

Des outils de simulation pour accompagner des agroéleveurs dans leurs réflexions stratégiques

Pierre-Yves Le Gal¹
 Nadine Andrieu^{1,2}
 Patrick Dugué¹
 Marcel Kuper^{3,4}
 Mohamed Taher Sraïri⁵

¹ Cirad
 UMR Innovation,
 73, rue JF Breton
 34398 Montpellier
 France
 <pierre-yves.le_gal@cirad.fr>
 <nadine.andrieu@cirad.fr>
 <patrick.dugue@cirad.fr>

² Cirades
 01 BP 454
 Bobo Dioulasso
 Burkina Faso

³ Cirad
 UMR G-EAU
 73, rue JF Breton
 34398 Montpellier
 France
 <marcel.kuper@cirad.fr>

⁴ IAV Hassan II
 Département de l'eau et des infrastructures
 BP 6202
 1, rue Allal Al Fassi
 Madinate Al Irfane
 10101 Rabat
 Maroc

⁵ IAV Hassan II
 Département des productions et
 biotechnologies animales
 BP 6202
 1, rue Allal Al Fassi
 Madinate Al Irfane
 10101 Rabat
 Maroc
 <mt.srairi@iav.ac.ma>

Résumé

Les modèles informatisés sont des outils potentiellement intéressants pour aider les producteurs à réfléchir à l'évolution stratégique de leurs exploitations agricoles. Ils sont néanmoins rarement utilisés en situation de conseil. Cet article présente deux expériences conduites l'une sur des exploitations laitières au Maroc, l'autre sur des exploitations de polyculture élevage au Burkina Faso. Deux outils de simulation sur tableur ont été conçus pour répondre aux questions spécifiques posées dans chaque cas. Ils représentent le fonctionnement des exploitations sur la base de bilans offre-demande en ressources (céréales, fourrages, fertilisants). Leur utilisation avec les producteurs suit une démarche comprenant un diagnostic de l'existant, le choix des questions à traiter et de la gamme de solutions possibles, la construction et la simulation des scénarios correspondants et la comparaison des résultats des différents scénarios. Les producteurs s'impliquent dans la démarche en fournissant les données de base nécessaires au paramétrage du scénario de référence, en réfléchissant aux problèmes soulevés par le diagnostic et les solutions possibles, en réagissant aux résultats des scénarios. L'évaluation de ces expériences fournit des éléments pour améliorer les outils et souligne l'intérêt de former en parallèle les producteurs aux connaissances agronomiques de base et à la collecte des données de suivi de leur exploitation.

Mots clés : Burkina Faso ; exploitation laitière ; Maroc ; modèle de simulation ; polyculture élevage.

Thèmes : économie et développement rural ; méthodes et outils.

Abstract

Simulation tools for supporting crop-livestock farmers in their strategic decision-making

Digitized models are potentially valuable to support farmers in their strategic decision-making processes. They are, however, scarcely used in advisory contexts. This paper describes two experiments with, on the one hand, dairy farmers in Morocco and on the other hand with crop-livestock farmers in Burkina Faso. Two spreadsheet simulation tools have been designed to address the specific issues raised in each case. The farm management is modelled on the basis of balances between supply and demand of certain resources (grains, fodder and nutrients). The tool utilization follows a process including the diagnosis of current farm functioning, selection of the issues to be addressed and of the range of potential solutions, design and simulation of the corresponding scenarios and comparison of the simulation results. The farmers are involved in the process by supplying the data required to characterize the reference scenario, by giving their opinion on the diagnosis and the potential solutions to be simulated and by reacting to the simulation results. These experiments provide elements to improve the tools' structures and functionalities. They highlight the value of training farmers in basic agronomics and on data collection in parallel with this advisory process.

Key words: Burkina Faso; dairy farms; mixed farming; Morocco; simulation models.

Subjects: economy and rural development; tools and methods.

Pour citer cet article : Le Gal PY, Andrieu N, Dugué P, Kuper M, Taher Sraïri M, 2011. Des outils de simulation pour accompagner des agroéleveurs dans leurs réflexions stratégiques. *Cah Agric* 20 : 413-20. doi : 10.1684/agr.2011.0509

