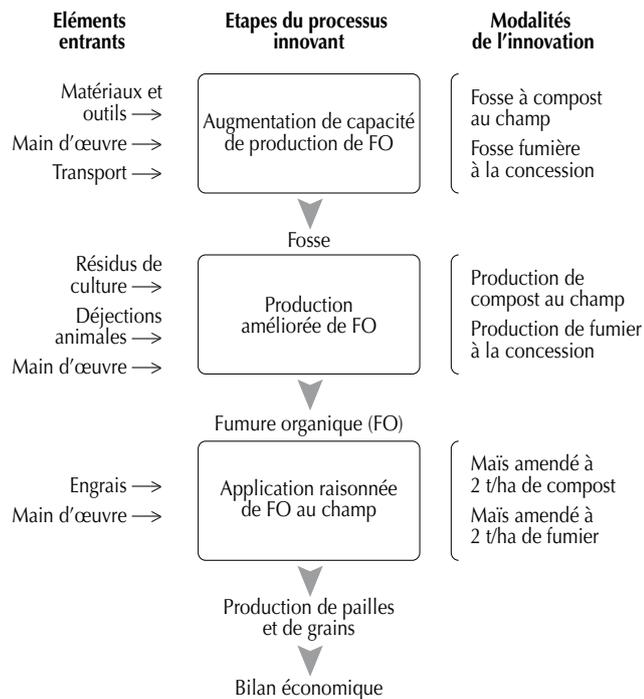


Figure 1 : production améliorée et application raisonnée de fumure organique.

Tableau I

Echantillon des producteurs expérimentateurs

Etapes du processus innovant	Echantillons
Augmentation de la capacité de production de FO	Bilan chez 919 volontaires (1 684 fosses)
Amélioration de la qualité de FO	Enquête auprès de 99 volontaires
Application raisonnée de FO au champ	Suivi de 27 parcelles paysannes d'essai

FO : fumure organique

■ METHODE D'ÉVALUATION D'UN PROCESSUS INNOVANT

Démarche générale d'évaluation participative du processus innovant

Une innovation technique ou organisationnelle, simple ou complexe, engendre des effets directs sur l'exploitation, des conséquences indirectes sur l'économie, la société et l'environnement, et une dynamique au sein de la communauté locale : adoptions spontanées par des agriculteurs n'ayant pas participé à l'expérimentation ou redéfinitions de l'innovation. La démarche d'évaluation des impacts de l'innovation proposée est présentée dans la figure 2.

Evaluation des effets directs de l'innovation : de la préparation au bilan partiel

La méthode du budget partiel représente un outil d'aide à la décision permettant d'analyser les effets de l'adoption d'une innovation sur le fonctionnement de l'exploitation (6, 10). Elle permet de traduire en terme monétaire les effets favorables ou défavorables d'un changement sur le fonctionnement de l'exploitation lié à l'adoption de l'innovation. Dans ce cas d'étude, nous avons choisi d'évaluer séparément chaque composante du processus innovant par le calcul de sous-bilans afin d'étudier la pertinence des différentes modalités proposées et de discuter des voies d'améliorations possibles. Afin d'évaluer l'ensemble du processus innovant, les trois composantes doivent être analysées sur un pas de temps identique (une année) et à la même échelle (une fosse). Une situation de référence doit être définie pour chaque composante pour servir de point de comparaison.

Les améliorations engendrées par l'adoption de l'innovation sont décrites par l'économie des charges réalisée (comme la réduction des doses d'engrais minéraux) et les produits nouveaux obtenus (gains en paille, grain). Les effets défavorables engendrés par l'innovation sont exprimés à travers l'augmentation des charges

(comme le transport, le travail supplémentaire) et la perte d'usage de certaines ressources (comme la réduction du stock de fourrage par compostage de pailles). La différence entre les termes d'amélioration et de détérioration constitue le solde du bilan partiel. Le tableau II présente les charges et les produits pris en compte dans l'établissement des budgets partiels pour chaque composante du processus innovant.

L'analyse des bilans partiels est ensuite enrichie par les remarques des producteurs permettant la prise en compte de considérations ne pouvant être monétarisées, donc non prises en compte par le bilan partiel. Ces éléments peuvent apporter une amélioration des bilans par un changement technique ou organisationnel intra-exploitation (meilleure organisation du travail, développement de compétence en maçonnerie, etc.) ou en termes de règles collectives (date d'ouverture de la vaine pâture, divagation, etc.). L'objectif de cette première étape a été de fournir quelques éléments d'évaluation et de disposer d'une représentation des effets directs de l'innovation. La présentation des bilans partiels aux producteurs expérimentateurs a permis de discuter des facteurs de variation des bilans et de construire des voies d'améliorations pour les différentes modalités testées. Les conditions préalables à la mise en place des innovations (moyens à mobiliser, objectifs des exploitations, etc.) ont également été identifiées.

Evaluation des effets indirects

Les conséquences indirectes du processus innovant sur l'économie, la société et l'environnement ont été définies par les chercheurs et les producteurs à l'aide d'une grille d'analyse commune (tableau III). Pour chacun des critères, les indicateurs proposés par les producteurs ont été explicités puis complétés par des indicateurs proposés par les chercheurs.

Analyse de la dynamique du processus innovant

Après l'expérimentation, la dynamique du processus innovant a été appréhendée dans les villages où la RAP a été menée. Des

Tableau II

Variables utilisées pour les bilans partiels

Economies des charges ou génération de produits nouveaux		Augmentation des charges ou perte d'usage de ressources
Augmentation de la capacité de production de fumure organique		
–		Main d'œuvre (creusement et stabilisation) Matériaux utilisés (ciment, sable, gravillons, briques)
Production améliorée de fumure organique		
Compostage au champ	Compost produit	Amortissement de la fosse Résidus de culture mobilisés non disponible pour le bétail Main d'œuvre (ramassage, remplissage, retournement)
Fumier à la concession	Fumier produit	Amortissement de la fosse Main d'œuvre (ramassage, remplissage, retournement) Poudrette de parc ajoutée aux pailles Résidus de culture mobilisés non disponibles pour le bétail
Application raisonnée de fumure organique au champ		
Amendement organique	Production supplémentaire en grain Production supplémentaire en paille	Compost ou fumier produit Transport de la FO Main d'œuvre (épandage, désherbage supplémentaire)

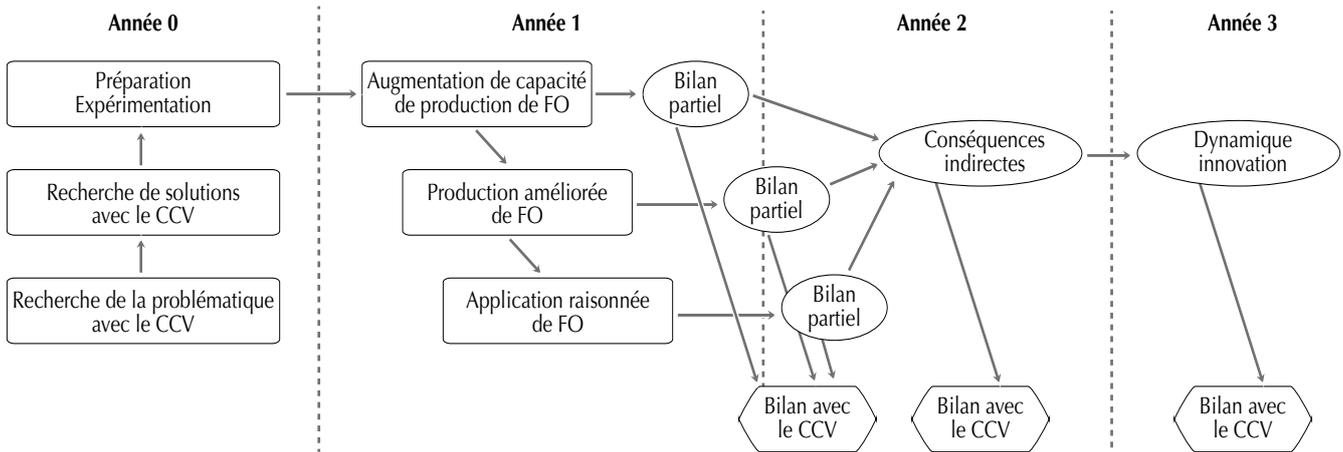


Figure 2 : méthode globale d'évaluation du processus innovant. CCV : cadre de concertation villageois ; FO : fumure organique.

Tableau III

Exemple de grille de caractérisation des conséquences indirectes de l'innovation

Type de conséquences	Capacité de production de FO	Production améliorée de FO	Utilisation raisonnée de FO	
Pôle économique	Revenu au niveau local	Prestation de service (maçonnerie, transport, outillage)	Commercialisation de FO	Augmentation du revenu agricole local
	Travail (charge et répartition)	Charge et pénibilité du travail de creusement	Charge et pénibilité, et période des travaux de remplissage et de retournement	Charge et pénibilité, et période des travaux de vidange et d'épandage Nb. de désherbages
	Sécurité alimentaire et santé	Risque de fosses inondées et insalubrité	Evacuation des déchets ménagers et déjections sans danger pour la santé humaine	Production de céréales additionnelle
Pôle humain et social	Formation (connaissances), maîtrise technique et processus d'apprentissage	Compétence en maçonnerie	Connaissance du processus de décomposition, des qualités des FO	Connaissance de la fertilité des sols Développement d'indicateurs de fertilité paysans
	Entraide (modalités, développement) et relations sociales (travail, matériel, échange technique) ou concurrence (ressource, savoir)	Echange d'informations (maçonnerie, type de sol) Echange d'outils Entraide (maçonnerie, creusement)	Echange d'expérience (suivi, qualité des FO) Entraide (remplissage, retournement) Echange (résidus, déjections)	Echange d'expérience (effet des FO sur sols, cultures, dosage) Entraide (vidange, transport)
Pôle agroécologique	Durabilité des écosystèmes		Brûlis des résidus de culture évité réduisant le risque de feux de brousse	Maintien de la biodiversité (faune du sol)
	Fertilité des sols		Quantité de FO disponible Qualité de FO	Rendement, enherbement, taux de MOS Développement d'indicateurs de fertilité paysans

FO : fumure organique ; MOS : matière organique des sols

enquêtes sur l'adoption de l'innovation ont été réalisées auprès d'exploitations n'ayant pas participé à l'expérimentation : adoption totale, partielle, déterminant de l'adoption. Des enquêtes sur la poursuite ou non de l'innovation ont été menées auprès des producteurs expérimentateurs : redéfinition des composantes, raisons de l'arrêt, perception des impacts, contraintes de la mise en œuvre.

■ RESULTATS

Cette partie illustre, à partir de références obtenues en Afrique de l'Ouest et des données de terrain, comment les effets directs du processus innovant ont été évalués par la méthode du bilan partiel et discutés avec les producteurs. Les bilans partiels de chaque composante du processus innovant sont présentés avant qu'un bilan à l'échelle de la gestion d'une fosse ne conclut la partie. Les résultats sur les conséquences indirectes et la dynamique locale de l'innovation ne sont pas présentés dans cet article.

Augmentation de la capacité de production de la fumure organique

L'augmentation de la capacité de production de FO des exploitations passe par le creusement de fosses et leur stabilisation au ciment. La situation de référence définie pour établir le budget partiel est la non-installation de fosse. Le budget partiel est présenté dans le tableau IV et les équations utilisées pour établir ce bilan sont détaillées dans l'encadré 1.

Ce bilan permet de calculer l'amortissement annuel de l'infrastructure à appliquer à l'ensemble du processus innovant proposé (2 900 FCFA/fosse, 4,4 €) ainsi que le montant de l'investissement de départ. L'amortissement est fonction de la durée de vie des fosses. D'après les déclarations des paysans, elle peut être estimée à cinq ans, sans réparations majeures. Elle peut atteindre 10 ans en cas de construction avec des briques de cuirasse et varie selon le mode de construction, le type de sol (taux d'argile, présence de cuirasse latéritique) et la maîtrise des techniques de maçonnerie.

La majorité des fosses creusées et stabilisées au ciment en Afrique de l'Ouest ont été construites avec du ciment subventionné par des programmes nationaux ou projets, ce qui allège l'amortissement annuel des infrastructures. Hors subvention, une fosse reviendrait à 5 900 FCFA (9 €) sur cinq ans. A titre indicatif, ce coût de revient équivaut à environ 0,4 sac de 50 kg d'engrais composés NPKSB et trois sacs sont nécessaire pour fumer un hectare de maïs.

Encadré 1

EQUATIONS UTILISÉES DANS LES BILANS PARTIELS

Equation 1 : creusement et stabilisation = nombre d'H.j * prix H.j

H.j : homme jour. Nombre d'H.j estimé à 15 pour le creusement et 6 pour la stabilisation (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 estimé à 4 pour le ramassage des tiges, 4 pour le remplissage et 8 pour le retournement. 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 estimé à 6,5 pour le ramassage de la poudrette, 6,5 pour les fèces, 4,5 pour les pailles et 8 pour le retournement. Prix H.j à 500 FCFA (déclaratif).

Equation 4 : poudrette = quantité de fèces * prix des fèces

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

Equation 5 : résidus mobilisés = quantité de pailles * prix des pailles

Quantité de pailles estimée à 540 kg (Berger, 1996). Prix des pailles à 10 FCFA/kg (déclaratif).

Equation 6 : épandage, désherbage supplémentaire = nombre d'H.j/ha * prix H.j * surface fumée

Nombre d'H.j estimé à 10 pour l'épandage et 4,1 pour le désherbage (résult. pers.)

Surface fumée par 0,510 t de compost = 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 150 kg de fumier (déclaratif).

Equation 8 : production = gain de production * surface fumée * prix du maïs ou des pailles

Gain en grains et pailles de maïs estimé à 780 kg/ha par apport de 2 t/ha de fumure organique (résult. pers.). Prix du maïs à 100 FCFA/kg (déclaratif).

Tableau IV

Bilan partiel de l'augmentation de la capacité de production de fumure organique

Economies des charges ou génération de produits nouveaux (FCFA *)		Augmentation des charges ou perte d'usage des ressources (FCFA)		Bilan (FCFA)
Construction des fosses		Creusement (éq. 1) **	7 500	
		Stabilisation (éq. 1)	3 000	
		Sable (1 brouette)	2 500	
		Gravillons	1 500	- 14 500 sur 5 ans
Charges anciennes	0	Charges nouvelles	14 500	- 2 900 par an
Produits nouveaux	0	Perte d'usage de ressources	0	

* 1 000 FCFA = 1,52 € ; ** éq. : équation (cf. Encadré 1)

Les producteurs qui ont construit leurs fosses avec des briques de cuirasse latéritique ont réalisé un investissement supplémentaire qui doit être justifié par une utilisation plus longue des fosses (coût estimé à 3 000 FCFA/fosse, 4,6 €). Le tableau V présente les calculs de l'amortissement des fosses hors subvention selon les durées de vie estimées par les producteurs et les modes de construction. La maîtrise des techniques de maçonnerie et l'utilisation effective du ciment à bonne dose pour la construction des fosses permettent de réduire le prix de revient, même dans le cas où le ciment n'est pas à la charge des producteurs.

L'ensemble des facteurs de variation ont été discutés avec les expérimentateurs et les conditions nécessaires améliorant la solidité des fosses ont été définies (organisation collective mobilisant un maçon compétent, travail collectif pour le creusement, utilisation de briques, importance d'utiliser le ciment donné par le projet pour la construction des fosses, etc.).

Production améliorée de fumure organique

Cas de la fosse à compost en bord-champ

Le compostage des tiges de cotonnier en fosse est un mode de production de FO additionnel qui entre peu en concurrence avec la

pratique actuelle. Selon cette situation de référence, la fumure organique produite est une poudrette de parc et les tiges de coton sont brûlées. Les tiges de coton utilisées sont ramassées en février après la vaine pâture des feuilles vertes et des capsules (8). Une fosse à compost peut contenir jusqu'à 1 700 kg de tiges de cotonnier, correspondant environ à 1 ha de culture. Au moment du remplissage (mai), les tiges sont disposées en couche alternées avec des déjections animales (deux charrettes), transportées depuis le lieu d'attache des animaux. Au cours du compostage, la perte due à la décomposition de la matière organique a été estimée à 70 p. 100 de la matière initiale par expérimentation (résultats non publiés) et la production moyenne de compost dans une fosse à 510 kg MS. Le bilan partiel de la production de compost est présenté dans tableau VI.

D'après le bilan partiel, le prix de revient du compost produit en fosse bord-champ (hors coût d'installation) est de 8 600 FCFA/fosse (13,1 €). Sur le marché local, la charrette de 150 kg de poudrette se négocie à 2 500 FCFA (3,8 €), ce qui est comparable au coût estimé par le bilan partiel pour une charrette de compost (2 529 FCFA, 3,9 €).

Les travaux de retournement sont également consommateurs en main d'œuvre et influencent largement le bilan partiel

Tableau V

Amortissement des fosses construites

Modalité de construction		Durée de vie des fosses (années)	Coût global d'une fosse (FCFA) *	Amortissement annuel	
				Global (FCFA)	Hors coût du ciment (FCFA)
Au ciment et crépi	Maîtrise de la maçonnerie, utilisation effective du ciment	5	29 500	5 900	2 900
	Non maîtrise de la maçonnerie, utilisation de peu de ciment	2	29 500	14 750	7 250
Avec brique de cuirasse	Maîtrise de la maçonnerie	10	32 500	3 250	1 750
	Non maîtrise de la maçonnerie, utilisation de peu de ciment	5	32 500	6 500	3 500

* 1 000 FCFA = 1,52 €

Tableau VI

Bilan partiel de la production de compost de tiges de cotonnier en fosse

Economies des charges ou génération de produits nouveaux (FCFA *)		Augmentation des charges ou perte d'usage de ressources (FCFA)		Bilan (FCFA)
		Ramassage tiges (éq. 2) **	2 000	
		Transport 2 charrettes fèces	600	
		Remplissage (éq. 2)	2 000	
		Retournement (éq. 2)	4 000	
Production améliorée de fumure organique	Charges anciennes 0	Charges nouvelles	8 600	- 8 600
Compost (510 kg de MS)				
	Produits nouveaux 0	Perte d'usage de ressources	0	

Les cendres produites par le brûlis des résidus de culture n'ont pas été comptabilisées dans ce bilan

* 1 000 FCFA = 1,52 € ; ** éq. : équation (cf. Encadré 1) ; MS : matière sèche

(4 000 FCFA, 6,1 €). Cependant, l'aération par le retournement du compost est nécessaire pour la bonne décomposition des éléments et pour relancer l'activité bactérienne (18). Il reste peu effectué par les paysans, même si certains reconnaissent l'effet néfaste pour les cultures d'un compost mal décomposé.

