

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

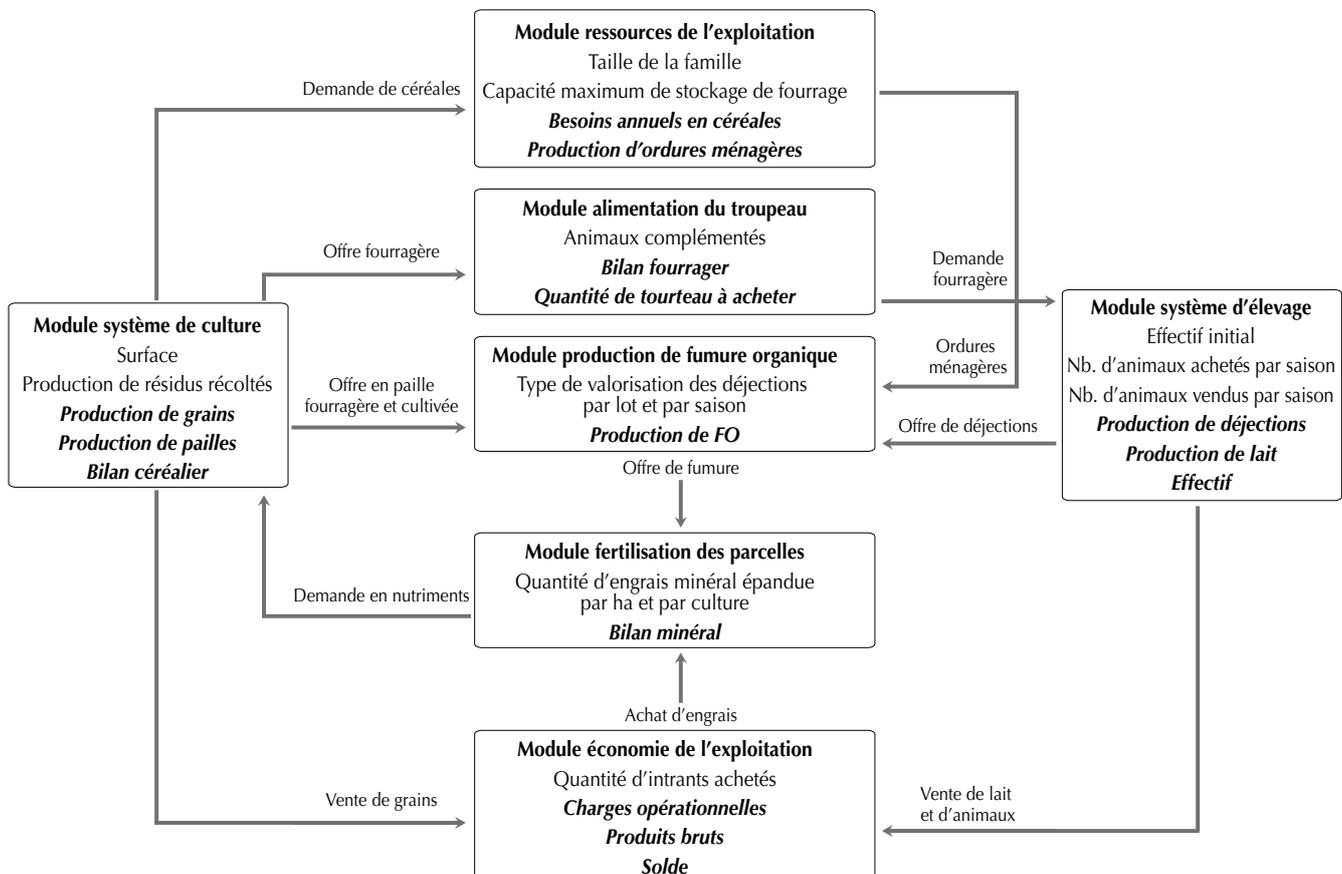


Figure 2 : modèle conceptuel Cikedà (Andrieu et coll., 2012). Chaque case correspond à un module, son nom est précisé en haut de la case en gras, ses principales entrées en trait simple, et ses principales sorties en gras et en italique ainsi que sous forme de flèches représentant les interactions entre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

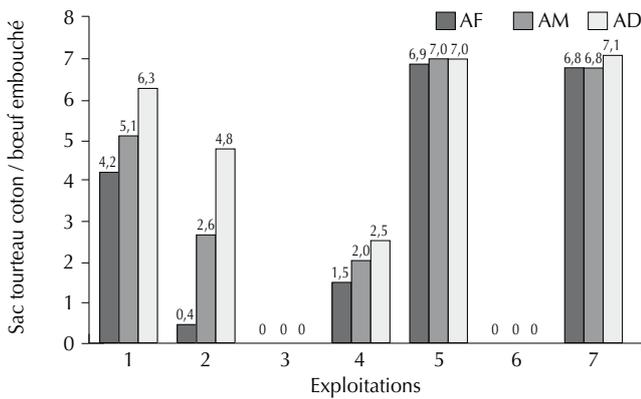


Figure 3 : nombre de sacs de tourteau de coton achetés par bœuf embouché pour le scénario 1. AF : année favorable ; AM : année moyenne ; AD : année défavorable.