Accompagner les producteurs dans les réflexions stratégiques qu'ils conduisent sur l'évolution de leurs systèmes de production s'avère nécessaire dans un contexte d'incertitude et de complexification de l'activité agricole (Papy, 2000). La modélisation paraît un outil pertinent pour ce faire car elle permet de représenter les interactions entre composantes et variables des systèmes étudiés, tout en offrant une puissance de calcul prospectif une fois les modèles conceptuels informatisés (Ahuja *et al.*, 2007). Les modèles produits par la recherche relèvent de différentes catégories : outils d'optimisation bioéconomique (Janssen et van Ittersum, 2007) ou de simulation (van Wijk *et al.*, 2009) visant à évaluer l'impact d'innovations techniques sur les performances de tout ou partie d'une exploitation agricole, ou modèles à base de règles visant à reproduire finement la façon dont les producteurs prennent leurs décisions techniques, avec (Andrieu *et al.*, 2007) ou sans (Navarrete et Le Bail, 2007) mise en œuvre informatique. Peu d'expériences associent accompagnement des producteurs et utilisation de la modélisation (Woodward *et al.*, 2008). Citons cependant le projet australien FARMS-CAPE centré sur le pilotage des processus techniques (Carberry *et al.*, 2002), et l'expérience conduite autour du logiciel OTELO sur l'organisation du travail dans les exploitations de grande culture (Attonaty *et al.*, 1999). Le présent article montre comment des outils de simulation informatisés facilitent l'accompagnement des producteurs dans leurs réflexions tactiques et stratégiques à l'échelle de leurs exploitations. Il s'appuie sur deux recherches en intervention conduites, l'une, sur des exploitations laitières avec cultures fourragères irriguées dans un bassin de collecte au Maroc (Le Gal *et al.*, 2007), l'autre, sur des exploitations de polyculture-élevage au Burkina Faso (Dugué *et al.*, 2004). Les exploitations étudiées au Maroc varient en termes de surface (2 à plusieurs dizaines d'hectares), de taille du troupeau laitier (1 à 20 vaches ou plus) et d'orientation productive (spécialisation dans le lait ou diversification). Les éleveurs s'interrogent sur leurs choix d'assolement fourrager (luzerne ou maïs ensilage), de valorisation de l'eau d'irrigation et d'équilibre

entre la demande alimentaire du troupeau (fonction de sa taille et de sa race) et l'offre fourragère de l'exploitation. Les exploitations étudiées au Burkina présentent des combinaisons variées de productions végétales et animales : agriculteurs possédant essentiellement des bœufs de trait, éleveurs cultivant peu de terres et agroéleveurs combinant les deux activités. Leurs interrogations portent sur la place tenue par le coton dans les assolements, l'alimentation des troupeaux en saison sèche et la gestion de la fertilité des sols, à partir de la fumure organique produite par les troupeaux et l'achat d'engrais minéraux. Les outils développés dans chacun des cas sont présentés dans une première partie en déclinant les principes mobilisés pour leur conception. Nous décrivons ensuite leur utilisation en situation d'accompagnement des producteurs, puis nous discutons des intérêts et limites de cette démarche.

Outils de simulation utilisés

Le cahier des charges guidant la conception et le développement des deux outils présentés ici comprend les impératifs suivants :

- bien identifier avec les producteurs et les conseillers les questions à traiter et les composantes du système de production à prendre en compte, de manière à simplifier les processus de modélisation et de conseil en les spécialisant sur une thématique donnée ;
- rendre intelligible et transparent le modèle conceptuel sous-tendant les outils, afin d'en faciliter la validation par les producteurs et les conseillers en lien avec leur capacité à représenter le réel et à stimuler les processus d'apprentissage des acteurs (de Geus, 1992) ;
- développer rapidement un prototype informatique pour répondre dans un pas de temps court aux questions identifiées avec les acteurs ;
- simplifier la représentation des processus biotechniques lorsque les connaissances ou les informations locales font défaut.

La mise en œuvre de ce cahier des charges a débouché sur deux prototypes informatisés, adaptables à une variété d'exploitations agricoles, potentiellement appropriables par des conseillers car ne nécessitant pas de

connaissances informatiques spécifiques, et susceptibles d'évolutions sur la base des usages qui en sont faits. Développés sous Excel[®], ils calculent des bilans offre-demande des ressources à l'échelle d'une exploitation agricole, en simulant des stratégies de production qui mobilisent différentes composantes de l'exploitation. Les processus biotechniques sont représentés sous la forme de paramètres quantifiés à dire d'experts (rendements) ou de coefficients génériques tirés de la littérature (valeur nutritive des aliments du bétail). Les variables décisionnelles, telles que les rations journalières des animaux, sont des variables d'entrée des modèles et ne sont pas internalisées sous forme de règles. Les producteurs et les conseillers sont intervenus dans la conception des modèles en fournissant les informations nécessaires à la compréhension de leurs processus de gestion technique et en évaluant la pertinence de leurs modes de représentation. Les conseillers sont également intervenus dans l'ergonomie des outils lors de leur prise en main : nature des écrans d'entrée et de sortie, facilité de saisie des variables d'entrée, modalités de présentation des résultats par scénario.

Le premier outil en date, dénommé Dalib (contraction d'exploitation laitière en arabe) a été développé sur le dispositif marocain. Il simule la production laitière mensuelle d'une exploitation en comparant l'offre alimentaire, constituée par la production fourragère propre à l'exploitation et ses achats en concentrés et fourrages, à la demande alimentaire liée à l'objectif de production laitière et à la conduite planifiée de l'atelier d'élevage (Le Gal *et al.*, 2009). La relation entre offre et demande passe par le choix des rations journalières distribuées aux lots constitués au sein du troupeau.