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 trouvent le produit trop poudreux donc difficile à appliquer et dont l'effet n'est obtenu qu'après sa solubilisation après trois ans passés dans le sol. Le mélanger dans le compost lève la première préoccupation des paysans. Le coût du Burkina phosphate[®] (5 000 FCFA / 50 kg, 7,62 €) doit être compensé par une augmentation de la production en maïs cumulé sur les trois ans suivant l'application de la FO de 588 kg/ha (en considérant un prix déclaratif du maïs de 100 FCFA/kg).

L'ajout d'activateur de compost (Compost Plus[®]) doit permettre une décomposition rapide du compost chez les paysans qui peuvent maintenir les conditions d'humidité et d'aération nécessaires à l'utilisation de ce produit. Le coût du produit (6 000 FCFA/sachet, 9,15 €) peut être compensé dans le cas du compostage de saison sèche pour les maraîchers qui souhaitent disposer de FO dès la fin de l'hivernage.

Cas de la fosse fumière à la concession

La production de fumier en fosse peut s'évaluer par rapport à la pratique actuelle où de la poudrette de parc est directement utilisée sans traitement préalable. Pour produire du fumier en fosse, les paysans ramassent des déjections animales déposées la nuit dans les parcs ou les lieux d'attache des animaux et les vident dans la fosse (1,4 kg de fèces MS/bovin/nuit ; 3). Nous prenons l'exemple d'un paysan possédant deux bœufs de trait stabulés la nuit près de la fosse. Afin d'équilibrer l'origine des éléments mis en fosse, le paysan y apporte également les refus de l'affouragement et de la litière (1 kg de litière/nuit). La figure 3 illustre, de manière synthétique, le remplissage d'une fosse fumière au cours de l'année et le temps passé en fosse par chaque couche. La production de fumier dans une fosse est estimée à 833 kg MS.

L'amélioration des pratiques de production de fumier entraîne un changement de qualité du fumier et une augmentation de la quantité produite par transformation de résidus de culture. Le bilan

partiel de la production améliorée de fumier est présenté dans le tableau VII.

D'après ce bilan partiel, la production de fumier en fosse revient à 22 450 FCFA/fosse (34,2 €). La charrette de fumier de 150 kg devrait alors se négocier à 4 043 FCFA (6,2 €), ce qui est plus élevé que le prix déclaré sur le marché local par les paysans (2 500 FCFA, soit 3,8 €). Ces résultats sont à analyser avec prudence car la FO fait l'objet de peu d'échanges commerciaux et la qualité de la FO est encore peu prise en compte dans ces échanges. De plus, la rémunération du travail n'est pas équivalente entre la main d'œuvre extérieure (rémunération à la tâche ou à l'heure) et familiale (répartition des gains).

Le bilan partiel de la production de fumier est plus négatif que celui de la production de compost car il présente des coûts d'opportunité plus élevés. Le retournement des fosses reste consommateur en temps et certains producteurs ne l'effectuent pas, avec des conséquences sur la qualité des fumiers produits. Un autre terme de détérioration du bilan est la mobilisation de résidus qui ont une valeur marchande et ont d'autres usages (par exemple, les pailles de céréales pour affouragement). La production de fumier est concurrentielle des pratiques actuelles, mais elle permet d'obtenir une fumure de meilleure qualité et d'augmenter le volume produit par la valorisation de nouvelles biomasses. La qualité de la FO produite (fumier vs poudrette) pourrait être évaluée à partir de gains de production mais aussi par rapport aux gains de temps sur les travaux de désherbage, un fumier bien décomposé apportant moins de graines d'adventices qu'une poudrette de parc.

	Nb. de jours	Éléments apportés dans la fosse	% de décomposition *	Fumier produit (kg)
Fumier de saison sèche chaude	90	Déjections et litière	82,5	256
Fumier de saison sèche froide	90	Déjections et litière	65	281
Fumier de la période des récoltes	90	Déjections	47,5	120
Fumier d'hivernage	90	Déjections	30	76

* % 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.

Tableau VII

Bilan partiel de la production de fumier en fosse

	Economies des charges ou génération de produits nouveaux (FCFA*)	Augmentation des charges ou perte d'usage de ressources (FCFA)	Bilan (FCFA)
Production améliorée de fumure organique		Ramassage fèces (éq. 3) **	3 250
	Ramassage poudrette (éq. 3)	3 250	2 250
		Retournement (éq. 3)	4 000
	Charges anciennes	3 250	9 500
		Poudrette (éq. 4)	10 800
	Fumier (833 kg de MS)		Résidus mobilisés (éq. 5)
Produits nouveaux	0	Perte d'usage de ressources	16 200

* 1 000 FCFA = 1,52 € ; ** éq. : équation (cf. Encadré 1)

Utilisation raisonnée de fumure organique au champ

Pour évaluer l'application de la FO sur une culture de maïs, une culture conventionnelle de maïs fertilisé uniquement avec des engrais minéraux a été définie comme situation de référence. L'apport de FO sur une parcelle de maïs nécessite d'avoir du compost ou du fumier, de le transporter au champ, de le disposer en tas et de l'épandre avant le labour. L'utilisation de FO sur une culture de maïs permet une amélioration de la production en grain et en paille.

Les soldes des bilans partiels de l'application de compost (tableau VIII) et de fumier (tableau IX) sont positifs. Le compost permet un gain partiel estimé à 20 081 FCFA (30,6 €) et le fumier un gain de 31 173 FCFA (47,5 €). La production d'une fosse fumièrè permet d'amender une surface plus grande que celle d'une fosse à compost (0,417 ha contre 0,255 ha).

Le type et la qualité de la FO utilisée 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).

Certains paysans apportent la FO au champ au moment du ramassage des résidus de culture (avril). La FO reste alors exposée trois mois au soleil. Il y a un partage des coûts de transport mais une altération de la qualité de la FO (12). D'autres

producteurs transportent la FO quand les travaux de labour sont prêts à être réalisés. La FO est alors enfouie immédiatement après l'épandage (investissement en travail supérieur mais qualité de la FO conservée).

Les travaux d'épandage de la FO représentent un coût important des bilans partiels et sont plus ou moins pénibles selon la disposition des tas de FO sur la parcelle. Le temps d'épandage augmente nettement pour les faibles densités de tas (moins de 100 tas/ha) et diminue nettement pour une densité supérieure. De plus, la disposition de gros tas de FO avant l'épandage entraîne un amendement localisé fort qui peut provoquer des brûlures de plants à la levée.

Bilans partiels de la construction de la fosse à l'utilisation de la FO

Les bilans partiels des deux types de FO depuis la construction des fosses jusqu'à l'utilisation de la FO sont positifs : 8 581 FCFA (13,1 €) pour une fosse à compost et 5 823 FCFA (8,9 €) pour une fosse fumièrè. Ceci correspond à un gain de 16 825 FCFA/t de MS de compost produit et utilisé (25,7 €/t) et 6 990 FCFA/t de MS de fumier produit et utilisé (10,7 €/t ; tableau X). La production et l'utilisation de compost serait économiquement plus rentable comparée à celle du fumier.

Tableau VIII

Bilan partiel de l'utilisation de compost sur une culture de maïs

		Economies des charges ou génération de produits nouveaux (FCFA *)	Augmentation des charges ou perte d'usage de ressources (FCFA)	Bilan (FCFA)
Application raisonnée de fumure organique	Charges anciennes	0	Epandage (éq. 6) ** Désherbage suppléé (éq. 6) Charges nouvelles	1 275 523 1 798
	Gain de production de grains (éq. 8)	19 890		
	Production de pailles (éq. 8)	1 989		
	Produits nouveaux	21 879	Perte d'usage de ressources	0

* 1 000 FCFA = 1,52 € ; ** éq. : équation (cf. Encadré 1)

Tableau IX

Bilan partiel de l'utilisation de fumier sur une culture de maïs

		Economies des charges ou génération de produits nouveaux (FCFA *)	Augmentation des charges ou perte d'usage de ressources (FCFA)	Bilan (FCFA)
Application raisonnée de fumure organique	Charges anciennes	0	Transport FO (éq. 7) ** Epandage (éq. 6) Désherbage suppléé (éq. 6) Charges nouvelles	1 666 2 085 855 4 606
	Production de grains (éq. 8)	32 526		
	Production de pailles (éq. 8)	3 253		
	Produits nouveaux	35 779	Perte d'usage de ressources	0

* 1 000 FCFA = 1,52 € ; ** éq. : équation (cf. Encadré 1)

Tableau X

Bilan partiel de la construction des fosses à l'utilisation de la fumure organique (FO) au champ

	Compost (FCFA *)	Fumier (FCFA)
Pour une fosse de 9 m³		
Augmentation de la capacité de production	- 2 900	- 2 900
Production de FO	- 8 600	- 22 450
Utilisation de FO	20 081	31 173
Bilan à l'échelle d'une fosse de 9 m ³	8 581	5 823
Pour un hectare de maïs fumé		
[Nb. de fosses de 9 m ³ nécessaires	3,9	2,4]
Augmentation de la capacité de production	- 11 373	- 6 954
Production de FO	- 33 725	- 53 837
Utilisation de FO	78 749	74 750
Bilan à l'échelle d'un hectare de maïs fumé	33 651	13 964

* 1 000 FCFA = 1,52 €

L'amendement d'une parcelle avec du compost implique des investissements plus importants à réaliser pour construire le nombre de fosses nécessaires que pour un amendement avec du fumier. Il faut en effet 3,9 fosses à compost de 9 m³/ha et seulement 2,4 fosses fumières/ha.

Les coûts de travail de la production du compost sont élevés (8 600 FCFA ou 13,1 €) mais restent couverts par les gains de production en grain de maïs et en paille. Il n'y a pas de changement d'allocation des ressources ni de coût d'opportunité. Les coûts supplémentaires de production du fumier sont les travaux de transport de la fosse vers les champs (1 666 FCFA ou 2,5 €) et la perte d'usage des ressources qui auraient pu être valorisées autrement (16 200 FCFA soit 24,7 €).

Le gain de production obtenu par application de fumier sur un hectare de maïs correspond à 13 924 FCFA (21,2 €), ce qui équivaut à 0,9 sac d'engrais composés NPKSB. L'application de compost sur un hectare de maïs permet de dégager 33 651 FCFA (51,3 €), soit l'équivalent de 2,2 sacs d'engrais composés NPKSB.

Les deux modes de production de FO présentés ne sont pas antagoniques. Ils peuvent être développés dans la même exploitation si les travaux de construction, de remplissage et de vidange des fosses peuvent être assurés à des périodes différentes. Un modèle de deux fosses par exploitation, implantées aux champs et à la concession, peut être proposé aux producteurs.

■ DISCUSSION

La capacité de transport des exploitations reste une forte contrainte à la production de fumure organique (19) mais elle est réduite en plaçant les fosses à l'endroit où les biomasses sont disponibles. Cette étude montre également que le temps de travail (ramassage des résidus, des déjections, retournement des fosses, épandage de la FO) est un coût de production important de l'économie de production de FO et qu'il peut devenir une contrainte à la production lorsque le volume de FO augmente ou que la main d'œuvre dans l'exploitation est limitée.

Les bilans partiels fournissent une représentation des effets directs du processus innovant. Leur mise en débat avec les paysans a permis de discuter des facteurs de variations de ces bilans et d'identifier certaines opportunités pour les améliorer. Ainsi, les risques encourus par l'adoption de l'innovation sur la cohésion sociale (augmentation des charges en travail individuel vs renforcement de l'entraide, privatisation des résidus de culture vs vaine pâture), l'accroissement attendu des revenus ou de la production céréalière ont pu être abordés avec les paysans. De même, les conditions nécessaires à la mise en place de l'innovation ont pu être précisées (possession d'animaux, disponibilité en main d'œuvre, appartenance à un groupe d'entraide, par exemple). Des freins à l'adoption de l'innovation ont pu être identifiés permettant de construire, selon la démarche de RAP, des propositions d'amélioration et ainsi de favoriser le changement de pratiques : entre autres, manque de disponibilité des outils corrigé par une gestion collective d'un stock d'outils, pénibilité du travail de creusement limitée par une organisation collective par groupement, dispersion des tiges de coton en fin de saison sèche limitée par une collecte précoce.

La méthode proposée permet de réaliser une évaluation globale des effets directs d'un processus innovant composé de plusieurs phases : la construction de fosse, la production et l'utilisation de FO. Cette méthode a l'avantage de prendre en compte l'ensemble des coûts liés à l'innovation au-delà de son impact sur les rendements des cultures ou la marge brute.

La méthode est applicable à tous les types de pratiques si le périmètre du système à évaluer et la situation de référence sont bien définis, et si l'inventaire des produits et des charges est élaboré. Cependant, la conversion en valeur monétaire des charges et des produits est souvent difficile (manque de références ou produits non marchands). Cette évaluation quantitative doit être complétée par une évaluation qualitative et participative pour nuancer les conclusions, prendre en compte les représentations des producteurs et les produits non marchands (fertilité des terres, qualité de la FO, pics de travail, etc.).

■ CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cet article propose une méthode d'évaluation d'un processus innovant appliquée aux modèles de la fosse à compost et de la fosse fumière. Cette méthode se base sur l'analyse des effets directs, des conséquences indirectes et de la dynamique de l'innovation. Les effets directs sur l'économie de la FO dans les exploitations sont estimés à partir de la méthode du budget partiel pour chaque composante de l'innovation, enrichie par une caractérisation des sources de variation des termes du bilan par les producteurs. Les conséquences indirectes sur l'économie des exploitations et de ses interactions avec les systèmes de production et les filières, la société et l'environnement, ainsi que la dynamique locale de l'innovation doivent compléter cette analyse.

Les limites de la méthode du budget partiel résident dans la nécessité de convertir tous les produits et les charges en terme monétaire. Les méthodes de conversion ne sont pas toujours fiables et n'ont pas nécessairement de sens pour les paysans, particulièrement pour les produits non marchands. Cependant, la méthode permet de disposer d'une représentation simplifiée des effets directs de l'innovation pouvant intégrer une démarche de RAP et servir à la discussion avec les producteurs sur les modalités de l'innovation, les facteurs de variation des bilans, les propositions techniques ou organisationnelles efficaces et les mesures d'appui conseil à proposer. A partir de ce bilan, il est possible d'engager des échanges avec les producteurs sur l'analyse des conséquences indirectes et des enquêtes sur la dynamique locale de l'innovation.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALTER N., 2000. L'innovation ordinaire. Paris, France, PUF, 278 p.
2. BATIONO A., KIHARA J., VANLAUWE B., WASWA B., KIMETU J., 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agric. Syst.*, **94**: 13-25.
3. BERGER M., 1996. L'amélioration de la fumure organique en Afrique Soudano-sahélienne. *Agric. Dev. (hors-série)* : 1-58.
4. BLANCHARD M., 2010. Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréales-élevage au Mali-Sud : Savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture élevage. Thèse Doct., Université Paris Est, Créteil, France, 301 p.
5. BLANCHARD M., VALL E., 2010. Production et utilisation de la fumure organique au Mali-Sud : savoirs des paysans face aux savoirs des agronomes, quels enseignements pour le développement ? In : Thibaud B., François A., eds., *Systèmes de production et durabilité dans les pays du Sud*. Paris, France, Karthala, p. 59-76.
6. BROSSIER J., CHIA E., MARSHALL E., PETIT M., 2003. Le budget partiel, cadre général de raisonnement de toute décision. In : Brossier J., Chia E., Marshall E., Petit M., eds., *Gestion de l'exploitation agricole familiale, éléments théoriques et méthodologiques*. Dijon, France, Enesad, Cnerta, p. 133-158.
7. CHIA E., 2004. Principes, méthodes de la recherche en partenariat : une proposition pour la traction animale. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **57** : 233-240.
8. DUGUE P., 1999. Utilisation de la biomasse végétale et de la fumure animale : impacts sur l'évolution de la fertilité des terres en zone de savanes. Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation. Rapport final de l'ATP Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir. Montpellier, France, Cirad-Tera, 175 p. (Rapport n° 57-99)
9. DUGUE P., VALL E., LECOMTE P., KLEIN H.D., ROLLIN D., 2004. Evolution des relations entre l'agriculture et l'élevage dans les savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre : un nouveau cadre d'analyse pour améliorer les modes d'intervention et favoriser les processus d'innovation. *Ol. Corps gras Lipides*, **11** : 268-276.
10. GAFSI M., 2007. Gestion de l'exploitation agricole familiale africaine. In : Gafsi M., Dugue P., Jamin J-Y., Brossier J., 2007. *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre : enjeux, caractéristiques et éléments de gestion*. Versailles, France, Quae, p. 211-301.
11. HALL A., DORAI K., KAMMLI T., 2012. Evaluating agricultural innovation system interventions. In: *Agricultural innovation systems: An investment sourcebook*. Washington DC, USA, World Bank, p. 580-588.
12. HAMON R., 1972. L'habitat des animaux et la production d'un fumier de qualité en zone tropicale. *Agron. trop.*, **27** : 592-607.
13. HORTON D., MACKAY R., 2003. Using evaluation to enhance institutional learning and change: recent experiences with agricultural research and development. *Agric. Syst.*, **78**: 127-142.
14. KOUTOU M., VALL E., 2010. Implication des acteurs locaux dans la conception d'innovations : le cas des systèmes agropastoraux du Tuy (Burkina Faso). In : Coudel E., Devautour H., Soulard C., Hubert B., eds., *Int. Symp. Innovation and sustainable development in agriculture and food*, Montpellier, France, 28 juin - 1 juil. 2010, 12 p.
15. LANDAIS E., LHOSTE P., 1990. L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités de terrain. *Cah. Sci. Hum.*, **26**, 217-235.
16. MACKAY R., HORTON D., 2003. Expanding the use of impact assessment and evaluation in agricultural research and development. *Agric. Syst.*, **78**: 143-165.
17. MANLAY R.J., CHOTTE J.-L., MASSE D., LAURENT J.-Y., FELLER C., 2002. Carbon, nitrogen and phosphorus allocation in agro-ecosystems of a West African savanna. III. Plant and soil components under continuous cultivation. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **88**: 249-269.
18. MUSTIN M., 1987. Le compost, gestion de la matière organique. Paris, France, François Dubusc, 954 p.
19. SCHLEICK K., 1986. Le fumier peut-il remplacer la jachère ? Possibilité d'utilisation du fumier : exemple de la savane d'Afrique occidentale. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **39** : 97-102.
20. VALL E., DUGUE P., BLANCHARD M., 2006. Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton, 1990-2005. *Cah. Agric.*, **15** : 72-79.
21. VALL E., KOUTOU M., BLANCHARD M., COULIBALY K., DIALLO M.A., ANDRIEU N., 2012. Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agrosylvopastoraux de l'Ouest du Burkina Faso, province du Tuy. In : Vall E., Andrieu N., Chia E., Nacro H.B., eds, *Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ? Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 15-17 nov. 2011*. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00718613>
22. VAN DER WERF H.M.G., TZILIVAKIS J., LEWIS K., BASSET-MENS C., 2007. Environmental impacts of farm scenarios according to five assessment methods. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **118**: 327-338.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Blanchard M., Koutou M., Vall E., Bognini S. How do we evaluate an innovative process? Case of the quantitative and qualitative improvement of organic manure in the field

Soil fertility in West Africa is under high anthropogenic pressure caused by the increasing population, extension of cultivated areas and abandonment of fallows. Through a participatory action research approach, the Fertipartenaires project proposed to design with farmers innovations on the use of organic manure, in three steps: increase the production capacity of organic manure by building pits, improve production quality, and integrate its application in the field. How do we assess an innovative process made up of several stages that cover different space and time scales? How do we include this assessment in a participatory approach? A participatory assessment method in three steps is proposed: (1) assessment of the direct effect of innovation (partial assessment), (2) analysis of economic, sociological and ecological indirect consequences of the innovation, and (3) analysis of innovation dynamics (adoption, dissemination, and redefinition). Two models of organic manure production have been tested: a manure pit built on the concession and a compost pit built at the edge of the field. The analysis of the direct effects of compost production shows that it is economically more advantageous than manure with its higher opportunity costs. However, the two production models are complementary and they each have a positive balance. The method used helps to assess the direct effects of innovation on the economic impact of organic manure production. It helps start discussions with farmers around the simplified illustration of the direct effects of innovation. It should however be completed by the analysis of indirect consequences and innovation dynamics so as to take into account the dimensions that were not included in the partial assessments.