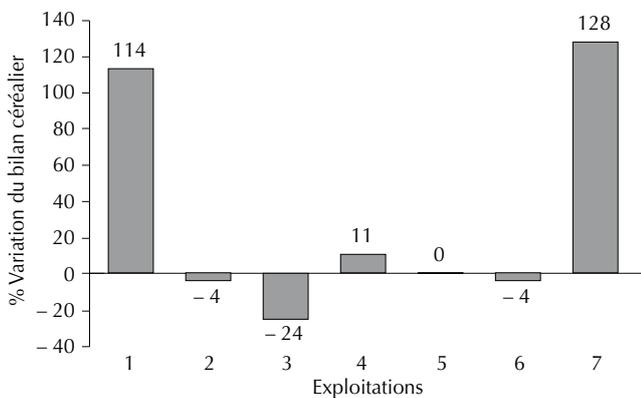


Figure 5 : variation du bilan céréalier (quantité de céréales produites - quantité autoconsommée) entre les scénarios 0 et 1 pour une année climatique favorable.

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

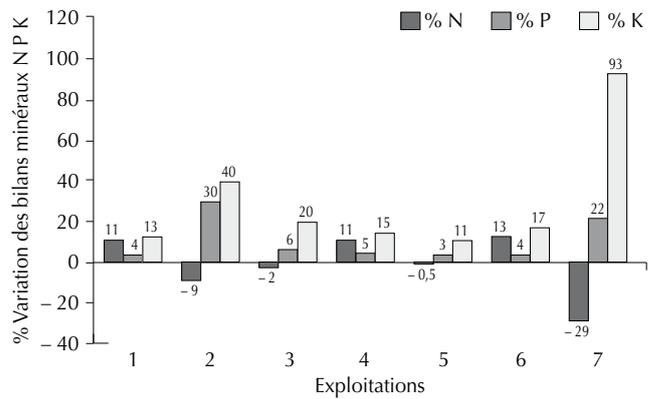


Figure 4 : variation des bilans minéraux N, P et K sur la culture de maïs entre les scénarios 0 et 1 pour une année climatique favorable.

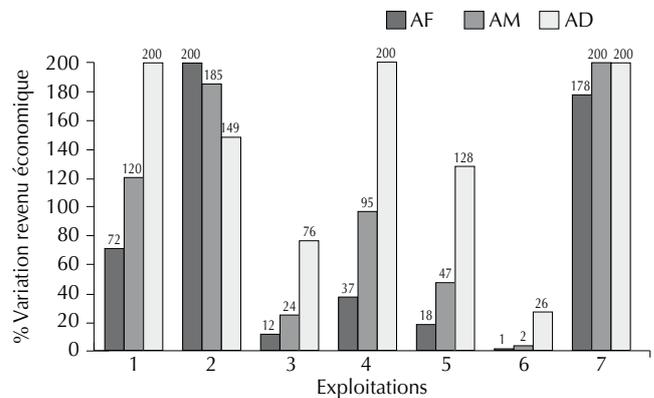


Figure 6 : variation du solde économique entre les scénarios 0 et 1. AF : année favorable ; AM : année moyenne ; AD : année défavorable.

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

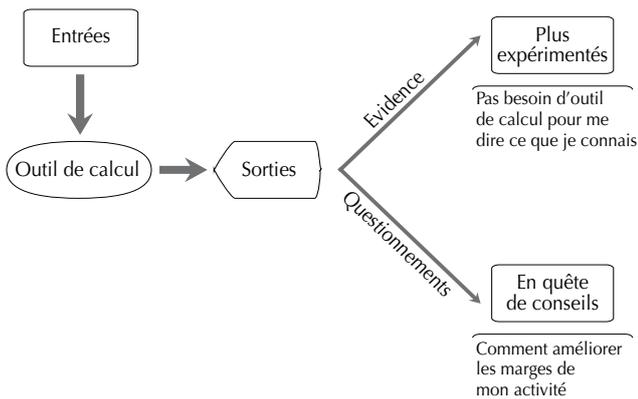


Figure 7 : schéma des perceptions des exploitants sur l'outil de calcul.

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.