Deux questions sont plus particulièrement étudiées :

- en quoi les rations envisagées par l'éleveur sont-elles couvertes par l'offre fourragère de l'exploitation et quels sont les achats extérieurs d'aliments à prévoir ?
- en quoi ces rations permettent-elles de répondre à la demande alimentaire des animaux liée à la production de lait visée par l'éleveur ?

Dalib est structuré autour de cinq modules (*figure 1*) : références

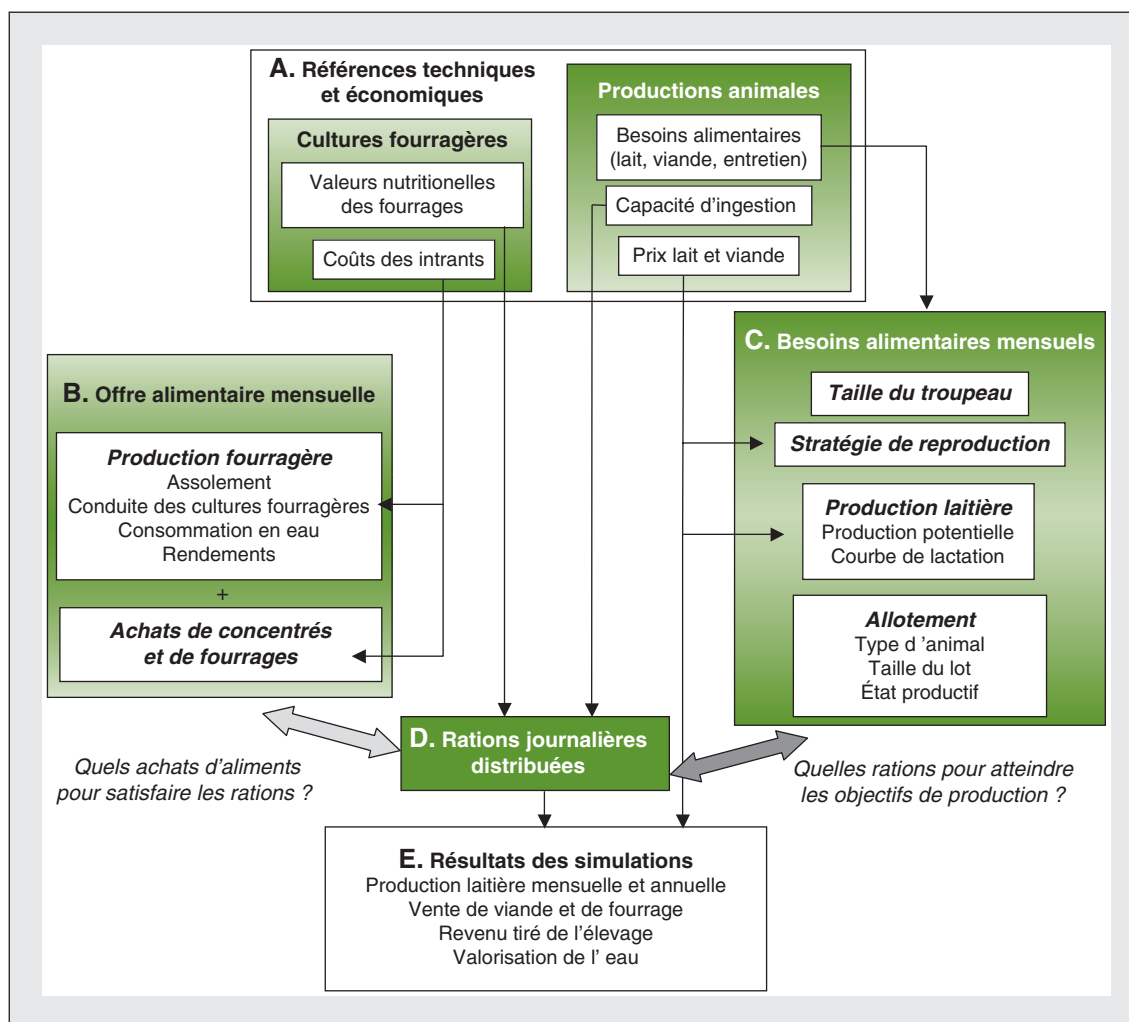


Figure 1. Représentation conceptuelle de l'outil de simulation DALIB dédié à l'évaluation de stratégie d'élevage laitier (Le Gal *et al.*, 2009).