Keywords: Soil fertility – Organic amendment – Fertilizer – Innovation – *Ex-post* impact assessment – West Africa.

Resumen

Blanchard M., Koutou M., Vall E., Bognini S. Cómo evaluar un proceso innovador? Caso del mejoramiento cuantitativo y cualitativo del estiércol orgánico en el campo

La fertilidad de los suelos en África del oeste está sometida a fuertes presiones antropogénicas, con el aumento demográfico, la extensión de las superficies cultivadas y el abandono de la práctica de barbecho. Mediante la movilización de un proceso de investigación acción con colaboración, el proyecto "Fertipartenaires" propuso la co concepción de innovaciones sobre el uso del estiércol orgánico en tres etapas: aumentar la capacidad de producción de estiércol orgánico mediante la construcción de fosas, el mejoramiento de la calidad de producción y el uso racional de su aplicación en el campo. Cómo evaluar un proceso innovador compuesto de varias fases, e inscrito en escalas espaciales y temporales diferentes? Cómo incorporar esta evaluación en un proceso participativo? Se propuso un método participativo de evaluación en tres etapas: (1) evaluación del efecto directo de la innovación (recuento parcial), (2) análisis de las consecuencias indirectas económicas, sociológicas y ecológicas de la innovación y (3) análisis de la dinámica de la innovación (adopción, difusión y redefinición). Se probaron dos modelos de producción de estiércol: una fosa de estiércol instalada en concesión y una fosa de abono en la periferia del campo. El análisis de los efectos directos muestra que el uso del abono es económicamente más ventajoso que el del estiércol, con costos de oportunidades más elevados. Sin embargo, los dos modelos de producción son complementarios y presentan un balance monetario positivo. El método analizado permite reconocer los efectos directos de la innovación sobre la economía de producción de estiércol orgánico. Este permite lanzar un diálogo con los autores alrededor de la ilustración simplificada de los efectos directos de la innovación. Debe sin embargo completarse con un análisis de las consecuencias indirectas y de la dinámica de la innovación para considerar las dimensiones, del cual no toman cuenta los recuentos parciales.

Palabras clave: Fertilidad del suelo – Enmienda orgánica – Abonos – Innovación – Evaluación del impacto *ex post* – África Occidental.

Evaluation des inefficiences zootecnique et environnementale pour intensifier écologiquement les systèmes d'élevage tropicaux. Etude de cas à la Réunion

J. Vayssières^{1*} A. Thevenot¹ M. Vigne¹ M. Cano¹
A. Broc¹ R. Bellino¹ E. Diacono¹ B. de Laburthe²
J.L. Bochu³ E. Tillard¹ P. Lecomte¹

Mots-clés

Production animale – Analyse du cycle de vie – Intensification – Durabilité – Impact sur l'environnement – Réunion.

Résumé

Selon la FAO, l'élevage contribuerait à hauteur de 18 p. 100 aux émissions globales 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 plus respectueux de l'environnement. Dans cette perspective, les consommations d'énergies non renouvelables (ENR) et les émissions de GES des principales productions animales de la Réunion (bovin lait, bovin viande, porc, volaille et lapin) ont été évaluées. Partant d'une méthode développée en France métropolitaine, il s'agissait de réévaluer les coefficients énergétiques et les facteurs d'émission en tenant compte des particularités du contexte et des systèmes d'élevage locaux. L'échantillon étudié comprenait 195 élevages, soit plus de 25 p. 100 des exploitations encadrées par les coopératives locales. Cette étude a montré que les inefficiences environnementales (consommations d'ENR et émissions de GES par kilogramme de produit animal) et l'inefficacité zootecnique (quantités d'aliments concentrés consommés par kilogramme de produit animal) étaient corrélées positivement. Il est donc possible d'intensifier écologiquement les productions animales. De telles études sont rares dans les Suds ; leur essor suppose des adaptations méthodologiques encore plus importantes que celles menées dans le cas réunionnais, pour pouvoir évaluer des systèmes généralement peu mécanisés, à faible niveau d'intrants, mixtes, dont l'élevage est multifonctionnel et mobilise des formes d'énergies multiples.

■ INTRODUCTION

Le réchauffement climatique est maintenant avéré et inéluctable (11). 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'ENR en plein essor depuis l'industrialisation dans les années 1950 des pays développés, puis encore accentué 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 p. 100 des émissions de GES (17). Cette estimation comptabilise :
– les émissions indirectes résultant de la production, 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 pour cette production (déstockage du carbone du sol et de la végétation ligneuse) ;
– les émissions directes liées à la fermentation entérique des ruminants, la gestion des effluents d'élevage et la fertilisation

1. Cirad, UMR Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux, station de Ligne Paradis, 7 ch. de l'IRAT, St-Pierre, la Réunion.

2. FRCA, St-Pierre, la Réunion.

3. Solagro, Toulouse, France.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +221 77 5 41 83 62 ; fax : +221 3 38 21 18 79

E-mail : jonathan.vayssières@cirad.fr

organique et minérale des cultures et prairies destinées à l'alimentation des animaux.

Pour la recherche zootechnique il s'agit non seulement d'anticiper les conséquences (positives ou négatives) que le réchauffement climatique pourrait avoir sur les systèmes d'élevage pour faciliter leur adaptation (20), mais aussi d'accompagner une mitigation 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 p. 100 leurs émissions de GES d'ici 2050. Les pays émergents en développement et signataires n'ont pas pour l'instant de contraintes spécifiques. C'est cependant dans ces pays que la croissance des émissions risque d'être la plus importante dans les quarante 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 (6). Cette croissance devrait s'accompagner d'une rapide augmentation de la demande en produits agricoles, et tout particulièrement en produits animaux, si le changement des habitudes alimentaires suit celui déjà intervenu en pays industrialisés et en cours en pays émergents. Le développement de méthodes permettant l'évaluation des consommations d'ENR et des émissions de GES générées par les activités d'élevage dans les pays du Sud est une étape importante pour amorcer leur mitigation et l'accroissement de leur efficacité multicritères (22).

■ MATERIEL ET METHODES

Méthode originelle et indicateurs d'inefficacité calculés

La méthode Planète, retenue dans cette étude, reprend les grands principes de l'analyse de cycle de vie (ACV) en se limitant à deux des impacts classiquement évalués : les consommations d'ENR et les émissions de GES (15). Autre particularité, son périmètre d'analyse s'arrête aux portes de la ferme et ne considère pas la commercialisation du produit et le recyclage de ses coproduits. Cette méthode est donc incomplète pour comparer des produits mais particulièrement adaptée pour comparer différents systèmes de production.

Elle permet de calculer deux indicateurs d'inefficacité environnementale : les consommations totales d'ENR et les émissions totales de GES dans les deux cas ramenées à l'unité de produit animal. L'indicateur d'inefficacité zootechnique est l'indice de consommation des aliments, c'est-à-dire la quantité totale d'aliments concentrés consommés divisée par la quantité totale de produits animaux générés par l'exploitation. L'unité de produit diffère selon la production animale considérée. Elle correspond au kilogramme de lait pour la production bovine laitière et au kilogramme de viande pour les autres productions.

Adaptation de la méthode

Les paramètres proposés dans l'outil Planète sont uniquement valables pour évaluer des productions agricoles en France métropolitaine (3). Un important travail d'adaptation des coefficients énergétiques et des facteurs d'émission a donc été entrepris (19). Pour les coefficients énergétiques, ce travail a été effectué principalement selon les trois modalités suivantes :

– lorsque les intrants étaient de même nature et importés de France (cas du matériel agricole, par exemple), le coefficient initial a été conservé et un coût énergétique a été ajouté pour le

transport depuis la France métropolitaine jusqu'à la Réunion (soit 10 600 km en fret maritime) ;

– si les intrants étaient de même nature mais avaient des origines différentes, le coût énergétique du transport initial a été substitué par un coût nouvellement calculé. Par exemple, le fioul consommé à la Réunion avait une origine différente. Les coûts énergétiques attribués pour l'extraction et le raffinage ont été conservés mais le transport entre Mer du Nord, Proche Orient et France métropolitaine a été remplacé par un transport entre Singapour et 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 coefficient 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 facteurs d'émission de GES, la démarche d'adaptation est très similaire à celle des coefficients énergétiques à l'exception des émissions de GES directes (essentiellement des émissions de CH₄ d'origine entérique et de N₂O issues de la gestion des effluents d'élevage). Dans ce cas, le manque de résultats expérimentaux locaux nous a contraint de reprendre de grands standards internationaux proposés par l'Intergovernmental Panel on Climate Change (11), alors que ces coefficients d'émission mériteraient d'être précisés du fait de la particularité des conditions climatiques et des pratiques d'élevage locales (par exemple, rations relativement pauvres en cellulose pour les ruminants).

Recueil des données de terrain

Cette étude 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 a comporté 195 élevages, soit plus de 25 p. 100 des exploitations encadrées par les coopératives locales. Ces dernières ont participé à l'échantillonnage des élevages. L'échantillonnage a été réalisé à dire d'experts avec l'objectif de couvrir la diversité des systèmes d'élevage rencontrés sur l'île selon des critères de performances techniques, de taille et de localisation.

Nous avons pu bénéficier des comptabilités des éleveurs grâce à l'appui de leurs centres de gestion. Ces comptabilités ont été précieuses pour quantifier les intrants et les produits de l'exploitation. Les données ont pu être croisées avec les données individuelles disponibles auprès des entreprises d'approvisionnement en intrants (par exemple, fournisseurs d'aliments) et des coopératives se chargeant de l'écoulement des produits.

■ RESULTATS

Les tableaux I et II montrent respectivement les consommations d'ENR et les émissions de GES totales ramenées à l'unité de produit. Ces indicateurs sont des moyennes par production pour l'année 2007. Le coefficient de variation associé à ces moyennes, les deux principaux postes de consommation et d'émission sont également donnés. Le coût de l'insularité correspond au pourcentage de la consommation d'ENR (tableau I) et des émissions de GES (tableau II) totales imputables au transport des intrants (depuis la France métropolitaine et l'Amérique du Sud principalement).

Variabilité interproductions et intraproductions

Cette étude montre une forte disparité des résultats entre productions animales. L'élevage de bovin lait a été difficilement

Tableau I

Consommation d'énergie non renouvelable et principaux postes de consommation par production animale à la Réunion (2007)

Production	Consommation énergétique totale		Principaux postes de consommation				Coût de l'insularité
	Moyenne (MJ / unité de produit) ¹	Coefficient de variation (%)	1 ^{er} poste	% ²	2 ^e poste	% ²	% ³
Bovin lait (n = 30)	7	17	Alimentation	62	Carburant	12	29
Bovin viande naisseur (n =19)	59	33	Alimentation	31	Carburant	23	17
Bovin viande engraisseur (n = 15)	62	28	Alimentation	53	Carburant	16	25
Porc (n = 36)	23	19	Alimentation	77	Electricité et gaz	10	38
Volaille (n = 70)	22	19	Alimentation	75	Electricité et gaz	13	32
Lapin (n = 25)	47	33	Alimentation	59	Electricité et gaz	14	23

¹ L'unité de produit est le kg de lait brut pour l'élevage de bovin lait. Pour le reste des productions il s'agit du kg de viande vif.

² Pourcentage de la consommation énergétique totale.

³ Pourcentage de la consommation énergétique totale imputable au transport des intrants depuis la France métropolitaine et l'Amérique du Sud.

Tableau II

Emissions de gaz à effet de serre et principaux postes d'émission par production animale à la Réunion (2007)

Production	Emissions de GES * totales		Principaux postes d'émission				Coût de l'insularité
	Moyenne (kg CO ₂ eq / unité de produit) ¹	Coefficient de variation (%)	1 ^{er} poste	% ²	2 ^e poste	% ²	% ³
Bovin lait (n = 30)	1,8	22	Alimentation	40	Fermentation entérique	27	20
Bovin viande naisseur (n =19)	18,5	30	Fermentation entérique	55	Alimentation	15	9
Bovin viande engraisseur (n = 15)	10,4	24	Alimentation	44	Fermentation entérique	30	24
Porc (n = 36)	3,6	14	Alimentation	75	Gestion effluents	9	39
Volaille (n = 70)	2,8	16	Alimentation	80	Gestion effluents	8	42
Lapin (n = 25)	5,2	25	Alimentation	65	Electricité et gaz	9	34

* Gaz à effet de serre

¹ L'unité de produit est le kg de lait brut pour l'élevage de bovin lait. Pour le reste des productions il s'agit du kg de viande vif.

² Pourcentage des émissions totales de GES.

³ Pourcentage des émissions de GES totales imputable au transport des intrants depuis la France métropolitaine et l'Amérique du Sud (représentées par du CO₂ essentiellement).

comparable étant donné son unité de produit différente. Pour les élevages ayant la viande comme produit principal, les monogastriques (à l'exception des lapins) ont eu physiologiquement une meilleure efficacité d'utilisation des aliments que les ruminants et ont produit peu d'émissions de GES d'origine entérique, ce qui expliquait leurs consommations d'ENR et leurs émissions de GES plus faibles. Les élevages de lapins étant particulièrement affectés par des problèmes sanitaires (forte mortalité avant sevrage), leurs consommations et émissions se rapprochaient des consommations des élevages de ruminants. Pour les émissions de GES, ces différences entre ruminants et monogastriques auraient été moindres si le stockage du carbone par les prairies avait été pris en compte, ce qui n'a pas été le cas dans cette étude.

Au-delà de ces comparaisons interproductions, de fortes variations intraproduction des consommations d'ENR et des émissions de

GES ont surtout été relevées, puisque les coefficients de variation ont tous été supérieurs à 14 p. 100. Cette variabilité a été particulièrement élevée pour les élevages de bovins viande naisseurs et engraisseurs, et pour les élevages de lapins. Une moindre variabilité (CV < 20 p. 100) a été observée pour les élevages de porcs et de volailles, car les pratiques y étaient plus standardisées.

Principaux postes d'impact

L'alimentation a été le principal poste de consommation et d'émission. Il totalisait les consommations et les émissions intervenues pendant la production des matières premières, leur transformation, leur conditionnement et leur transport. Selon la production, ce poste représentait 31 à 77 p. 100 des consommations énergétiques totales et 15 à 80 p. 100 des émissions de GES. La contribution

de l'alimentation a été particulièrement élevée car les élevages (y compris ceux de ruminants) avaient fortement recours aux aliments concentrés dont la matière première était importée d'Europe (céréales) et d'Amérique du Sud (soja). Le deuxième poste énergétique a été généralement le carburant pour les ruminants et l'électricité pour les monogastriques. En effet, les élevages de ruminants exploitaient des surfaces fourragères importantes et les monogastriques étaient élevés en bâtiments.

Le deuxième poste d'émission résultait de la fermentation entérique pour les ruminants et de la gestion des effluents d'élevage pour les monogastriques. Enfin, mis à part l'élevage de bovins viande naisseurs qui valorisait des surfaces prairiales importantes, le coût de l'insularité des productions animales réunionnaises a été particulièrement élevé aussi bien en termes de consommation énergétique (≥ 23 p. 100) que d'émission de GES (≥ 20 p. 100). Ce surcoût reflétait leur forte dépendance vis-à-vis de l'Europe et de l'Amérique du Sud, les territoires d'origine de la majorité des intrants, et il a été accentué par les niveaux élevés de concentrés distribués aux ruminants.

Corrélations entre inefficiences zootechnique et environnementales

Les figures 1 et 2 représentent respectivement les consommations énergétiques et les émissions totales de GES par kilogramme de poids vif produit (inefficiences environnementales) en fonction de l'indice de consommation des aliments concentrés (inefficience zootechnique). Seules les productions présentant les corrélations les plus élevées ont été représentées. L'élevage bovin laitier n'y figure pas car la différence d'unité de produit implique un écart d'échelle trop important pour être représenté sur une même figure. Les droites de régression linéaire entre les variables environnementales et la variable technique sont représentées dans les figures 1 et 2. En référence aux R^2 , les résultats montrent une corrélation positive entre les inefficiences environnementales et l'inefficience zootechnique, en cohérence avec le fait que l'alimentation représentait le principal poste de consommation et d'émission (tableaux I et II). La corrélation a été particulièrement élevée pour la production de volaille où les R^2 étaient dans les deux cas supérieurs à 0,9.

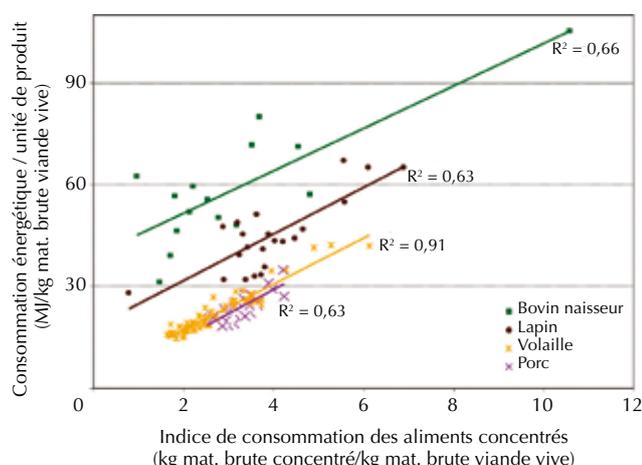


Figure 1 : relation entre les consommations d'énergie non renouvelable et la consommation d'aliments concentrés par kilogramme de poids vif produits dans différentes exploitations en comparant des systèmes d'élevage bovins naisseurs, lapins, poulets de chair et porcins à la Réunion (2007).

Elle n'a pas été vérifiée pour l'émission de GES des productions de ruminants du fait de la forte contribution des fermentations entériques (27-55 p. 100 des émissions de GES) et des émissions de N_2O pendant le stockage et les manipulations des effluents d'élevage. En effet, ces deux sources d'émission ont été essentiellement liées au nombre d'animaux et non pas aux quantités d'aliments concentrés consommés.