Figure 1. Conceptual representation of the simulation tool DALIB for assessing dairy farm strategy (Le Gal *et al.*, 2009).

techniques et économiques nécessaires aux calculs ; production fourragère mensuelle de l'exploitation, en vert ou stockée (surfaces, itinéraires techniques, rendements) ; demande alimentaire mensuelle du troupeau en fonction de sa structure (taille, race) et de son mode de conduite planifié (reproduction, allotement) ; rations distribuées chaque jour aux différents lots du troupeau ; résultats techniques et économiques des simulations. Son utilisation est illustrée sur le cas d'une exploitation de 2 hectares et 5 vaches laitières, souhaitant substituer une partie de la luzerne par du maïs ensilage pour rééquilibrer le ratio énergie/azote de son offre fourragère et diminuer sa consommation en eau, tout en maintenant ses performances

productives (tableau 1). Les résultats des simulations (figure 2) montrent que le produit brut tiré de la production de lait demeure identique mais que les charges diminuent de 12 % du fait d'une moindre consommation de son de blé acheté hors de l'exploitation liée à une meilleure couverture des besoins énergétiques des vaches en lactation. Le gain de revenu s'accompagne d'une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation due à la moindre consommation du maïs ensilage, culture de printemps à cycle court, alors que la production estivale de la luzerne nécessite davantage d'eau.

Le second outil de simulation, dénommé Cikeda (exploitation agricole en dioula) fonctionne sur des principes similaires. Il calcule les bilans entre offre

et demande de ressources (céréales, fourrages, éléments fertilisants) correspondant à des scénarios d'évolution des assolements et de la place des troupeaux dans des exploitations de polyculture-élevage en Afrique de l'Ouest (Andrieu *et al.*, 2009). Le calcul des bilans fourrager, minéral et céréalier permet de détecter les éventuels déséquilibres et d'évaluer leurs effets sur les performances économiques de l'exploitation. L'utilisation de Cikeda est illustrée par le cas d'une exploitation souhaitant diminuer sa sole de coton pour des raisons économiques, au profit du maïs et de cultures fourragères (tableau 2). Le scénario 1 permet de mieux couvrir les besoins alimentaires de la famille et de dégager un excédent fourrager par rapport à la situation

Tableau 1. Exemples de scénarios simulés par Dalib : caractéristiques de l'exploitation agricole et des scénarios (source : Le Gal *et al.*, 2006).

Table 1. Scenarios simulated with Dalib : characterization of farms and scenarios (from Le Gal *et al.*, 2006).

	Luzerne (situation initiale)	Luzerne + ensilage maïs
Nombre de vaches laitières	5	5
Objectif annuel de production (l/vache)	4 500	4 500
Assolement (hectares)		
Luzerne	1,6	1,0
Trèfle d'Alexandrie	0,4	1,0
Maïs ensilage en culture dérobée sur trèfle	-	1,0
Composition de la ration (1)		
Luzerne ou trèfle d'Alexandrie	10,0	7,0
Maïs ensilage	-	7,0
Son de blé acheté	5,5	4,6

(1) en kilogramme de matière sèche par jour et par vache laitière.

initiale. Il présente par contre un bilan minéral déficitaire du fait des besoins plus importants du maïs (*figure 3A*). Le scénario 2 conserve le même assolement mais introduit un atelier d'embou-

che valorisant l'excédent fourrager. Celui-ci diminue en conséquence et le revenu de l'exploitation augmente tout en restant sensible à l'aléa climatique (*figure 3B*), alors que le complément de

fumure organique améliore le bilan minéral des terres cultivées.

Modalités d'utilisation en conseil aux agroéleveurs

Déroulement général

Les deux expériences ont été pilotées par des équipes de recherche en partenariat, au Maroc avec une coopérative laitière ayant engagé un conseiller pour fournir un appui à ses membres, au Burkina Faso avec deux comités de concertation villageois et des conseillers agricoles appartenant aux ministères de l'agriculture et de l'élevage et à l'union nationale des producteurs de coton. L'expérience marocaine s'est déroulée sur 4 mois avec la participation d'une étudiante et n'a pu être prolongée faute de financement. L'expérience burkinabé bénéficie d'un recul de 12 mois permettant de tirer des conclusions en matière de transfert de la démarche aux conseillers.

Cette démarche a été expérimentée avec 11 éleveurs au Maroc, 26 agriculteurs et agroéleveurs au Burkina, en privilégiant les aspects tactiques (planification de la campagne) et stratégiques (dimensionnement et orientation du système de production) pour

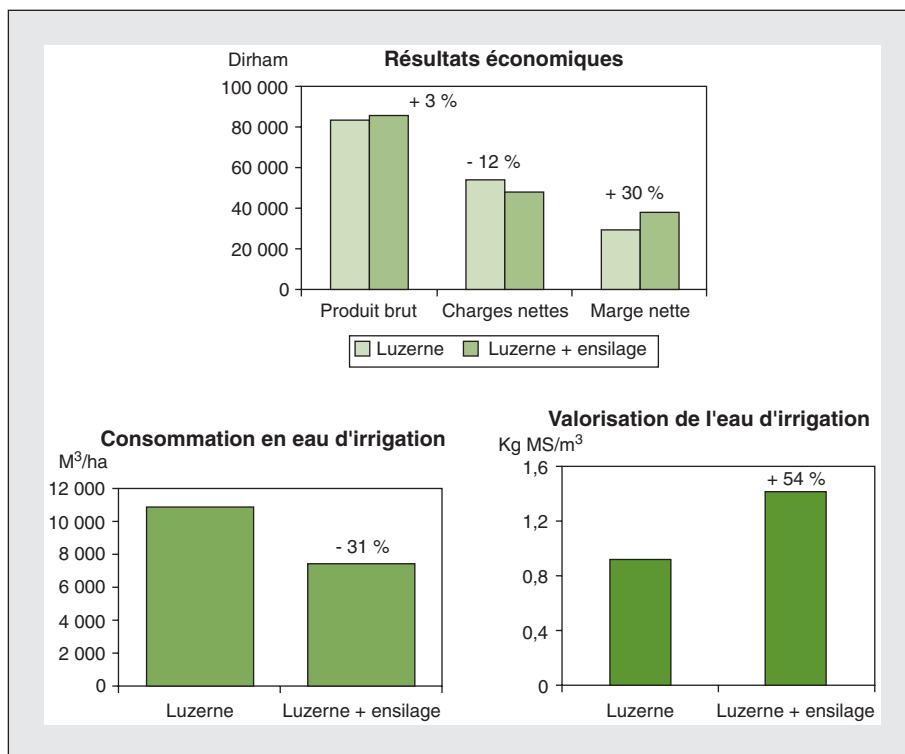


Figure 2. Exemples de résultats de scénarios simulés par Dalib (d'après Le Gal *et al.*, 2006).

Figure 2. Scenario results simulated with Dalib (from Le Gal *et al.*, 2006).

1 dirham = 0,088 € ; MS : matière sèche.

Tableau 2. Exemples de scénarios simulés par Cikēda : caractéristiques de l'exploitation agricole et des scénarios (source : Andrieu *et al.*, 2009).

Table 2. Scenarios simulated with Cikēda: characterization of farms and scenarios (from Andrieu *et al.*, 2009).

	Situation initiale	Scénario 1	Scénario 2
Assolement (hectares)			
Coton	3,00	1,50	1,50
Mais	3,50	4,50	4,50
Sorgho	2,00	2,00	2,00
Cultures fourragères	0,25	0,75	0,75
Bovins d'embouche	0	0	2

lesquels les outils de simulation ont été créés. Un processus en six étapes a été suivi dans les deux cas, basé sur des chronologies proches (tableau 3) :

- la première phase (étapes 1 et 2) relève du diagnostic, avec la description de l'exploitation et de ses prati-

ques, l'identification des problèmes ou projets du producteur et des besoins en formation sur certains aspects techniques liés aux calculs ultérieurs, tels que le rationnement des animaux ou les calculs économiques ;

- la deuxième phase (étapes 3 et 4) lance le processus de réflexion prospective, avec la construction des scénarios à simuler sur la base d'un dialogue entre le conseiller et le producteur : quelles solutions envisagées face aux problèmes soulevés ?