Voies de mitigation

Au-delà de la simple quantification de l'impact probable des productions animales, l'intérêt d'une telle étude couvrant un nombre relativement important d'exploitations a été de permettre l'identification de voies de mitigation adaptées aux systèmes d'élevage locaux. A la Réunion, la forte variabilité des performances au sein de chaque production animale évoquée plus haut ouvre des perspectives de marges de progrès importantes. Etant donné la multiplicité des microclimats, une étude approfondie de l'effet climat (température, hygrométrie et pluviométrie) sur les inefficiences mériterait d'être menée afin de déterminer, d'une part, si les inefficiences sont plutôt dues aux pratiques agricoles ou à la localisation des élevages et, d'autre part, déterminer si la localisation préférentielle des élevages dans des zones pédoclimatiques favorables ne serait pas une voie de mitigation à envisager.

En référence aux principaux postes de consommation et d'émission (tableaux I et II), des voies de mitigation ont été identifiées. Les surfaces agricoles de l'île sont relativement réduites et leurs possibilités d'expansion limitées (fortes tensions sur le foncier). L'importation de céréales et de tourteaux de soja est donc nécessaire pour garder les niveaux de productions actuels. Privilégier des sources d'approvisionnement proches de la Réunion (par exemple, Mozambique) serait favorable à la mitigation des deux impacts environnementaux étudiés. De plus, quelle que soit l'espèce élevée, une réduction de l'indice de consommation des aliments concentrés doit être visée. Pour les ruminants cela passe essentiellement par une amélioration de la qualité des fourrages distribués (en remplacement d'une partie des concentrés) et un meilleur suivi de la reproduction (réduction de l'intervalle vêlage - vêlage). Pour les monogastriques, la réduction de l'indice de consommation des aliments concentrés passe avant tout par

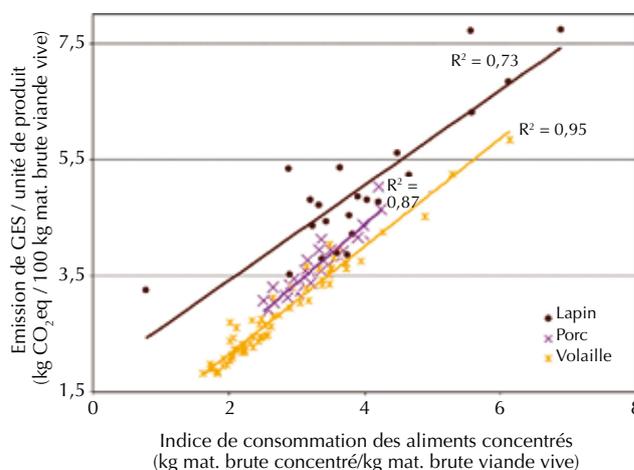


Figure 2 : relation entre les émissions de gaz à effet de serre (GES) et la consommation d'aliments concentrés par kilogramme de poids vif produit dans différentes exploitations en comparant des systèmes d'élevage lapins, porcins et poulets de chair à la Réunion (2007).

une amélioration de l'ambiance dans les bâtiments (par exemple, réduction de la température en été) et plus de rigueur en matière de biosécurité (hygiène, prévention des pathologies) qui sont deux points clés en contexte tropical.

Pour réduire la consommation énergétique des élevages de bovins en carburant et des monogastriques en électricité et en butane, des progrès importants peuvent également être réalisés, a) par le réglage et le choix de tracteurs de puissances adaptées aux travaux réalisés en élevage de ruminants, b) par l'isolation des bâtiments et la mise en place de boîtiers de régulation d'ambiance automatisés en élevage de monogastriques (coût des boîtiers largement compensé par les économies).

Enfin, une amélioration de la qualité des fourrages produits localement favorisera également une diminution des émissions de CH₄ liées aux fermentations entériques (deuxième poste d'émission des ruminants) et une couverture des fosses permettra de réduire les émissions de N₂O liées au stockage des effluents d'élevage (deuxième poste d'émission des monogastriques).

■ DISCUSSION

Les systèmes d'élevage réunionnais diffèrent de ceux rencontrés en France métropolitaine. En particulier en élevage de bovins, les niveaux de consommation de concentrés sont plus élevés à la Réunion. Par ailleurs, les élevages de monogastriques en hors-sol dépensent sur cette île généralement moins d'énergie pour le chauffage des bâtiments. Dans les deux cas, l'importance énergétique en regard du poste alimentation est donc accentuée. 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 animale (soit moins d'une dizaine d'aliments distingués). Cette expérience de transposition d'une méthode de type ACV dans un contexte tropical différent de celui de sa conception constitue une première référence dans la perspective d'étudier des systèmes de production agricoles dans les pays du Sud.

Peu de références sont disponibles concernant les systèmes d'élevage tropicaux en matière de consommation d'ENR et d'émission de GES (1). Bien souvent, ces systèmes d'élevage s'éloignent encore plus significativement de ceux rencontrés en France métropolitaine. Généralement, ils sont moins productifs, moins mécanisés et ont peu recours aux intrants industriels importés. Par conséquent, les consommations d'ENR ramenées au kilogramme de produit y sont plus faibles (2, 23). De plus les systèmes d'élevage des Suds sont majoritairement alimentés sur la base de ressources locales fortement cellulosiques à haut pouvoir méthanogène (par exemple, résidus de cultures). Ainsi, les premières ACV montrent des émissions de GES par kilogramme de produit plus élevées (17, 9).

Une application dans les Suds de méthodes telles que Planète permettrait d'élargir le panel de références et d'identifier des voies de mitigation cohérentes avec les voies d'intensification locales. Cela suppose de fortes adaptations méthodologiques. La principale semble être une adaptation du périmètre d'analyse pour 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 a un impact environnemental qu'il s'agira d'évaluer. Alors que l'alimentation humaine a un impact 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 faible niveau d'intrants (par exemple, systèmes pastoraux du Ferlo sénégalais) ou à haute intensité de main d'œuvre (par exemple, systèmes agriculture élevage de la zone cotonnière du Burkina Faso). Le caractère mixte des systèmes agricoles des Suds et la multifonctionnalité des activités d'élevage constituent deux autres particularités importantes. En effet, la majorité des systèmes agricoles associent des activités d'élevage, d'agriculture, et de pisciculture toutes fortement imbriquées et interdépendantes (7, 10). De même, les troupeaux remplissent de multiples fonctions, telles que la fourniture de viande et de lait pour l'alimentation humaine, la fourniture d'engrais organiques et de force de traction pour la conduite des cultures (8, 12, 13, 21). Ces particularités ou spécificités supposent une attention particulière à l'allocation des impacts entre les différentes activités de l'exploitation et entre les différentes fonctions des troupeaux. L'allocation protéique (18) ou l'expansion du système (5) sont des voies méthodologiques probablement à privilégier. Enfin, face à un accès limité aux ENR, les systèmes d'élevage tropicaux mobilisent fortement les énergies organiques telles que les biomasses végétales sur parcours et les énergies naturelles telles que le rayonnement solaire (d'ailleurs mobilisées pour la production d'énergies organiques). « Emergy » est une méthode qui justement comptabilise l'utilisation directe et indirecte de ces différentes formes d'énergies et les convertit en une forme d'énergie de référence commune (4, 14, 16). C'est donc une méthode également intéressante pour évaluer l'inefficience environnementale des systèmes d'élevage dans les Suds et raisonner leur intensification.

■ CONCLUSION

La réflexion autour des bilans énergétiques et GES menée dans cette étude illustre l'intérêt d'une évaluation de l'inefficience environnementale des productions animales tenant compte de l'aval de la production, c'est-à-dire des consommations et émissions directes et indirectes. Au-delà de l'incertitude sur les coefficients énergétiques et les facteurs d'émission, et donc sur les indicateurs environnementaux, ce type d'étude permet de proposer des référentiels et d'identifier des voies de mitigation adaptées. Le cas réunionnais montre que l'inefficience environnementale des systèmes d'élevage est fortement corrélée à leur inefficience zootechnique. Il illustre ainsi qu'il est possible d'intensifier écologiquement les systèmes d'élevage, c'est-à-dire produire plus avec impact environnemental limité.

Les Suds seront les lieux de changements radicaux dans les quarante prochaines années. Or, en agriculture, la majorité des méthodes d'évaluation de type ACV ont été développées en pays du Nord et très peu de références sont aujourd'hui disponibles pour les systèmes d'élevage tropicaux. Un enjeu majeur est l'adaptation de ces méthodes pour leur utilisation en contextes tropicaux. Les premières adaptations méthodologiques ici présentées sur le cas réunionnais illustrent la démarche qui devra être menée et permet d'anticiper des aspects méthodologiques qui seront importants : a) l'adaptation des coefficients énergétiques et des facteurs d'émission, b) la considération en priorité des ressources majeures, parfois originales (par exemple, force de travail humaine et animale), c) l'allocation des impacts dans des systèmes agricoles généralement mixtes et au sein d'activités d'élevage multifonctionnelles (alimentation humaine, fertilisation des cultures, travaux agricoles), et d) une comptabilisation de l'utilisation des autres formes d'énergies (énergies animale, organique et naturelle).

Remerciements

Les auteurs remercient les 195 éleveurs qui ont mis à disposition leurs comptabilités *via* leurs organismes de gestion (CERFrance et chambre d'agriculture) et les providiers (Urcoopa et Proval-Sandchams) qui ont fourni la composition détaillée des aliments d'élevage commercialisés à la Réunion.

BIBLIOGRAPHIE

1. BASSET-MENS C., BENOIST A., BESSOU C., TRAN T., PERRET S., VAYSSIERES J., WASSENAAR T., 2010. Is LCA-based eco-labelling reasonable? The issue of tropical food products. In: LCA-food VII, Bari, Italy, 22-24 Sept., 6 p.
2. BENAGABOU I.N., 2011. Contribution de l'association agriculture-élevage dans l'amélioration du bilan du flux énergétique dans les systèmes agro-pastoraux : cas de Koumbia. Mém. Ing. Dév. rural, Université polytechnique, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 59 p.
3. BOCHU J.L., 2007. Synthèse 2006 des bilans Planète. Consommations d'énergie et émissions de GES des exploitations agricoles ayant réalisé un bilan Planète. Toulouse, France, Solagro/Ademe, 28 p.
4. CASTELLINI C., BASTIANONI S., GRANAI C., DAL BOSCO A., BRUNETTI M., 2006. Sustainability of poultry production using the emergy approach: Comparison of conventional and organic rearing systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **114**: 343-350.
5. CEDERBERG C., STADIG M., 2003. System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *Int. J. Life Cycle Assess.*, **8**: 350-356.
6. CHAUMET J.M., DELPEUCH 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. Montpellier, France, Cirad/INRA, 195 p.
7. D'AQUINO P., LHOSTE P., LE MASSON A., 1995. Interactions entre les systèmes de production, d'élevage et l'environnement : système de productions mixtes agriculture pluviale et élevage en zone humide et sub-humide d'Afrique. Montpellier, France, Cirad-EMVT, 117 p.
8. DUGUE P., VALL E., LECOMTE P., KLEIN H.D., ROLLIN D., 2004. Evolution des relations entre l'agriculture et l'élevage dans les savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre : un nouveau cadre d'analyse pour améliorer les modes d'intervention et favoriser les processus d'innovation. *Ol. Corps gras Lipides*, **11** : 268-276.
9. GERBER P., VELLINGA T., OPIO C., HENDERSON B., STEINFELD H., 2010. Greenhouse gas emissions from the dairy sector - a life cycle assessment. Rome, Italy, FAO, 94 p.
10. HERRERO M., THORNTON P.K., NOTENBAERT A.M., WOOD S., MSANGI S., FREEMAN H.A., BOSSIO D., DIXON J., PETERS M., VAN DE STEEG J., LYNAM J., RAO P.P., MACMILLAN S., GERARD B., MCDERMOTT J., SERE C., ROSEGRANT M., 2010. Smart investments in sustainable food production. Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, **327**: 822-825.
11. IPCC, 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol. 4: Agriculture, forestry and other land use. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 87 p.
12. LANDAIS E., LHOSTE P., 1990. L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités du terrain. *Cah. Sci. Hum.*, **26** : 217-235.
13. LANDAIS E., LHOSTE P., 1993. Systèmes d'élevage et transfert de fertilité dans la zone des savanes africaines. II : Les systèmes de gestion de la fumure animale et leur insertion dans les relations entre l'élevage et l'agriculture. *Cah. Agric.*, **2** : 9-25.
14. ODUM H.T., 1984. Energy analysis of the environmental role in agriculture. In: Stanhill G. Ed., Energy and agriculture. Berlin, Germany, Springer Verlag, p. 24-51.
15. RISOU D., THEOBALD O., 2002. Référentiel pour l'analyse énergétique de l'exploitation agricole et son pouvoir de réchauffement global. Annexe au doc. Analyse énergétique d'exploitations agricoles et pouvoir de réchauffement global. Méthode et résultats sur 140 fermes françaises. Dijon, France, Enesad, Ademe, 43 p.
16. ROTOLO G.C., RYDBERG T., LIEBLEIN G., FRANCIS C., 2007. Emery evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **119**: 383-395.
17. STEINFELD H., GERBER P., WASSENAAR T., CASTEL V., ROSALES M., DE HAAN C., 2006. Livestock's long shadow. Environmental issues and options. Rome, Italy, FAO, LEAD initiative, 319 p.
18. THEVENOT A., VAYSSIERES J., AUBIN J., TILLARD E., 2012. Nitrogen content allocation to handle co-products in livestock systems: Case study on a poultry supply chain. In: LCA-Food VIII, St. Malo, France, 2-4 Oct., 1 p.
19. THEVENOT A., VIGNE M., VAYSSIERES J., 2011. Référentiel pour l'analyse énergétique et l'analyse du pouvoir de réchauffement global des exploitations d'élevage à la Réunion, rapport technique. St Pierre, la Réunion, Cirad, FRCA, 32 p.
20. 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**: 113-127.
21. VALL E., DONGMO NGOUTSOP A.L., NDAO T., ILBOUDO I., 2004. Evolution des pratiques de traction animale et conséquences sur la durabilité des systèmes de culture. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **57** : 145-155.
22. VAYSSIERES J., VIGNE M., SLEGTEN V., LECOMTE P., 2009. A whole farm simulation model to improve multi-criteria system efficiency. In: AgSAP int. Conf., Egmond aan Zee, Netherlands, 10-12 Mar. 2009, p. 280-281.
23. VIGNE M., BA A., DEMBELE B., COULIBALY D., 2012. Efficience énergétique des systèmes en intégration agriculture-élevage situés dans la région de Sikasso, Mali Sud. *Cah. Econ. rurale*, submitted.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Vayssières J., Thevenot A., Vigne M., Cano M., Broc A., Bellino R., Diacono E., De Laburthe B., Bochu J.L., Tillard E., Lecomte P. Evaluating zootechnical and environmental inefficiency for ecological intensification of tropical livestock systems. Case study of Reunion Island

According to FAO, animal production would contribute up to 18% to global anthropogenic green house gas (GHG) emissions. In the face of an increasing world population and demand in food products, more productive and more environmentally-friendly livestock systems have to be conceived. With that aim, non-renewable energy uses and GHG emissions of main animal productions (dairy cattle, beef cattle, pig, poultry and rabbit) were assessed in Reunion tropical island. Based on a method developed in mainland France, energy coefficients and emission factors were redefined to include specificities of the local context and livestock systems. The studied sample comprised 195 farms, i.e. more than 25% of farms overseen by local cooperatives. The study highlights the positive correlation between environmental inefficiency (non renewable energy uses, and GHG emissions per kilogram of animal product) and zootechnical inefficiency (quantity of concentrate feed consumed per kilogram of animal product). It is thus possible to intensify ecologically animal productions. Similar studies are rare in countries of the South. Their development supposes even more drastic methodological adaptations than those conducted in Reunion so as to evaluate little-mechanized low-input mixed systems, where livestock activities are multifunctional and use various energy types.

Keywords: Animal production – Life cycle analysis – Intensification – Sustainability – Environmental impact – Reunion.

Resumen

Vayssières J., Thevenot A., Vigne M., Cano M., Broc A., Bellino R., Diacono E., De Laburthe B., Bochu J.L., Tillard E., Lecomte P. Evaluación de las ineficiencias zootécnicas y de ambientales para intensificar ecológicamente los sistemas de cría tropicales. Estudio de un caso en La Reunión

Según la FAO, la cría contribuiría con 18% de las emisiones globales de gas a efecto de invernadero (GES) de origen antropogénico. Frente a una población mundial y una demanda de productos animales en aumento, se tratan de concebir sistemas de cría no solamente más productivos, sino igualmente más respetuosos del ambiente. Con esta perspectiva, se evaluaron los consumos de energías no renovables (ENR) y las emisiones de GES de las principales producciones animales de La Reunión (bovino de leche, bovino de carne, cerdo, aves y conejo). Partiendo de un método desarrollado en Francia metropolitana, se trató de re evaluar los coeficientes energéticos y los factores de emisión, teniendo en cuenta las particularidades del contexto y de los sistemas de cría locales. La muestra estudiada comprendió 195 establecimientos, o sea más de 25% de las explotaciones enmarcadas por las cooperativas locales. El presente estudio mostró que las ineficiencias ambientales (consumo de ENR y de emisiones de GES por kilogramo de producto animal) y la ineficiencia zootécnica (cantidades de alimentos concentrados consumidos por kilogramo de producto animal) estuvieron correlacionadas positivamente. Es así posible intensificar ecológicamente producciones animales. Estos estudios son raros en los Sures; su auge supone adaptaciones de metodología aún más importantes que las llevadas en el caso de La Reunión, para poder evaluar los sistemas generalmente poco mecanizados, con bajo nivel de insumos, mixtos, cuya cría es multifuncional y moviliza formas de energía múltiples.

Palabras clave: Producción animal – Análisis del ciclo de duración – Intensificación – Sostenibilidad – Impacto ambiental – Reunión.

Innovations technico-organisationnelles et relations de pouvoir dans les systèmes de production pastorale au Mali : dynamique des acteurs de la filière laitière périurbaine de Bamako

G. Fokou^{1*} B.V. Koné^{1,2} B. Bonfoh¹

Mots-clés

Lait – Commercialisation – Innovation – Structure sociale – Rôle des femmes – Mali.

Résumé

Depuis plusieurs décennies dans les pays sahéliens, la production pastorale s'oriente de façon croissante vers le marché en vue de contribuer à la sécurité alimentaire tout en offrant aux éleveurs des moyens d'existence durable. Au Mali, des stratégies de valorisation du lait local ont été initiées, avec la mise en place d'un réseau de minilaiteries et de coopératives de producteurs qui fournissent aux consommateurs, des produits de bonne qualité et en grande quantité. Les innovations sont inscrites dans un ensemble d'activités comprenant la modernisation des infrastructures et des procédés de transformation, l'observation des règles d'hygiène et l'accès aux soins vétérinaires, l'accroissement de la productivité à travers l'amélioration génétique. Ces innovations ont des effets non seulement sur les performances économiques des systèmes de production mais aussi sur les relations de pouvoir entre les acteurs de la filière laitière. Cet article vise à montrer que l'implantation des minilaiteries a contribué à améliorer les revenus et la qualité de vie des populations aux alentours de Bamako, mais aussi, qu'elle a conduit à une restructuration des relations entre les acteurs. Certains d'entre eux, tels que les femmes ou les bergers, éprouvent plus de difficultés qu'avant à s'insérer dans la filière. L'innovation apparaît à la fois comme le moteur et le produit des transformations sociales.

■ INTRODUCTION

Environ 75 p. 100 des pauvres du monde vivent dans les zones rurales (40). Ils appartiennent majoritairement à des communautés qui dépendent des ressources naturelles marginales pour leur subsistance. De ce fait, l'accès aux moyens d'existence est affecté par la variabilité climatique, la dégradation des ressources naturelles et les conflits pour l'accès à celles-ci. Ces pauvres comptent parmi eux des millions de pasteurs pour qui l'élevage constitue l'une des principales activités (40). Depuis quelques décennies, une forte hausse de la demande d'aliments d'origine animale dans de nombreux pays en développement a débouché sur une réorientation de la production agricole au sein de ceux-ci. Dans ce contexte, la dynamique

productive tend à moins s'appuyer sur la disponibilité en ressources naturelles et davantage sur la demande marchande (18).

Ces tendances sont à l'œuvre dans les zones périurbaines d'Afrique, du fait d'une urbanisation rapide induisant une forte demande en produits d'origine animale (22, 25, 26, 27) qui ouvrent de nouvelles opportunités marchandes aux éleveurs (29). Dans ces zones, la réorientation de l'agriculture concourt à mettre à la disposition des populations des produits d'élevage de bonne qualité hygiénique et en grande quantité. Par ailleurs, la libéralisation du secteur de l'élevage et la dévaluation du franc CFA ont contribué à accélérer les bouleversements dans la filière laitière de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest et au Mali en particulier (17, 20, 27). Ces réformes ont eu pour effet la réorganisation de la collecte et de la distribution du lait, avec le développement des minilaiteries et de l'activité de collecteur-vendeur. Tous ces acteurs mettent en relation les zones de production et les zones de consommation de lait (4). En l'absence d'une politique laitière clairement définie, on observe un développement du secteur laitier informel et des changements des modes de production (2, 3) et de consommation (5, 17, 23, 34), qui s'accompagnent d'innovations techniques et organisationnelles.

1. Centre suisse de recherches scientifiques, 01 BP 1303, Abidjan, Côte d'Ivoire.

2. Institut d'ethnosociologie, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +225 23 47 27 90 ; fax : +225 23 45 12 11

E-mail : gilbertfokou@yahoo.fr / gilbert.fokou@csrs.ci

La littérature sur l'innovation montre que les transformations dépendent de processus longs et complexes du fait de leur enchaînement dans un système technologique, économique, social et politique plus large (12). Ainsi, l'innovation s'appuie sur des changements et des résistances qui peuvent s'observer à trois niveaux différents : la niche, le régime sociotechnique et l'environnement (31). L'innovation s'opère à un niveau micro (la niche), espace de tests et d'apprentissages où se tissent les liens et s'effectuent des échanges entre acteurs. Elle s'opère aussi au niveau méso (régime sociotechnique) où se définissent les jeux de pouvoir et les règles spécifiques qui structurent les interactions entre les acteurs (12) et le niveau macro (environnement) comprenant les facteurs globaux qui conditionnent l'innovation (31, 32). Cet article s'intéresse particulièrement aux changements aux niveaux de la niche et du régime sociotechnique. Les bassins laitiers de la périphérie de Bamako représentent une niche où se font des expériences diverses et se tissent des relations concourant à la modernisation ou à l'amélioration du système de production.

L'innovation ici ne renvoie pas uniquement à l'amélioration des procédés de production du lait à travers la mise en place des centres de collectes ou des minilaiteries, mais aussi à une structuration organisationnelle assurant l'inscription des producteurs dans des groupements institutionnellement reconnus. Ces changements technico-organisationnels affectent les comportements, les pratiques et les stratégies des acteurs de la filière laitière périurbaine du Mali et modifient les interactions entre eux. La question est de savoir comment les innovations techniques et organisationnelles au sein de la filière lait affectent les acteurs (femmes transformatrices et bergers) qui occupaient initialement une place centrale. Les interactions entre ces acteurs sont le fruit de jeux de pouvoirs et de la formulation de règles spécifiques (10, 16, 37). Il importe donc d'examiner comment ces relations de pouvoir s'exercent autour des enjeux de l'innovation, qui ne sont pas uniquement économiques mais aussi sociaux.

L'hypothèse énoncée ici est que les innovations contribuent à changer durablement les positions de certains acteurs de la filière laitière périurbaine et particulièrement celle des femmes et des bergers, ce qui affecte en retour les systèmes de production. Après une présentation succincte des méthodes de collecte des données, les innovations technologiques et organisationnelles dans le bassin laitier de Bamako sont décrites, puis une analyse de leurs effets sur les relations de pouvoir entre les acteurs et sur les transformations sociales engendrées est menée.

■ METHODOLOGIE

L'article est bâti principalement autour des résultats d'enquêtes menées entre 2006 et 2009 dans la périphérie urbaine de Bamako et, plus précisément, dans la zone d'intervention du Projet d'appui à la filière laitière périurbaine du Mali (Paflapum) (figure 1).

Dans de nombreuses sociétés ouest africaines, les femmes ont traditionnellement joué un rôle de premier plan dans le domaine laitier. Les activités de traite, de conduite de la fermentation, d'écraimage ou de barattage du lait leur étaient dévolues et elles bénéficiaient souvent d'un droit exclusif sur le lait et les revenus laitiers (2, 15). Selon la division sexuelle du travail dans l'économie pastorale domestique traditionnelle peule du Mali, l'homme s'occupait des animaux en déplacement, tandis que la femme disposait librement des produits de la vente du lait et des produits laitiers (5, 39). C'est cette division sexuée des fonctions et des ressources qui est mise à l'épreuve dans les transformations récentes. Par ailleurs, dans le système pastoral traditionnel, le contrat de gardiennage stipulait que le berger devait assurer la garde du troupeau

et lui apporter les soins nécessaires en échange de droits sur la production laitière des vaches, ainsi que sur le croît du cheptel (veaux et agneaux) (24, 28, 44). Or les changements récents dans les méthodes de commercialisation du lait ont également contribué à affaiblir la position de ces bergers vis-à-vis des propriétaires qui les salarient (42).

Les recherches visaient à analyser l'évolution des relations de pouvoir de ces deux catégories d'acteurs dans la filière, dans un contexte d'innovation technique et organisationnelle. Elles se sont appuyées sur trois études portant sur les thèmes suivants :

- l'impact socio-économique des laiteries du réseau Paflapum autour de Bamako (42) ;
- les dynamiques d'adaptation des femmes face aux transformations des systèmes laitiers périurbains de Bamako (Kasséla) ;
- l'insertion socioprofessionnelle des bergers dans le nouveau système de production laitière dans le bassin laitier de Bamako.

La première investigation s'est déroulée entre avril et juin 2007 dans quatre minilaiteries du réseau Paflapum (Kasséla, Ouélessébougou, Kéléya et Sélingué). Pour la première minilaiterie située à Kasséla (village de la commune de Baguinéda Camp, située à 42 km au nord-est de Bamako), 24 producteurs laitiers, 15 bergers conducteurs de bétail, 9 collecteurs de lait, 6 vendeuses de lait, 12 tenanciers de points de vente, 15 consommateurs de lait et produits laitiers ont été interrogés. Pour les trois autres minilaiteries, seule l'étude de rentabilité technico-financière a été réalisée. La méthodologie de cette étude est présentée en détail par Séry (42).

La deuxième étude s'est déroulée entre mai 2006 et février 2007. Elle a consisté à réaliser des entretiens semi-directifs avec 19 femmes de producteurs vivant à Kasséla et membres de la coopérative, pour comprendre les effets de l'implantation de la minilaiterie sur leurs droits économiques relatifs au lait et, plus généralement, sur l'évolution de leurs revenus. L'attention s'est focalisée sur un groupe de trois femmes dont la transformation et la vente du lait était l'activité principale. Des fiches de suivi de la collecte - transformation - commercialisation, et des fiches de suivi de leurs dépenses et recettes ont été établies au cours des mois de mai (fin de la saison sèche) et octobre 2006 (fin de la saison des pluies). Enfin, des fiches de suivi des volumes de lait collectés chez 23 fournisseurs de ces femmes ont été dressées (35).

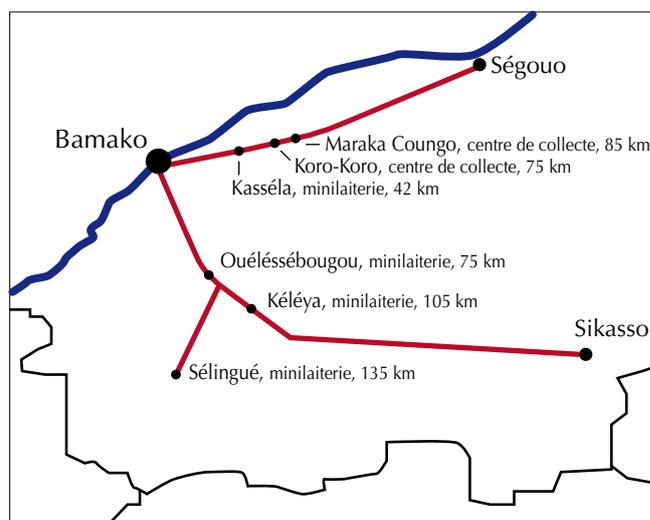


Figure 1 : localisation des coopératives encadrées par le projet Paflapum (source : Paflapum, 2007).

La troisième investigation qui portait sur les bergers s'est quant à elle appuyée sur une enquête sociologique, menée dans le bassin laitier de Bamako, portant sur sept coopératives de producteurs affiliées à la Fédération nationale des producteurs laitiers du Mali (Fenalait). Il s'agissait des coopératives de Kasséla, Kéléya, Ouélessébougou, Koro-Koro, Sélingué et Maraka Coungo du projet Paflapum, encadrées par VSF-Suisse et l'organisation non gouvernementale CAB Demeso (38), d'une part, et de la coopérative de Koumantou soutenue par VSF-Belgique, d'autre part. Cent-six bergers sélectionnés aléatoirement dans les sept coopératives ont été soumis à un questionnaire standardisé pour comprendre les transformations de leurs conditions de vie dans le contexte de la modernisation de la filière laitière et leurs stratégies de survie. Ces données ont été complétées par des entretiens semiestructurés, menés à l'aide d'un guide d'entretien auprès de quelques informateurs choisis parmi les propriétaires de bétail et les femmes de bergers.

Pour ces deux dernières études, les données quantitatives ont été analysées à l'aide du logiciel SPSS 16. Les données qualitatives ont été systématiquement retranscrites pour faire l'objet d'une analyse de contenu thématique.

■ RESULTATS

Innovations technico-organisationnelles dans le bassin laitier de Bamako

L'innovation dans le bassin laitier de Bamako est à la fois marquée par les transformations d'ordre technique (modernisation de la collecte, transformation et commercialisation du lait), mais aussi à travers la structuration organisationnelle autour des activités des divers acteurs.

Minilaiterie : de innovation technique à la recomposition des interactions sociales

Les changements techniques opérés dans le bassin laitier de Bamako apparaissent clairement si on superpose le nouveau schéma de production – transformation - distribution des produits laitiers à celui représentant les pratiques antérieures des éleveurs (figure 2). Le circuit du lait de la laiterie s'est juxtaposé au circuit artisanal qui existait auparavant. De plus, des circuits informels qui échappent à toute possibilité de contrôle de qualité se sont parallèlement développés.

Même si le paysage pastoral sahélien actuel est profondément reconfiguré, les transformatrices artisanales que l'on rencontre encore dans les bassins laitiers sont les héritières d'une catégorie d'acteurs qui, depuis bien longtemps, a offert aux consommateurs des produits divers et variés (lait frais bouilli, lait caillé, beurre, fromage). Ces produits sont de plus en plus appréciés des consommateurs du point de vue du goût et de leurs apports calorifiques. Ce mode de commercialisation des produits laitiers est progressivement remplacé par les circuits de minilaiterie. L'implantation de ces minilaiteries a introduit de nouveaux procédés de transformation et a contribué à changer le statut du lait chez les éleveurs peuls. L'amélioration de la qualité hygiénique du lait grâce à la formation des éleveurs et du personnel des laiteries au maintien d'un environnement de travail sain, d'une part, l'application des tests de contrôle de qualité (test de densité et d'acidité), d'autre part, orientent préférentiellement les consommateurs, surtout dans les villes, vers les produits laitiers des laiteries, comme en témoigne un consommateur rencontré à Bamako en mai 2007 : « depuis qu'on nous amène chaque jour du lait de Kasséla en voiture, j'ai plus confiance quand j'en achète. Avant, non seulement le lait était rare, mais quand on le trouvait, comme on ne connaissait pas sa provenance, on ne pouvait pas savoir s'il est bon ou pas. Maintenant

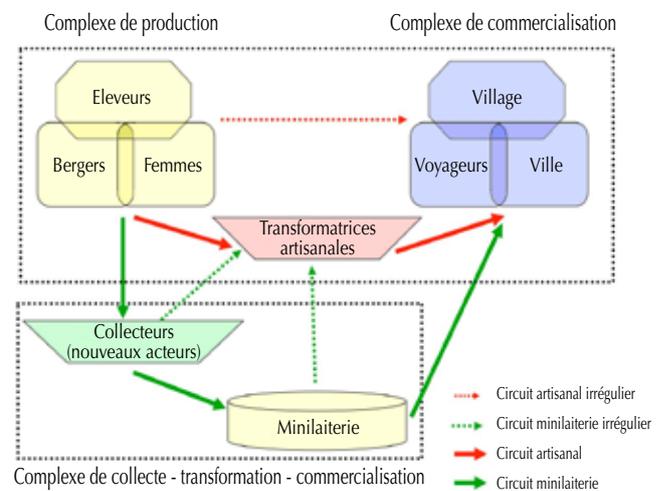
même si tu as mal au ventre en buvant le lait, tu sais exactement d'où il provient et tu sauras où aller te plaindre ».

Cependant, les transformatrices artisanales de lait continuent d'alimenter des circuits de commercialisation qualifiés d'informels. Ces circuits sont alimentés soit par du lait refusé par la laiterie en raison de la surabondance de l'offre, soit par du lait qui a été refusé par elle, du fait de sa non-conformité aux tests de qualité, soit, enfin, par du lait vendu par les bergers sur leur propre part. Ces derniers exagèrent souvent sur les quantités qui leur reviennent et sont obligés de vendre ces quantités excédentaires par rapport à leurs besoins alimentaires propres. L'intensité des interactions entre la minilaiterie et les femmes transformatrices artisanales, dont les produits sont souvent commercialisés à proximité de la laiterie, comme à Kasséla, montre que la démarcation entre ces deux réseaux reste floue.

Organisations, coopératives et sécurité socio-économique des éleveurs

La création des minilaiteries s'est accompagnée d'une nouvelle structuration organisationnelle qui permet notamment une meilleure gestion des interactions entre acteurs de la filière. Dans la zone d'intervention du Paflapum, de nombreuses coopératives de producteurs, créées pour la plupart vers la fin des années 1990, se sont renforcées autour de quatre minilaiteries (Kasséla, Ouélessébougou, Kéléya et Sélingué) pour la collecte, la transformation et la distribution du lait local. Deux centres de collecte (Koro-Koro et Maraka Coungo), qui collectent du lait dans des contrées éloignées de plus de 100 km de Bamako et l'acheminent à la minilaiterie de Kasséla, ont été connectés au réseau en 2006. Ces organisations ont connu un essor remarquable avec le lancement du Paflapum en 2005 qui leur a permis de bénéficier d'un soutien et d'un encadrement multiformes.

Dans le réseau Paflapum, l'adhésion à la coopérative présente plusieurs avantages pour l'éleveur. Il peut bénéficier d'une formation aux bonnes pratiques d'hygiène et des conseils des vétérinaires ou des animateurs du projet pour la gestion de son cheptel. Mais surtout, la coopérative lui garantit un revenu régulier en s'engageant à acheter toute sa production à un taux fixe de 350 francs CFA (0,53 euro) le litre, si ce lait est jugé de bonne qualité, c'est-à-dire s'il s'avère conforme aux normes pour les tests à l'alcool (qualité bactériologique) et de densité (absence de mouillage). Ces coopératives fournissent, de plus, aux éleveurs un système de



Source : B. Bonfoh, INSAH-STI, 2006

Figure 2 : complexe de collecte – transformation - commercialisation du lait local dans la périphérie urbaine de Bamako.

crédit « lait contre services », qui consiste à leur fournir, en avance sur recettes, certains services tels que l'approvisionnement en aliment - bétail, les soins vétérinaires ou l'insémination artificielle. Les quatre unités de collecte qui fonctionnaient en plein régime en 2006 ont fourni aux éleveurs les revenus nets suivants : Kasséla (2 113 900 FCFA soit 3 227,32 €), Sélingué (616 650 FCFA soit 941,45 €), Ouélessébougou (1 866 668 FCFA soit 2 849,87 €) et Kéléya (1 143 970 FCFA soit 1 746,51 €). Même s'il convient de reconnaître que ces performances sont encore en-deçà des attentes, les éleveurs considèrent dans leur quasi-totalité que leur situation économique s'est améliorée depuis l'implantation de la laiterie.

Innovations technico-organisationnelles et changement des relations de pouvoir

Baisse de la participation des femmes dans la filière laitière locale

Avec la modernisation du système de production - commercialisation du lait autour de Bamako, les femmes qui avaient jusqu'alors occupé une place centrale dans l'économie pastorale laitière ont progressivement perdu leur autonomie financière et indirectement leur importance sociale. Elles ne sont plus celles dont l'activité nourrit le ménage et sont parfois devenues dépendantes de leurs époux pour des prestations sociales telles que les baptêmes et les mariages. Près des trois quarts des femmes enquêtées disent n'avoir désormais quasiment plus aucun droit sur les revenus du lait depuis la création de la minilaiterie qui organise la collecte et surtout depuis la mise en place des coopératives de producteurs.

En effet, avec la mise en place du circuit de commercialisation des minilaiteries, le lait dont le surplus était autrefois caillé par les femmes peules pour être vendu dans les villages afin de garantir le *na nsongo* (prix du condiment), c'est-à-dire le repas quotidien du ménage, ou pour satisfaire certains besoins personnels, est désormais géré par les hommes. Les raisons de cette prise de pouvoir sont liées au désir des hommes de contrôler un secteur d'activité devenu rentable, mais s'explique aussi par la monétarisation de la production en raison de l'achat d'intrants et de l'accroissement des frais d'entretien du troupeau, lesquels sont généralement à la charge de l'homme.