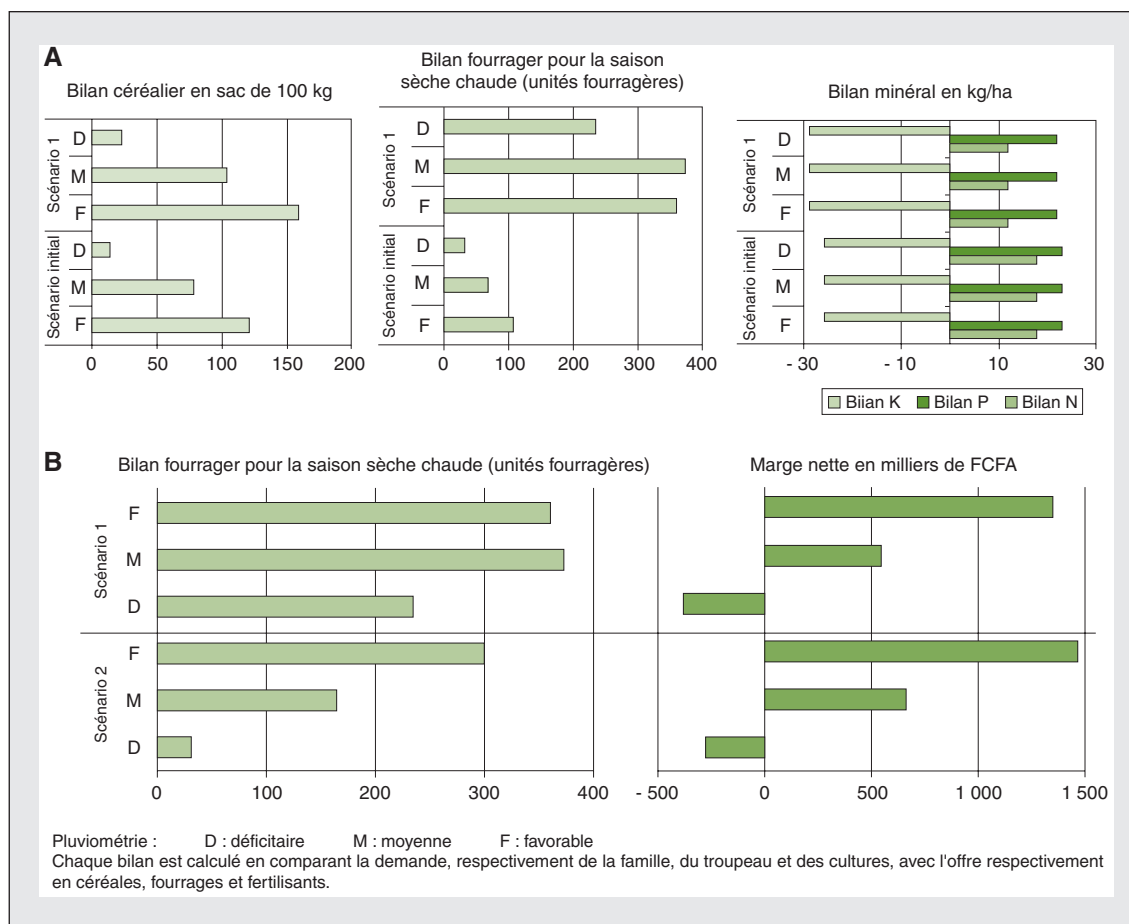


Figure 3. Exemples de résultats de scénarios simulés par Cikēda (d'après Andrieu *et al.*, 2009).

Figure 3. Scenario results simulated with Cikēda (from Andrieu *et al.*, 2009).

A) comparaison du scénario initial et du scénario S1; B) Comparaison des scénarios S1 et S2.
1 euro = 656 F CFA.

Tableau 3. Étapes de la démarche de conseil expérimentée dans les deux cas d'étude.

Table 3. Process of the support approach experimented in both case studies.

Étape	Dalib	Cikèda
1	Identification des besoins de l'éleveur sur la base d'un diagnostic partagé avec le conseiller	Formulation par le producteur de son projet initial de transformation de l'exploitation en précisant les raisons de ce projet, les résultats attendus et les moyens qui seront mobilisés
2	Formation aux connaissances de base nécessaires à la compréhension de l'outil et des simulations (ex : principes de rationnement des vaches laitières)	Formation aux connaissances de base nécessaires à la compréhension de l'outil et des simulations (ex : principes de rationnement des animaux d'embouche), et à la maturation du projet de transformation (ex : test d'embouche)
3	Réflexions sur les solutions possibles au problème soulevé	Simulation par le conseiller en présence du producteur du projet initial à l'aide du logiciel
4	Construction et simulation des scénarios à l'aide du logiciel	Formulation par le producteur d'un deuxième scénario compte tenu de l'analyse des sorties obtenues à partir du scénario du projet initial
5	Présentation et discussion des résultats avec l'éleveur	Analyse par le conseiller des résultats de simulation du deuxième scénario et formulation d'un troisième scénario plus prospectif
6	Retour final sur l'exploitation et bilan par rapport à l'avancée des réflexions de l'éleveur et sa perception de la démarche	Restitution par le conseiller sous forme graphique des résultats de simulations des scénarios 2 et 3 et discussion avec le producteur sur ce qui sera possible de mettre en œuvre ou non

Comment paramétrer ces solutions et les projets annoncés par le producteur dans le logiciel ? ;

– la troisième phase (étapes 5 et 6) conclut ce processus une fois les simulations réalisées : discussion des résultats avec le producteur, poursuite éventuelle sur de nouveaux scénarios et évaluation de la démarche du point de vue du producteur. Le *tableau 3* précise les quelques différences entre les deux études à partir de ce déroulement général.

Cette chronologie s'étale sur au minimum deux rencontres de deux heures chacune, regroupant plusieurs étapes selon les conditions de leur mise en œuvre (temps et données disponibles, utilisation de l'ordinateur chez le producteur). Elle permet, d'une part, au conseiller de paramétrer et simuler les scénarios et d'en analyser les résultats au bureau, d'autre part, au producteur de réfléchir aux présentations qui lui sont faites des résultats. Le processus peut théoriquement se poursuivre aussi longtemps que le producteur s'interroge sur ses projets, mais pratiquement il n'a pas dépassé une séquence

complète dans les deux expériences liées.