Au Mali, on observe la baisse de la participation des femmes dans l'activité laitière à deux niveaux : celui, déjà examiné, des ménages d'éleveurs au sein desquels les femmes perdent leurs droits sur le lait, mais aussi celui de l'organisation de la collecte, de la transformation et de la commercialisation du lait par les revendeuses auquel tend à se substituer le circuit de la laiterie. Parmi les éleveurs enquêtés, 70 p. 100 ont affirmé avoir totalement arrêté l'approvisionnement des femmes revendeuses en lait. En conséquence, ces dernières se sont tournées vers d'autres activités, comme les soins aux veaux et petits ruminants. Les éleveurs de la zone périurbaine de Bamako expliquent cette implication croissante des femmes dans l'élevage de petits ruminants par la réduction des amplitudes de transhumance et par le fait que ces animaux peuvent facilement être vendus pour les besoins urgents du ménage. Toutefois, même si les femmes sont chargées de procurer des soins aux animaux, elles ne sont pas pour autant les principales bénéficiaires des revenus qu'elles pourraient convertir en capital économique et social, comme c'était le cas traditionnellement pour le lait. Une femme de producteur laitier résume la situation lors d'un entretien réalisé à Kasséla en février 2007 : « nos maris se chargent de tout maintenant : livrer le lait à la laiterie, faire des réunions à la coopérative, acheter le tourteau pour les animaux et autres. Nous les femmes, on s'occupe des animaux quand ils rentrent à la maison c'est tout. A part quelques-unes qui vendent au bord du goudron, on ne touche plus au lait ici ».

Pour conserver une source de revenu marchand, certaines femmes procèdent à une diversification de leur offre, en proposant aux

consommateurs, outre du lait cru utilisé pour des sacrifices, du lait pasteurisé, du *féné* et du *ghee* (beurre). Pour obtenir ces produits, elles s'approvisionnent soit à la laiterie qui leur livre le lait non vendu de la journée, soit chez les bergers qui sont souvent propriétaires de quelques vaches laitières. Parfois, quand les quantités collectées auprès des différents fournisseurs sont trop faibles, elles recourent à la reconstitution du lait en poudre pour augmenter les quantités disponibles qu'elles vendent sous la forme de lait frais.

Le berger dans la filière laitière moderne : entre insertion et exclusion

Le berger est l'un des acteurs dont le pouvoir a fortement diminué dans la filière après l'implantation des minilaiteries et centres de collecte. Au cours des dernières décennies, la pratique pastorale s'est progressivement intensifiée dans la périphérie urbaine de Bamako. Cette intensification de l'activité pastorale est allée de pair avec l'apparition d'une nouvelle catégorie d'acteurs dans la filière : les propriétaires de bétail absentéistes. Ce sont principalement des fonctionnaires ou des commerçants qui ont acheté des terres sur lesquelles ils ont développé un élevage semi-intensif, dont l'administration est confiée à un tiers (un berger ou un autre éleveur). L'étude sur l'insertion socioprofessionnelle des bergers dans le nouveau système de production laitière dans le bassin laitier de Bamako a révélé que, dans les sept coopératives enquêtées, plus du tiers des propriétaires de fermes relèvent de cette catégorie. Ne disposant ni du temps, ni du savoir-faire nécessaire, ils reposent exclusivement sur la main-d'œuvre des bergers salariés pour la bonne marche de leurs élevages. Même chez les propriétaires présents à la ferme, le recours aux bergers est croissant, car l'éleveur exerce parfois une autre activité (travaux champêtres, commerce, etc.).

A travers ces transformations, la valeur économique du bétail tend à supplanter les considérations symboliques qui fondaient traditionnellement la pratique de l'élevage dans les sociétés sahéliennes. Les formes de contractualisation entre les éleveurs et les bergers se trouvent ainsi modifiées. Aux dons de lait et d'animaux se substituent souvent des salaires en espèces, ce qui a, en général, considérablement réduit leurs avantages.

Les bergers, qui sont généralement d'origine peule, conservent l'ambition traditionnelle de parvenir à se constituer un troupeau personnel. Cet objectif est toutefois devenu difficile à atteindre. Nos enquêtes montrent en effet que, dans cette zone, seule la moitié des bergers interrogés est propriétaire d'animaux (de deux à cinq bovins et petits ruminants), et 17 p. 100 d'entre eux doivent leur droit de propriété à l'héritage, 8 p. 100 à un don, et 75 p. 100 à un achat. Les bergers ayant acheté des animaux, qui représentent environ 40 p. 100 de l'échantillon de l'étude, sont les plus âgés ou les plus anciens dans l'activité. Les jeunes éleveurs, en revanche, apparaissent de moins en moins capables d'acquérir des animaux. Les achats portent le plus souvent sur des petits ruminants, avec l'espoir qu'ils pourront être remplacés plus tard par des vaches laitières. Le niveau des salaires constatés chez les bergers montre qu'ils peuvent difficilement se constituer une épargne. Les trois quarts d'entre eux touchent entre 5 000 et 20 000 FCFA (7,63 et 30,53 €) par mois alors qu'il faudrait déboursier entre 5 000 et 30 000 FCFA (7,63 et 45,80 €) pour l'achat d'un petit ruminant et entre 25 000 et 60 000 FCFA (38,16 et 91,60 €) pour un bovin. Par ailleurs, le berger bénéficie de moins en moins du lait pour sa consommation personnelle, puisque celui-ci est davantage vendu à la laiterie. Il est certes encore dépositaire du « lait de dimanche » mais les quantités collectées et vendues sont insuffisantes pour couvrir les besoins du ménage. Les entretiens avec les propriétaires de bétail de la périphérie de Bamako permettent de dégager plusieurs raisons susceptibles d'expliquer la réduction du pouvoir économique des bergers avec la modernisation de l'élevage. D'une part, le berger avait autrefois la capacité d'exagérer sur

les quantités de lait, ou sur le nombre et la qualité des animaux qui lui revenaient, ce qui est devenu plus difficile à partir du moment où les recrutements se sont effectués hors de la parentèle, mais aussi du fait du paiement des salaires en espèces. Avec les bergers salariés, les propriétaires deviennent plus méfiants et exercent un plus grand contrôle sur la gestion du troupeau. D'autre part, il est psychologiquement plus difficile pour le berger d'épargner avec un revenu payé en espèces, alors que le paiement en nature le contraignait à le faire. Enfin, le rapport de force global s'est inversé, en termes d'offre et de demande de travail. Les possibilités d'emploi qu'offre la zone de production périurbaine ont exercé un attrait sur les jeunes bergers, intensifiant la compétition pour les recrutements dans les élevages.

On est donc surpris du discours de nombreux bergers qui reconnaissent bien gagner leur vie. En effet, 8 p. 100 d'entre eux reconnaissent bénéficier de dons de bétail de la part de leurs patrons. Ces dons représenteraient ici la *zakat* (aumône légale que les fidèles musulmans sont tenus de payer). En plus de ces aides à vocation religieuse, 60 p. 100 des bergers reçoivent de leurs patrons des avantages en nature : logement, suivi sanitaire, alimentation, habillement. Il apparaît ainsi clairement que les propriétaires de bétail font de nombreux efforts pour procurer à leurs employés de bonnes conditions de vie, même si la nature des avantages accordés à ces derniers a changé. Ainsi, même si les objectifs traditionnels (constituer leur propre cheptel) sont de moins en moins facilement atteints, il est difficile de conclure à un appauvrissement de ceux-ci. Si leur maigre revenu monétaire réduit leur capacité de capitalisation par rapport aux avantages qu'ils tiraient des contrats en nature, la sédentarisation des éleveurs dans les bassins laitiers a amélioré leurs conditions de vie. Les objectifs économiques des bergers semblent avoir changé ; il s'agit dorénavant pour eux de pouvoir accéder à un logement de qualité, aux soins de santé, et aux biens de consommation grâce aux revenus en espèces. En conséquence, le statut de berger tend à ne plus constituer, comme auparavant, une étape transitoire vers un statut d'éleveur autonome, mais un statut permanent, de type salarial.

■ DISCUSSION ET CONCLUSION

Les processus de modernisation de l'élevage en cours permettent d'offrir des produits de bonne qualité et en grande quantité à une population urbaine croissante, mais aussi de procurer un meilleur revenu aux acteurs de la filière (7). Des études microbiologiques menées sur la filière laitière du Mali ont montré qu'avant la mise en place des minilaiteries les produits proposés à la consommation étaient très souvent de qualité microbiologique médiocre (6, 8, 9). Mais la modernisation de la filière ne se joue pas que sur le terrain technique. Dans le but d'améliorer leurs performances techniques et économiques, les acteurs de l'élevage se regroupent de plus en plus en associations, coopératives ou groupements d'intérêt économique (46). Il ressort de nombreuses études que l'organisation associative autour des centres de collecte et des minilaiteries a renforcé la structuration de la filière en favorisant les interactions bénéfiques entre les acteurs (3, 21, 22). Les avantages qu'offre la coopérative en termes de garanties pour l'écoulement de la production, l'accès aux services vétérinaires et au crédit ont favorisé l'acceptabilité des innovations techniques par les éleveurs. En conséquence, le système de production et de collecte, les procédés de transformation et de distribution (achat de minibus pour le transport et la création de points de vente à Bamako) ainsi que la qualité microbiologique du lait se sont considérablement améliorés. Ainsi, la gestion technique de la production laitière est fortement liée à sa gestion sociale (13).

Ces changements technico-organisationnels ont permis d'améliorer les conditions de vie des populations, mais ont aussi contribué à restructurer les relations sociales entre les acteurs de la production

laitière. L'instauration du modèle coopératif a déplacé les pôles du pouvoir. L'implantation de minilaiteries concourt à un changement des « hiérarchisations socio-sexuées » (11) autour du lait. Certains auteurs (15) invitent à la prudence dans l'analyse, en rappelant que, dans une concession peule, le gestionnaire, qui est le plus souvent le chef du ménage, n'est pas forcément le propriétaire des animaux et donc le dépositaire des droits sur le lait. Mais, la tendance générale est à la baisse des activités de production, de transformation, et de commerce de lait et de produits laitiers des femmes (14, 41). Parallèlement, les bergers ont aussi vu leur position s'affaiblir considérablement vis-à-vis des propriétaires qui les salarient, alors même qu'ils ont contribué à augmenter le revenu laitier de ces derniers (42).

Le modèle coopératif dans lequel les éleveurs se sont majoritairement inscrits encourage le système de crédit non monétaire, basé sur un échange lait contre services. Dans le milieu pastoral sahélien, ce système garantit aux laiteries un approvisionnement en lait en fidélisant leurs fournisseurs (1, 30). La coopérative devient alors un cadre de transaction et de négociation, une instance de recours en cas de besoins financiers et de services. La laiterie s'impose non seulement comme le siège de la coopérative où sont prises des décisions importantes sur les stratégies des éleveurs mais aussi comme le centre névralgique du village, où les uns et les autres peuvent échanger des biens et services ainsi que des informations. Mais l'implantation locale de ces organisations sociales n'est pas encore pleinement assurée. La plupart de ces structures coopératives, qui ont été créées à l'initiative soit du gouvernement central, soit d'ONG donatrices, restent dominées par des modèles importés (43). L'objectif des pouvoirs publics ou des donateurs est d'encourager les populations à mener des actions collectives pour l'appropriation et la pérennisation de ces projets. Toutefois, ces initiatives exogènes portent très souvent en elles-mêmes les germes de leur destruction (dépendance des populations des finances extérieures, embourgeoisement de certains acteurs au pouvoir de négociation élevé, appropriation de l'association par quelques individus, etc.).

Ces innovations restructurent des relations de pouvoir entre les divers acteurs dans des rapports de force inégaux. Cependant, il convient de nuancer l'hypothèse de départ qui postulait que ces changements techniques et organisationnels s'effectuaient au détriment des femmes et des bergers. Il est ressorti des discussions que ces deux catégories d'acteurs ont effectivement perdu de nombreux privilèges (19). Toutefois, les rapports de force ne sont pas toujours si inégalitaires qu'ils apparaissent, que ce soit pour les femmes ou pour les bergers. Les femmes sont souvent les propriétaires des animaux dont les hommes sont uniquement les gestionnaires (15). Par ailleurs, le développement du salariat apparaît comme un processus irréversible dans les zones de production laitière du Mali et les bergers s'adaptent progressivement à cette nouvelle institution sociale.

Les propriétaires d'animaux étant de plus en plus des citoyens pour qui l'élevage est une stratégie d'investissement financier, l'innovation décrite pourrait favoriser le développement de l'élevage périurbain. Dans un contexte où le lait en poudre s'impose encore pour une écrasante majorité de consommateurs urbains maliens, où la production locale représente moins de 10 p. 100 de la consommation de lait à Bamako (36), on semble s'acheminer progressivement vers un modèle industriel où le lait local occupe une place croissante (14). L'utilisation industrielle du lait local constitue une motivation pour les éleveurs qui trouvent ainsi un marché sûr pour leurs produits.

La dynamique des acteurs dans ce processus d'innovation dans la filière laitière périurbaine inspire deux conclusions, la première relative aux femmes, la seconde aux bergers. Malgré leur perte de pouvoir sur le lait, les femmes continuent parfois de jouer un rôle important dans la filière. Quand elles ne sont pas poussées vers d'autres activités, elles sont quelquefois intégrées aux projets de production

laitière et participent de plus en plus à l'activité des coopératives. Par ailleurs, la logique de salarisation monétaire des bergers tend à les détourner de leurs objectifs de constitution d'un cheptel personnel (28).

Ces discussions débouchent sur la conclusion que le transfert des savoirs et savoir-faire concourt à développer un système sociotechnique dans lequel des idées, des pratiques et des règles nouvelles se développent si elles sont rentables (33). Cela veut dire qu'une innovation est susceptible d'être adoptée si elle offre aux divers acteurs des opportunités économiques et sociales. L'innovation est à la fois le moteur et le produit des transformations sociales et, de ce fait, elle contribue à donner aux divers acteurs en interaction des outils pour ajuster leurs objectifs (45).

Remerciements

Le présent article s'appuie sur les résultats du projet « Lait sain pour le Sahel » conduit en partenariat avec le Laboratoire central vétérinaire de Bamako, l'Institut du Sahel, l'Institut tropical suisse et l'École polytechnique fédérale de Zurich. L'article a été préparé avec l'appui du Pôle de partenariat suisse de recherche Nord-Sud (NCCR-North-South) : partenariat de recherche pour l'atténuation des syndromes du changement global (projets TN1/RP4 et TN2/RP10). Le NCCR-North-South est cofinancé par la Direction par le développement de la coopération suisse et le Fond national suisse de recherche scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABEIDERRAHMANE M., ABEIDERRAHMANE N., 2011. Tiviski : une laiterie qui s'approvisionne en lait auprès des pasteurs en Mauritanie. In : LPP, LIFE Network, IUCN-WISP et FAO. 2011. Donner de la valeur ajoutée à la diversité du bétail : commercialiser pour promouvoir les races locales et améliorer les moyens d'existence. Rome, Italie, FAO p. 95-110 (Production et santé animales n° 168)
2. BA DIAO M., SENGHOR C.D., DIAO B., THYS E., 2002. Production et transformation du lait en région agropastorale au Sénégal : cas de la zone périurbaine de Kolda. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **55** : 221-228.
3. BA DIAO M., TRAORE E.H., DIENG A., SALL C., SOW O.S., TONFIO R., 2004. Petites entreprises de transformation et développement laitier dans la vallée du fleuve Sénégal. *RASPA*, **1** : 25-30.
4. BELLINGUEZ A., 1998. Mise en place de centres de collecte de lait frais dans la zone périurbaine de Bamako. In : Actes atelier int. Marchés urbains et développement laitier en Afrique sub-saharienne, Montpellier, France, 9-10 sept. 1998. Montpellier, France, Cirad-emvt, 7 p.
5. BONFOH B., ANKERS P., SALL A., DIABATE M., TEMBELY S., FARAH Z., ALFAROUKH I.O., AND ZINSSTAG J., 2006. Schéma fonctionnel de services aux petits producteurs laitiers périurbains de Bamako (Mali). *Rev. Etud. Rech. Sahél.*, **12** : 7-25.
6. BONFOH B., FANE A., TRAORE N., COULIBALY Z., SIMBE C.F., ALFAROUKH O.I., NICOLET J., FARAH Z., ZINSSTAG J., 2002. Qualité microbiologique du lait et des produits laitiers vendus en saison chaude dans le district de Bamako au Mali. *Bioterre Rev. int. Sci. Vie Terre* (n° spécial) : 242-250.
7. BONFOH B., FOKOU G., OULD TALEB M., FANE A., WOIRIN D., LAIMAIBAO N., ZINSSTAG J., 2007. Dynamiques des systèmes de production laitière, risques et transformations socio-économiques au Mali. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **60** : 67-76.
8. BONFOH B., WASEM A., ROTH C., FANE A., TRAORE A.N., SIMBE C.F., ALFAROUKH I.O., NICOLET J., FARAH Z., ZINSSTAG J., 2003. Les sources de contamination du lait local et les méthodes d'amélioration de sa qualité microbiologique à Bamako (Mali). *Rev. Etud. Rech. Sahél.*, **9** : 29-37.
9. BONFOH B., ZINSSTAG J., FARAH Z., SIMBE C.F., ALFAROUKH I.O., AEBI R., BADERTSCHER R., COLLOMB M., MEYER J., REHBERGER B., 2005. Raw milk composition of Malian Zebu cows (*Bos indicus*) raised under traditional system. *Food Compos. Anal.*, **18**: 29-38.