Implication des producteurs et des conseillers

Les producteurs interviennent à plusieurs étapes de la démarche. Tout d'abord ils fournissent les données nécessaires à la connaissance de l'exploitation, puis au paramétrage d'un scénario décrivant la situation initiale de l'exploitation : campagne agricole précédente au Burkina, où l'intervention se déroule en intersaison des pluies, situation actuelle au Maroc où les exploitations laitières sont en production tout au long de l'année. Ce scénario, une fois simulé, fournit les éléments à l'intervenant pour un premier diagnostic technico-économique. Sur cette base, une discussion avec le producteur permet de préciser les problèmes qu'il se pose, de valider la pertinence du scénario par rapport à sa réalité et de mettre en évidence des connaissances techniques à approfondir. Le producteur est ensuite amené à

exprimer ses objectifs et ses projets futurs, et la diversité des questions tactiques ou stratégiques auxquelles il est confronté et qui peuvent être traitées par les outils. Les solutions envisagées par le producteur ou suggérées par le conseiller sont alors identifiées, puis simulées comme autant de scénarios alternatifs d'évolution de l'exploitation (*tableau 4*). Les connaissances techniques à approfondir peuvent faire l'objet d'une session de formation spécifique.

L'évaluation des alternatives retenues se base sur les équilibres entre offre et demande de ressources et sur les sorties techniques et économiques simulées, auxquelles le producteur est invité à réagir. Dalib permet ainsi de comparer la production laitière réelle, simulée et potentielle de l'exploitation, de mettre en évidence des contraintes alimentaires et d'évaluer le coût de production du lait produit. Les réactions aux sorties de Cikèda dépendent du type d'exploitation : production agricole, bilan minéral et charges agricoles en cas d'orientation végétale, bilan fourrager et charges liées

Tableau 4. Exemples de questions traitées dans le cadre de la démarche de conseil conduite avec les producteurs.

Table 4. Issues investigated on the basis of the support approach carried out with farmers.

Type	Dalib	Cikèda
Opérationnel	<ul style="list-style-type: none"> . Rationnement d'une vache laitière selon son stade de lactation 	<ul style="list-style-type: none"> . Rationnement des bovins à base de résidus de culture, paille + urée, cultures fourragères limitant la dépendance aux concentrés achetés . Augmentation de la production de fumure organique par le troupeau
Tactique	<ul style="list-style-type: none"> . Conception d'un système d'alimentation du troupeau répondant à certains objectifs (diminution des achats de concentrés ou des consommations en eau) 	<ul style="list-style-type: none"> . Planification de la surface cultivée en cotonnier pour la campagne à venir
Stratégique	<ul style="list-style-type: none"> . Agrandissement du troupeau laitier . Passage à des races bovines améliorées . Spécialisation lait ou diversification lait-viande . Évolution de l'assolement fourrager 	<ul style="list-style-type: none"> . Changement d'assolement (équilibre entre sole cotonnière et sole céréalière) . Introduction d'un atelier d'embouche bovine dans le système de production

à l'élevage en cas d'orientation animale. La comparaison des résultats des différents scénarios permet au producteur de s'exprimer sur le réalisme des sorties et au conseiller de relever certaines difficultés de compréhension, par exemple sur des notions techniques telles que les unités fourragères.

Il est trop tôt dans les deux cas pour évaluer l'influence de la démarche sur les décisions prises réellement par les producteurs. Mais les expérimentations réalisées montrent qu'elle leur permet d'estimer plus précisément certains indicateurs de performance quantitatifs, tout en veillant à ne pas considérer les sorties des simulations comme « la réalité ». Elle permet également une ouverture du champ des changements envisageables (nouvelles activités, dimensionnement des ateliers) et une meilleure capacité à les comparer sur la base des sorties des simulations. Les relations agriculture-élevage au sein de l'exploitation sont prises en compte dans leur globalité (alimentation des animaux, gestion de la fertilité dans le cas du Burkina Faso). Les producteurs prennent conscience de l'intérêt de disposer de données chiffrées sur leurs activités, qui les amènent à modifier leurs représentations concernant notamment la rentabilité de certaines d'entre elles. L'évaluation réalisée au Burkina Faso montre néanmoins que les pro-

ducteurs dont les exploitations sont en phase d'évolution sont les plus intéressés par la démarche.

La prise en main des outils par les conseillers n'a pas posé de problèmes spécifiques, *a fortiori* lorsqu'existe une interface conviviale comme le propose Cikèda. Mais il est important de les former (une journée dans le cas de Cikèda) afin qu'ils comprennent à la fois les hypothèses et simplifications sous-jacentes du modèle et donc son domaine de validité, mais aussi les calculs permettant de passer des entrées aux sorties, les procédures de modification de certains paramètres ainsi que la façon d'analyser les sorties. Un manuel d'utilisation a été conçu au Maroc auquel les conseillers peuvent se référer.