10. BOUDON R., BOURRICAUD F., 1982. Dictionnaire critique de la sociologie. Paris, France, PUF.
11. BOUTINOT L., 2000. Le beurre et l'argent du beurre. Intérêt et limites du concept « genre » dans les études préalables aux projets de développement. *Bull. APAD*. <http://apad.revues.org/251> (consulté 17.05.2012).
12. BURNOD P., GAUTIER D., GAZULL L., 2010. Les agrocarburants au Mali : nouveau produit, vieilles recettes ? Une analyse de l'émergence et des enjeux du système d'innovation agrocarburant. In : ISDA, Montpellier, France, 28-30 juin 2010, 20 p.
13. CORNIAUX C., 2005. Gestion technique et gestion sociale de la production laitière : les champs du possible pour une commercialisation durable du lait. Cas des modes de production actuels du delta du fleuve Sénégal. Thèse Doct., INA, Paris-Grignon, France, 258 p.
14. CORNIAUX C., VATIN F., ANCEY V., 2012. Lait en poudre importé versus production locale en Afrique de l'Ouest : vers un nouveau modèle industriel ? *Cah. Agric.*, **21** : 18-24.
15. CORNIAUX C., VATIN F., FAYE B., 2006. Gestion du troupeau et droit sur le lait : les mécanismes de prise de décision en matière de production laitière au sein de la concession sahélienne. *Cah. Agric.*, **15** : 515-22.
16. CROZIER M., FRIEDBERG E., 1977. L'acteur et le système. Les contraintes de l'action collective. Paris, France, Le Seuil, 477 p.
17. DEBRAH S., SISSOKO K., SOUMARE S., 1995. Etude économique de la production laitière dans la zone périurbaine de Bamako au Mali. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **48** : 101-109.
18. DELGADO C., ROSEGRANT M., STEINFELD H., EHUI S., COURBOIS C., 1999. Livestock to 2020: the next food revolution. Washington DC, USA, International Food Policy Research Institute, 85 p. (Food Agriculture and Environment Discussion Paper 28)
19. DEMBELE A., 2008. La problématique de l'insertion socioprofessionnelle du berger dans le nouveau système de production laitière. Cas du bassin laitier de Bamako. Mém. fin études, INFTS, Bamako, Mali, 86 p.
20. DIAGANA B., AKINDES F., SAVADOGO K., REARDON T., STAATZ J., 1999. Effects of the CFA franc devaluation on urban food consumption in West Africa: overview and cross-country comparisons. *Food Policy*, **24**: 465.
21. DIEYE P.N., FAYE A., SEYDI M., CISSE S.A., 2002. Production laitière périurbaine et amélioration des revenus des petits producteurs en milieu rural au Sénégal. *Cah. Agric.*, **11** : 251-257.
22. DIEYE P.N., DUTEURTRE G., SISSOKHO M.M., SALL M., DIA D., 2003. La production laitière périurbaine au sud du Sénégal. Saisonnalité de l'offre et performances économiques. *Tropicicultura*, **21** : 142-148.
23. DJAMEN P., LOSSOUARN J., HAVARD M., OLLIVIER B., 2005. Développement des filières et dynamique du changement : quelles perspectives pour les élevages bovins de la vana (Cameroun). In : Symp. int. Développement des filières agropastorales en Afrique, 1^{re} éd., Niamey, Niger, 21-27 fév. 2005.
24. DUPIRE M., 1962. Peuls nomades. Etude descriptive des Wodaabe du Sahel nigérien. Paris, France, Karthala, 537 p.
25. DUTEURTRE G., 2007. Commerce et développement de l'élevage laitier en Afrique de l'Ouest : une synthèse. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, **60** : 209-223.
26. DUTEURTRE G., DIEYE P.N., BONFOH B., POCCARD-CHAPUIS R., BROUTIN C., 2005. Filières laitières et territoires : les espaces agricoles de l'Uemoa face à l'ouverture des marchés. In : Symp. int. Développement des filières agropastorales en Afrique, 1^{re} éd., Niamey, Niger, 21-27 fév. 2005.
27. DUTEURTRE G., DIEYE P.N., DIA D., 2005. L'impact des importations de volailles et de produits laitiers sur la production locale au Sénégal. Dakar, Sénégal, ISRA, p. 78. (Etudes et documents 8)
28. FOKOU G., 2008. Gestion communautaire des ressources naturelles et relations de pouvoir. Etude anthropologique des changements institutionnels dans les plaines du Logone et du lac Tchad. Thèse Doct., Université de Yaoundé, Yaoundé, Cameroun, 579 p.
29. GAUTIER D., 2009. Commerce des produits d'élevage et territorialisation : une mise en débat à partir de trois travaux de géographes en Afrique. *Echo Géo*, **8** : <http://echogeo.revues.org/index11090.html> (consulté 10.07.2009).

30. GAYE M., 2008. Tiviski et le lait de chamelle en Mauritanie, les coutumes locales au cœur du modèle d'affaires. In : Rauffet E., Batellier P. éd., Responsabilité sociale de l'entreprise. Enjeux de gestion et cas pédagogiques. Québec, Canada, Presses internationales polytechniques, p. 245-258.
31. GEELS F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multilevel perspective and a case study. *Res. Policy*, **31**: 1257-1274.
32. GEELS F.W., 2004. From sectorial system of innovations to socio-technical systems insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Res. Policy*, **33**: 897-920.
33. HALLER T., 2003. Rules which pay are going to stay: Indigenous institutions, sustainable resource use and land tenure among the Ouldeme and Platha, Mandara Mountains, Northern Cameroon. In: Le Meur P.-Y., Lund C. Eds, Everyday governance of land in Africa. *Bull. APAD*, **22**: 117-132.
34. HETZEL M.W., BONFOH B., FARAH Z., SIMBE C.F., ALFAROUKH O.I., ZINSSTAG J., 2005. Milk consumption pattern in an area with traditional milk production: data from a case control study in peri-urban Bamako, Mali. *RASPA*, **3**: 174-177.
35. KOUYATE H., 2007. Evaluation de l'organisation de la collecte, de la transformation et de la commercialisation du lait au Mali : cas d'un groupe de femmes à Kasséla. Mém. Ing. Zootech., IPR/IFRA, Bamako, Mali, 49 p.
36. MOLINA D'ARANDA DE DARRAX S., 2009. Le lait local en périphérie de Bamako : une filière en sursis? *Echo Geo*, **8** : <http://echogeo.revues.org/index11012.html>
37. OLSON M., 1978. La logique de l'action collective. Paris, France, PUF, 176 p. (traduction française de : The Logic of Collective Action, 1965, Cambridge, MA, USA, Harvard University Press)
38. PAFLAPUM, 2007. Projet d'appui à la filière laitière périurbaine du Mali. Rapport annuel 2006. Bamako, Mali, VSF-Suisse/Cab Demeso.
39. POMERANZ S., 2006. Les filières laitières au Mali. CFSI, 2006 : www.cfsi.asso.fr
40. REIST S., HINTERMANN F., SOMMER R., 2007. La révolution de l'élevage. Une chance pour les paysans pauvres ? *Info Resour. Focus* (1/07).
41. SCHNEIDER M., KOUYATE H., FOKOU G., ZINSTAG J., TRAORE A., AMADOU M., BONFOH B., 2007. Dynamiques d'adaptation des femmes face aux transformations des systèmes laitiers périurbains en Afrique de l'Ouest. *Rev. Elev. Méd. vét. trop.*, **60** : 121-131.
42. SERY A., 2006. Impacts des minilaiteries sur les transformations socioéconomiques et culturelles au Mali. Rapport d'évaluation. Bamako, Mali, VSF-Suisse/STI 55 p.
43. SYLLA D., 1995. Pastoral organizations for uncertain environments. In: Scoones I. Ed., Living with uncertainty. New directions in pastoral development in Africa. London, UK, IIED, 210 p.
44. THEBAUD B., 1988. Elevage et développement au Niger, quel avenir pour les éleveurs sahéliens ? Genève, Suisse, Bureau international du travail, 147 p.
45. VATIN F., 1996. Le lait et la raison marchande. Essais de sociologie économique. Rennes, France, Presses universitaires, 205 p.
46. ZOUNDI J.S., HITIMANA L., 2008. Elevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest. Potentialités et défis. Paris, France, CSAO-OCDE/Cedeao, 182 p.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Fokou G., Koné B.V., Bonfoh B. Technical-organizational innovations and power relations in pastoral production systems in Mali: Actors' dynamics of Bamako's suburban dairy commodity chain

For several decades in Sahelian countries, pastoral production has been increasingly market oriented, with the aim to contribute to food security while providing sustainable livelihoods to farmers. In Mali, development strategies of local milk have been initiated through the establishment of a network of mini-dairies and cooperatives of producers that supply consumers with good-quality, high-quantity dairy products. Innovations are contained in a set of activities including infrastructure modernization and transformation processes, observation of hygiene, access to veterinary care, and increased productivity through genetic improvement. These innovations have an impact not only on the economic performance of production systems but also on power relations between stakeholders in the dairy sector. This article aims to show that the development of mini-dairies has contributed to improve producers' incomes and livelihoods around Bamako, but it has also restructured relations between actors. Among them, women and herders face more difficulties than before to access the commodity chain. Innovation appears simultaneously as a driver and an output of social transformations.

Keywords: Milk – Marketing – Innovation – Social structure – Role of women – Mali.

Resumen

Fokou G., Koné B.V., Bonfoh B. Innovaciones técnico-organizadoras y relaciones de poder en los sistemas de producción pastoral en Mali: dinámica de los actores de la filial lechera peri-urbana de Bamako

Desde hace varias décadas, en los países del Sahel, la producción pastoril se orienta de forma creciente hacia el mercado, con miras a contribuir a la seguridad alimenticia, ofreciendo al mismo tiempo a los criadores los medios de una existencia durable. En Mali, se iniciaron estrategias de valorización de la leche local, mediante el establecimiento de una red de mini lecherías y de cooperativas de productores que proveen a los consumidores con productos de buena calidad y en gran cantidad. Las innovaciones se inscriben en un conjunto de actividades, incluyendo la modernización de las Infraestructuras y de los procedimientos de transformación, la observación de las reglas de higiene y el acceso a los cuidados veterinarios y el crecimiento de la productividad a través del mejoramiento genético. Estas innovaciones tienen efectos no solamente sobre los rendimientos económicos de los sistemas de producción, sino también sobre las relaciones de poder entre los actores de la filial lechera. El presente artículo pretende demostrar que la implantación de mini lecherías contribuyó a mejorar los ingresos y la calidad de vida de las poblaciones a los alrededores de Bamako, pero también, que condujo a una reestructuración de las relaciones entre los actores. Algunos de ellos, como las mujeres o los pastores, tienen más dificultades que antes para incorporarse en la filial. La innovación aparece a la vez como el motor y el producto de transformaciones sociales

Palabras clave: Leche – Mercadeo – Innovación – Estructura social – Papel de la mujer – Malí.

Evaluation participative *ex ante* de propositions de la recherche. Cas d'application dans le sud du Togo

V. Deffo^{1†} S. Hounzangbé-Adoté² R. Maliki³
H.H.M. Ould Ferroukh⁴

Mots-clés

Polyculture élevage – Fertilité du sol – Approche participative – Adoption de l'innovation – Diffusion de la recherche – Togo.

Résumé *

L'objectif de cette étude a été d'expérimenter une méthode d'évaluation participative d'options techniques au sud du Togo. Pour répondre aux besoins face aux problèmes de fertilité des sols dans un contexte de systèmes mixtes agriculture élevage, des chercheurs ont évalué avec les diverses catégories d'acteurs le potentiel d'adoption de l'association du maïs, plante à fonction mixte alimentaire (grain) et fourragère (paille), et du *Mucuna pruriens*, légumineuse à cycle long employée comme fourrage et pour améliorer la fertilité des sols. L'association fertilisée avec des engrais chimiques a été dénommée MME ci-après. La méthode utilisée a mobilisé des outils d'analyse de la méthode active de recherche participative (MARP) et a compris quatre phases. La première correspondait à la description générale de l'ensemble de la région d'étude pour identifier des sites représentatifs à partir de la littérature et d'entretiens exploratoires. La seconde phase a permis la caractérisation de la diversité des producteurs à partir d'entretiens auprès des personnes ressources des sites retenus. La troisième phase a concerné la sélection participative d'un éventail d'options techniques comprenant l'association MME mais aussi des pratiques locales présentant des similitudes avec l'association MME, ainsi que d'autres propositions alternatives de la recherche pour améliorer la fertilité des sols et assurer l'alimentation fourragère des animaux. Cette sélection a été réalisée par un échantillon de producteurs représentatifs de leur diversité. Il leur a été demandé de hiérarchiser les différentes options techniques présentées lors de visites de parcelles expérimentales ou à l'aide de supports visuels. Ils ont utilisé des notes ou des cailloux compte tenu de la forte proportion d'illettrisme. La quatrième phase a été celle de l'évaluation aux dires de producteurs des effets perçus des différentes options sur la gestion des ressources agropastorales (eau, sol, biodiversité), leur acceptabilité ou leur rentabilité en fonction du coût de la main d'œuvre.

Cette méthode a été appliquée dans trois villages du sud du Togo. Dans ces villages, six principales catégories de producteurs ont été identifiées : les propriétaires terriens, les locataires de terres, les membres d'organisations paysannes, les producteurs lettrés, les producteurs illettrés, et les femmes. En plus du MME, six options ont été retenues dont l'association MME avec des variantes issues de pratiques locales, soit l'association maïs et *Mucuna* à cycle long mais sans l'usage d'engrais (MM), l'association maïs et *Mucuna* à cycle court et à base d'engrais (MMCE), l'association maïs et *Mucuna* à cycle court sans l'usage d'engrais (MMC), et maïs en culture seul avec apport massif d'engrais (ME). Les deux autres options ont été proposées par la recherche : maïs entouré de haies vives de légumineuses fourragères destinées à du bétail en stabulation contrôlée et dont le fumier était ensuite épandu au champ (MHF), et culture en couloirs de maïs et de *Cajanus cajan*.

1. IRAD-Wakwa, Ngaoundéré, Cameroun.

2. DPA/FSA/UNB, Cotonou, Bénin.

3. Unih/IITA, Cotonou, Bénin.

4. INRA, Alger, Algérie.

† Auteur décédé

* D'après la communication des auteurs

L'association MME a été l'option préférée des propriétaires terriens, des lettrés et des membres d'organisations paysannes. Chez les femmes, l'option privilégiée a été l'association MM compte tenu de leurs faibles ressources financières mais aussi de leur insécurité foncière. Chez les locataires des terres et les producteurs illettrés, l'option favorite a été l'association MMCE qui permettait le maintien de la seconde saison de culture. L'évaluation des différentes options a montré que l'association MME et l'option MHF ont été jugées par la majorité des catégories de producteurs comme ayant les effets les plus positifs sur les ressources agropastorales. Les associations MME et MMCE ont été considérées comme étant les plus acceptables socialement, notamment chez les propriétaires terriens mais aussi chez les vulgarisateurs, les consommateurs et les commerçants également interrogés ; venait ensuite l'option MHF. La rentabilité a été la meilleure pour les associa-

tions MM et MME et la plus faible pour les deux autres alternatives proposées par la recherche.

Cette méthode d'évaluation permet de valoriser l'expertise des producteurs. Elle repose sur la perception que les producteurs ont des effets des technologies. Une perception positive constitue un des premiers facteurs d'adoption d'une proposition de la recherche. Mais pour cela du temps et des outils appropriés doivent être consacrés à l'étape de formation des producteurs sur les différentes options pour que cette perception ne soit pas biaisée par la qualité de l'information donnée par le chercheur. Cette évaluation permet en outre d'identifier ou d'adapter des variantes locales aux options pré-identifiées par les chercheurs. Les efforts de recherche-développement doivent se concentrer sur les processus de ces adaptations participatives.

Mis en ligne en juin 2013

Summary

Deffo V., Hounzangbé-Adoté S., Maliki R., Ould Ferroukh H.H.M. *Ex-ante* participatory research proposal assessment conducted in Southern Togo

This study was conducted to showcase a participatory method for assessing technical options in Southern Togo. The aim was to address farmers' needs with respect to soil fertility problems in situations involving mixed crop-livestock farming systems. In collaboration with various stakeholders, the scientists thus assessed the potential for adopting a crop association involving maize for food (seed) and fodder (straw), i.e. a mixed function plant, and *Mucuna pruriens*, i.e. a long-cycle legume that is cropped to produce fodder and enhance soil fertility. The chemically fertilized crop association is here referred to as MME. Participatory action research (PAR) analytical tools were implemented in the four-phase method used. The first phase included an overall description of the entire study region to identify representative sites based on published information and exploratory interviews. In the second phase, the diversity of farmers was characterized through interviews with resource people at the selected sites. The third phase involved participatory selection of a range of technical options that included the MME association as well as local practices with features similar to this association, and alternative research proposals to enhance soil fertility and ensure the production of sufficient fodder to feed livestock. This selection was carried out by farmers chosen as being representative of their diversity. They were asked to rank—using notes, or pebbles because of the high illiteracy level—the different technical options presented during visits to the test plots or using visual aids. The fourth phase included an assessment of farmers' comments on the perceived effects of the different options on agropastoral resource management (water, soil, biodiversity), their acceptability or cost-effectiveness relative to the labor cost.

This method was applied in three villages in southern Togo. Six main farmer categories were identified in these villages: landowners, land tenants, members of farmers' organizations, literate farmers, illiterate farmers, and women. In addition to MME, six options were selected, including the MME associ-

ation with variants of local practices, such as the unfertilized maize and long cycle *Mucuna* association (MM), a fertilized maize and short cycle *Mucuna* association (MMCE), an unfertilized maize and short cycle *Mucuna* association (MMC), and a monocropped maize crop with massive fertilizer applications (ME). The two other options were proposed by researchers: maize cropped in fields surrounded by quickset hedges of fodder legumes that were harvested to feed livestock managed in stalls, with the dung subsequently spread in the fields (MHF), and strip intercropping of maize and *Cajanus cajan*.

The MME association was the option that landowners, literate farmers and members of farmers' organizations preferred. Women selected the MM association due to their scarce financial resources and land insecurity status. Land tenants and illiterate farmers favored MMCE as a second crop season is possible. An assessment of the different options revealed that most of the farmer categories considered that the MME association and the MHF option had the most positive impacts on agropastoral resources. MME and MMCE were considered as being the most socially acceptable associations, especially amongst landowners, as well as extension agents, consumers and merchants who had also been interviewed; this was followed by the MHF option. MM and MME turned out to be the most cost-effective associations whereas the two alternatives proposed by researchers were the least.

This assessment method makes effective use of farmers' expertise and is based on their perception of the impacts of technology. A positive perception is one of the factors influencing the adoption of a research proposal. Time and suitable tools are required when farmers are trained on the different options to ensure that this perception will not be biased by the quality of the information conveyed by researchers. Local variants of the options proposed by researchers can also be identified or adapted on the basis of this assessment. Development research initiatives should be focused on the processes involved in these participatory adaptations.

Keywords: Mixed farming – Soil fertility – Participatory approach – Innovation adoption – Diffusion of research – Togo.

Resumen

Deffo V., Hounzangbé-Adoté S., Maliki R., Ould Ferroukh H.H.M. Evaluación participativa *ex ante* de propuestas de investigación. Caso aplicado en el sur de Togo

El objetivo del presente estudio fue el de presentar un método de evaluación participativa de las opciones técnicas, experimentado en el sur de Togo. Para responder a las necesidades causadas por los problemas de fertilidad de los suelos en un contexto de sistemas mixtos de agricultura cría, los investigadores evaluaron con diversas categorías de actores el potencial de adopción de la asociación del maíz, planta con función mixta alimenticia (grano) y forrajera (paja) y de *Mucuna pruriens*, leguminosa de ciclo largo, empleada como forraje, así como para mejorar la fertilidad de los suelos. La asociación fertilizada con abonos químicos se denomina subsiguientemente MME. El método utilizado movilizó útiles de análisis del método activo de investigación participativa (MARPA) e incluyó cuatro fases. La primera correspondió a la descripción general del conjunto de la región en estudio para identificar los sitios representativos a partir de la literatura y de entrevistas exploratorias. La segunda fase permitió la caracterización de la diversidad de los productores a partir de entrevistas con personas claves en los sitios seleccionados. La tercera fase concernió la selección participativa de un conjunto de opciones técnicas comprendiendo la asociación MME, pero también las prácticas locales que presentan similitudes con la asociación MME, así como otras propuestas alternativas de la investigación para mejorar la fertilidad de los suelos y asegurar la alimentación forrajera de los animales. Esta selección se realizó con una muestra de productores representativos de la diversidad. Se les pidió jerarquizar las diferentes opciones técnicas presentadas durante las visitas a las parcelas experimentales o mediante la ayuda de apoyos visuales. Utilizaron notas o piedras, teniendo en cuenta la fuerte proporción de analfabetismo. La cuarta fase fue la evaluación de las opiniones de los productores sobre los efectos percibidos de las diferentes opciones sobre la gestión de los recursos agro pastoriles (agua, suelo, biodiversidad), la aceptación o la rentabilidad en función al costo de la mano de obra.

Este método se aplicó en tres pueblos del sur de Togo. En estos pueblos, se identificaron seis categorías principales de productores: los propietarios de tierra, los arrendatarios de tierra, los miembros de organizaciones campesinas, los productores no analfabetos, los productores analfabetos y las mujeres. Además del MME, se retuvieron seis opciones, incluyendo la asociación MME con variantes derivadas de prácticas loca-

les, como la asociación maíz y *Mucuna* de ciclo largo pero sin el uso de fertilizantes (MM), la asociación maíz y *Mucuna* de ciclo corto a base de fertilizantes (MMCE), la asociación maíz y *Mucuna* de ciclo corto pero sin el uso de fertilizantes (MMC), y maíz en cultivo único con aporte masivo de fertilizante (ME). Las otras dos opciones fueron propuestas por la investigación: maíz rodeado de vallas vivas de leguminosas forrajeras destinadas al ganado en estabulación controlada y cuyo estiércol fue seguidamente distribuido en el campo (MHF), y cultivo en corredores de maíz y de *Cajanus cajan*.

La asociación MME fue la opción preferida de los propietarios de tierras, de los no analfabetos y de los miembros de organizaciones campesinas. En el caso de las mujeres, la opción privilegiada fue la asociación MM, tomando en cuenta los bajos recursos financieros, y también la inseguridad territorial. En el caso de los arrendatarios de tierras y de los productores analfabetos, la opción favorecida fue la asociación MMCE, la cual permitía el mantenimiento de una segunda estación de cultivo. La evaluación de las diferentes opciones mostró que la asociación MME y la opción MHF fueron juzgadas por la mayoría de las categorías de productores como poseedoras de los efectos más positivos sobre los recursos agro pastoriles. Las asociaciones MME y MMCE fueron consideradas como las más aceptadas socialmente, sobre todo entre los propietarios de tierras, pero también entre los divulgadores, los consumidores y los comerciantes, igualmente interrogados; seguida luego de la opción MHF. La rentabilidad fue mejor para las asociaciones MM y MME y más baja para las otras dos alternativas propuestas por la investigación.

Este método de evaluación permite valorizar la experiencia de los productores. Reposa sobre la percepción que los productores tienen sobre los efectos de las tecnologías. Una percepción positiva constituye uno de los primeros factores de adopción de una propuesta de investigación. Pero para esto, deben de consagrarse el tiempo y las herramientas adecuadas durante la etapa de formación de los productores sobre las diferentes opciones, para que esta percepción no sea sesgada por la diferencia en la calidad de la información presentada por el investigador. Esta evaluación permite además identificar o adaptar las variantes locales a las opciones pre-identificadas por los investigadores. Los esfuerzos de investigación y desarrollo deben concentrarse sobre los procesos de estas adaptaciones participativas.

Palabras clave: Explotación agrícola combinada – Fertilidad del suelo – Enfoque participativo – Adopción de innovación – Difusión de la investigación – Togo.

Recherche et innovations dans les exploitations de polyculture-élevage d'Afrique de l'Ouest

Quelles méthodes pour évaluer les produits de la recherche ?

Conclusion générale

N. Andrieu^{1,2*} E. Chia^{1,3} E. Vall^{2,4}

■ UNE DIVERSITE DE METHODES D'EVALUATION...

Les articles présentés ici ont mis en lumière une diversité de méthodes et d'outils d'analyse qui permettent d'évaluer les propositions de la recherche visant à améliorer la durabilité des systèmes agro-sylvo-pastoraux d'Afrique de l'Ouest. Ces méthodes se réfèrent à l'identification des facteurs d'adoption des produits de la recherche, mais aussi à l'analyse des impacts constatés ou espérés des changements proposés. Elles s'appuient sur la constitution de bases de données robustes issues d'enquêtes de terrain.

Les modèles économétriques (tels que les modèles probit et tobit) permettent d'identifier les facteurs socio-économiques d'adoption de propositions en comparant deux types de producteurs : adoptant et non-adoptant. Ils permettent aussi d'identifier les facteurs qui influencent l'intensité de la mise en œuvre de l'innovation chez ceux qui l'ont adoptée (Ngondjeb et coll.).

Les analyses multivariées de données d'enquêtes socio-économiques permettent, elles, d'analyser les corrélations entre des variables traduisant l'utilisation effective de la technologie et des variables sociotechniques sur lesquelles sont fondées les typologies des systèmes d'élevage. Ces typologies dépassent la

dichotomie adoptant *versus* non-adoptant. Elles permettent de mettre en évidence différentes modalités d'usage de la technologie suivant les types de producteurs (Bouyer et coll.).

Des enquêtes sur les stratégies d'adaptation des ménages à des changements de leur environnement socio-économique permettent de situer les propositions de la recherche au sein de la gamme des leviers d'action mobilisés. Ces enquêtes montrent ainsi la nécessité de retracer sur des pas de temps longs la trajectoire des ménages et du cycle de vie des exploitations pour analyser les stratégies et les dynamiques d'adoption (Pedelahore et coll.).

Les modèles d'optimisation des fonctions de production tels que celui utilisé par Dabire et coll. permettent de comparer à un scénario témoin différentes modalités d'une proposition technique et leurs effets respectifs sur les choix d'assolement ainsi que sur le revenu optimal de l'exploitation. La proposition analysée ici est l'accès pour le producteur à une nouvelle source d'information : la prévision saisonnière de la pluviosité. Ce type de modèle offre la possibilité de prendre en compte un risque, par exemple celui d'avoir une bonne ou une mauvaise saison climatique ou de se tromper dans les prévisions.

Le modèle de simulation présenté par Sempore et coll. permet au producteur d'analyser avec le chercheur l'impact de la proposition (atelier d'embouche) sur les performances techniques (bilan fourrager et minéral) et économiques (bilan céréalier et revenu) de son exploitation. Il peut ainsi comparer les résultats attendus de ce changement et les modalités de sa mise en œuvre à la situation initiale de son exploitation.

Avec la méthode active de recherche participative (MARP), l'analyse prospective est conduite avec des *focus groups* (groupes socioprofessionnels d'acteurs) associant chercheurs et producteurs. Cette approche permet de prendre en compte dans l'analyse les préférences et contraintes des producteurs mais elle suppose aussi

1. Cirad, UMR Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire, 73 rue Jean-François Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

2. Cirades, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

3. INRA, UMR Innovation et développement dans l'agriculture et l'agroalimentaire, 34060 Montpellier, France.

4. Cirad, UMR Systèmes d'élevage méditerranéens et tropicaux, 34398 Montpellier, France.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +226 20 97 20 53 ; fax : +226 20 97 23 20

E-mail : nadine.andrieu@cirad.fr

que ces producteurs aient la capacité d'estimer les effets possibles des propositions de la recherche sur leurs exploitations.

Le calcul du budget partiel, utilisé par exemple par Blanchard et coll., permet d'évaluer en termes monétaires les impacts des différents changements techniques observés ou estimés à l'échelle de l'exploitation, suite à l'adoption de la proposition.

L'analyse du cycle de vie mise en œuvre par Vayssières et coll. permet d'évaluer les performances environnementales d'un changement de pratiques. Les auteurs prévoient ainsi l'impact des changements techniques dans les exploitations d'élevage sur leurs consommations énergétiques.

Enfin, en analysant les relations de pouvoirs entre acteurs au sein de la filière laitière, Fokou et coll. montrent que les innovations techniques et organisationnelles peuvent être source d'exclusion pour certaines catégories d'acteurs. Ces enquêtes sur les relations de pouvoir entre acteurs apportent un regard complémentaire sur la durabilité sociale des propositions de la recherche.

■ ...A INTEGRER DANS TROIS MODELES DE PRODUCTION DE CONNAISSANCES ET DEUX POSTURES DE RECHERCHE

Ces différentes méthodes ne sont pas interchangeables. Elles évaluent des propositions issues de processus de production de connaissances et de techniques très différents, correspondant en fait à des conceptions très diverses du rôle de la recherche. Hachuel (8) identifie ainsi trois modèles* de production de connaissances et de techniques, liés aux activités de recherche : le modèle du laboratoire, le modèle de terrain et la recherche intervention.

Dans le cas du modèle du laboratoire, l'objet d'étude du chercheur est confiné ; le chercheur met au point un dispositif d'expérimentation visant à tester et à analyser le comportement de cet objet sous l'influence de différents facteurs qu'il contrôle. Les acteurs de terrain n'interviennent pas pour ne pas biaiser les conclusions.

Dans le cas du modèle de terrain, l'objet d'étude n'est plus confiné, car observé dans son environnement naturel, mais le chercheur reste maître de son dispositif d'expérimentation et n'interagit pas avec l'objet. Les acteurs de terrain ont un rôle passif : ils fournissent des données sur l'objet étudié.

Dans le cas de la recherche intervention, l'objet d'étude est défini avec les acteurs de terrain. La recherche vise à produire des connaissances sur les processus de changements mis en œuvre et à résoudre les problèmes des acteurs. Les connaissances produites dans ce modèle sont des connaissances actionnables, c'est-à-dire à la fois légitimées par les acteurs et validées scientifiquement. Elles sont ensuite utilisables par les acteurs pour transformer la réalité.

Les deux premiers types de modèles de production de connaissances peuvent s'apparenter à ce que Neef et Neubert (10) qualifient de « recherche conventionnelle en conditions contrôlées », alors que le dernier type s'apparente à la recherche participative.

Les produits de recherche évalués dans ce numéro thématique sont issus pour certains de recherches conventionnelles.

Ainsi, le pédiluve acaricide a été conçu en station à partir d'une analyse de l'écologie du vecteur de la trypanosomose animale (Bouyer et coll.). Les techniques d'aménagement analysées dans l'article de Ngondjeb et coll. ont été mises au point dans d'autres

exploitations camerounaises que celles où elles ont été testées au Cameroun. Par conséquent, leurs producteurs n'ont pas participé au processus de conception de ces techniques. Pour qu'il y ait adoption, il faut alors que s'installe un processus sociotechnique d'appropriation : ainsi le pédiluve acaricide a nécessité l'apparition des nouveaux acteurs, des « gérants » de pédiluve, pour que la technologie soit appropriée.

Pour ce type de recherche, l'évaluation peut jouer deux rôles spécifiques, celui d'outil de construction de référentiels ou celui d'outil de gestion des moyens de la recherche.

L'analyse des facteurs d'adoption des produits de recherches antérieures peut alimenter un diagnostic initial visant à identifier, dès le début d'un projet, les contraintes techniques et socio-économiques qui vont limiter leur appropriation par les producteurs (niveau de formation, accès aux ressources, accès aux marchés, gestion des aléas). Elle peut ainsi contribuer à l'identification de niches de systèmes et d'acteurs pour la recherche en cours.

Une fois le tout premier prototype élaboré, les évaluations prospectives peuvent être menées afin de définir son domaine de validité. Les modèles de simulation peuvent alors être pertinents pour analyser de façon dynamique les impacts potentiels du prototype (7, 13). Les modèles d'optimisation parfois utilisés dans ce sens (Dabire et coll.) peuvent surtout permettre d'analyser les facteurs d'adoption de la technologie par les populations cibles en fonction de ses caractéristiques ou d'une variation de l'environnement économique (1, 4). L'évaluation précoce à travers ces modèles permet en outre d'identifier où de concentrer les ressources humaines et budgétaires de la recherche, en donnant priorité aux modalités techniques ayant le plus d'effet sur ces populations pour les cycles suivants de recherche conventionnelle ou participative.

Les études de cas présentées par Blanchard et coll., Deffo et coll. ou Sempore et coll. s'inscrivent d'emblée dans des postures de recherche participative. La finalité de ces travaux est d'accompagner un processus de changement au sein des exploitations. Les populations participent à la définition des problèmes et aux choix des options qui seront expérimentées. En proposant des indicateurs d'ordre biotechnique et socioéconomique, elles participent également à l'évaluation d'impact des différentes options (Deffo et coll.). Les acteurs sont également amenés à discuter les résultats de l'évaluation (Blanchard et coll., Sempore et coll.).

L'évaluation est donc mise au service de la conception de l'innovation pour orienter et ajuster les activités en fonction des résultats et des nouvelles situations créées. Elle peut jouer ici deux rôles distincts, celui d'outils d'identification des groupes à inclure dans la recherche en partenariat et celui d'objets intermédiaires entre acteurs. L'analyse des facteurs d'adoption peut permettre de préciser le profil des populations susceptibles d'adopter la technologie pour pouvoir les inclure dans la recherche. Les objets intermédiaires favorisent la confrontation entre différentes perceptions pour construire une vision commune (5, 9, 14). Le choix de la méthode importe alors peu, il peut s'agir aussi bien de modèle de simulation, de budget partiel ou de MARP.

Menée *ex ante*, l'évaluation d'une proposition de la recherche permet de guider le choix du producteur qui souhaite l'expérimenter. Mais les simplifications et les choix des hypothèses des méthodes *ex ante* utilisées doivent être expliqués aux acteurs pour qu'ils comprennent les limites de ces démarches. Le chercheur doit aussi veiller à utiliser ces résultats comme support d'une discussion plutôt que comme outil de prédiction (Sempore et coll.) (2).

Menée *ex post*, cette évaluation permet ensuite d'ajuster les propositions avant d'amorcer un nouveau cycle de recherche participative. L'évaluation porte alors sur l'hybridation entre savoirs

* NDLR : le terme « modèle » appliqué plus haut dans ce texte à des méthodes d'analyses biométriques ou socio-économiques est ici employé pour caractériser des postures et démarches de recherche.

locaux et exogènes, les changements de pratiques paysannes, et l'efficacité économique et environnementale. Les chercheurs doivent là encore faire preuve de transparence sur les limites des méthodes utilisées et les résultats des évaluations mises en débat. Ainsi, Blanchard et coll. proposent de valider avec les acteurs les résultats issus de l'analyse par la méthode du budget partiel. Les impacts des innovations sont alors évalués en termes monétaires en se basant sur plusieurs simplifications et en excluant les effets directs et indirects qui ne peuvent être traduits en termes économiques.

Une piste à explorer en fin de cycle de recherche participative est l'utilisation de méthodes formalisées d'évaluation multicritères (6). Le but est alors de prendre en compte les points de vue des différentes catégories d'acteurs concernés par l'adoption, suivant leurs rationalités multiples et leurs critères spécifiques d'évaluation. Cette dernière étape contribue ainsi à une analyse intégrée des défis économiques, sociaux et environnementaux auxquels doivent répondre les systèmes agropastoraux d'Afrique de l'Ouest. Elle permettrait en outre à ces recherches de renforcer les avancées scientifiques en cours sur les méthodes d'évaluation intégrée (3, 11, 12).

BIBLIOGRAPHIE

1. AFFHOLDER F., JOURDAIN D., QUANG D.D., TUONG T.P., MORIZE M., RICOME A., 2010. Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems: A farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam. *Agric. Syst.*, **103**: 51-62.
2. ANDRIEU N., NOGUEIRA D.M., 2010. Modeling biomass flows at the farm level: a discussion support tool for farmers. *Agron. sustain. Dev.*, **30**: 505-513.
3. BEZLEPKINA I., REIDSMA P., SIEBER S., HELMING K., 2011. Integrated assessment of sustainability of agricultural systems and land use: Methods, tools and applications. *Agric. Syst.*, **104**: 105-109.
4. BYRNE F., ROBERTSON M.J., BATHGATE A., HOQUE Z., 2010. Factors influencing potential scale of adoption of a perennial pasture in a mixed crop-livestock farming system. *Agric. Syst.*, **103**: 453-462.
5. CASH D.W., CLARK W.C., ALCOCK F., DICKSON N.M., ECKLEY N., GUSTON D.H., JAGER J., MITCHELL R.B., 2003. Knowledge systems for sustainable development. *Proc. natl Acad. Sci.*, **100**: 8086-8091.
6. DAMART S., 2009. Introduction du thème 4, Méthodes d'évaluation multicritères et multi échelle en Afrique de l'Ouest. In : Atelier Evaluation des impacts des innovations dans les systèmes de production et les territoires agropastoraux d'Afrique de l'Ouest : quelles méthodes, quels indicateurs ? Ouagadougou, Burkina Faso, 1-4 déc. 2009, 14 p.
7. DEBAEKE P., ABOUDRARE A., 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. *Eur. J. Agron.*, **21**: 433-446.
8. HATCHUEL A., 2000. Recherche, intervention et production de connaissances. Recherche pour et sur le développement territorial, tome 2, Conférences et ateliers. Versailles, France, INRA, p. 27-40. (Sér. Orientation et organisation)
9. JEANTET A., 1998. Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception. *Soc. Trav.*, **3** : 291-316.
10. NEEF A., NEUBERT D., 2011. Stakeholder participation in agricultural research projects: a conceptual framework for reflection and decision-making. *Agric. Hum. Values*, **28**: 179-194.
11. SATTLER C., NAGEL U.J., WERNER A., ZANDER P., 2010. Integrated assessment of agricultural production practices to enhance sustainable development in agricultural landscapes. *Ecol. Indic.*, **10**: 49-61.
12. VAN ITTERSUM M.K., EWERT F., HECKELEI T., WERY J., ALKAN OLSSON J., ANDERSEN E., BEZLEPKINA I., BROUWER F., DONATELLI M., FLICHTMAN G., OLSSON L., RIZZOLI A.E., VAN DER WAL T., WIEN J.E., WOLF J., 2008. Integrated assessment of agricultural systems - A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agric. Syst.*, **96**: 150-165.
13. VAN WIJK M.T.V., TITTONELL P., RUFINO M.C., HERRERO M., PACINI C., RIDDER N.D., GILLER K.E., 2009. Identifying key entry-points for strategic management of smallholder farming systems in sub-Saharan Africa using the dynamic farm-scale simulation model NUANCES-FARMSIM. *Agric. Syst.*, **102**: 89-101.
14. VINCK D., 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. *Rev. fr. Soc.*, **40** : 385-414.