Conclusion : intérêts et limites de la démarche adoptée

Les évaluations effectuées à partir des premiers tests montrent que les deux outils répondent bien à leur cahier des charges initial, mais qu'ils devront subir certaines améliorations avant d'être utilisés à plus large échelle. Des garde-fous sont en particulier à

prévoir pour toutes les variables non reliées mathématiquement dans l'application mais qui le sont dans la réalité. Par exemple l'absence de liens entre fertilisation et rendement dans Cikèda est source potentielle d'erreurs si l'utilisateur ne modifie pas le rendement espéré en même temps que la fumure proposée. La prise en compte de ces relations complexes devrait passer par la création d'une bibliothèque de situations agronomiques construite avec les producteurs et complétées à dire d'experts ou à partir de la littérature scientifique pour les situations innovantes inconnues des producteurs.

Au plan informatique, le support tableur apparaît trop rigide pour répondre à la diversité des cas rencontrés et des innovations possibles. Un changement de support est à envisager pour améliorer à la fois l'ergonomie de l'outil et ses fonctionnalités. L'utilisateur, chercheur ou conseiller agricole, doit pouvoir créer ses propres nomenclatures, notamment en termes de références technico-économiques, dans lesquelles il ira puiser pour paramétrer les scénarios adaptés à une exploitation donnée. L'objectif est de s'orienter vers une seule application réunissant les fonctionnalités des deux prototypes actuellement testés pour déboucher sur un logiciel générique adapté à des exploitations

de polyculture-élevage bovin et reprenant, en les affinant, les trois bilans structurant Cikedá. Un bilan travail (Dedieu *et al.*, 2006) pourrait y être intégré afin de pouvoir écarter les innovations difficiles à mettre en œuvre en période de pointe de travail. Enfin, les impacts des scénarios simulés sur les investissements à réaliser, par exemple lors de l'agrandissement d'un troupeau laitier, doivent être mieux évalués aux plans technique et économique en renseignant systématiquement les changements à prévoir. L'imbrication étroite, au sein des exploitations, entre les niveaux opérationnel, tactique et stratégique, amène à intégrer dans la démarche des formations techniques de base pour renforcer la réflexion prospective des producteurs et conseillers. Une application Excel a ainsi été développée au Maroc pour simuler les effets d'une ration sur la production journalière d'une vache. Dalib permet ensuite d'évaluer à l'échelle du troupeau et de l'année la faisabilité des solutions obtenues au niveau d'une vache associée à un objectif de production ponctuel. Bien que limitée par la durée du projet de recherche et le désengagement des structures publiques d'appui aux éleveurs (Sraïri *et al.*, 2011), cette expérience a montré l'intérêt d'associer les réflexions individuelles liées à des projets d'évolution des exploitations à des formations collectives sur le rationnement des vaches laitières. Cependant, malgré la relative simplicité des variables d'entrée, la disponibilité des données sur les exploitations demeure un problème dans les contextes étudiés. Les producteurs collectent peu ou pas de données sur leurs activités et des valeurs déclaratives peuvent s'avérer aberrantes. Cette démarche est donc à articuler avec le conseil aux exploitations familiales tel que défini par Faure et Kleene (2004), où l'accent est mis sur la collecte, l'analyse et l'archivage des données à l'aide de supports formalisés de suivi des activités productives. Deux axes de recherche future se dégagent de ces expériences. Le premier concerne les interactions entre processus biotechniques et gestion des exploitations. Les connaissances générées par les démarches

d'accompagnement des producteurs élargissent les questionnements sur les processus biotechniques aux situations qu'ils rencontrent. En retour la prise en compte d'innovations techniques dans le processus de conseil aux producteurs suppose que leur caractérisation (modes de conduite, performances) soit conforme aux outils de simulation utilisés. Le deuxième axe s'intéresse au passage de ces expériences conduites par des chercheurs à une prise en charge de la démarche par des structures pérennes de conseil. Cette évolution touche à la conception de dispositifs innovants de conseil en agriculture incluant : l'adéquation croisée entre les outils et les institutions qui pourraient les utiliser, y compris l'apparition de nouveaux usages ; l'achat d'ordinateurs et la formation en informatique des conseillers ; leur capacité de dialogue avec des producteurs et d'abstraction par rapport à l'usage des outils ; et enfin le coût et le financement du service. ■

Références

- Ahuja LR, Andales AA, Ma L, Saseendran SA, 2007. Whole-system integration and modeling essential to agricultural science and technology for the 21st century. *Journal of Crop Improvement* 19 : 73-103. doi: 10.1300/J411v19n01_04.
- Andrieu N, Poix C, Josien E, Duru M, 2007. Simulation of forage management strategies considering farm-level land diversity : Example of dairy farms in the Auvergne. *Computers and Electronics in Agriculture* 55 : 36-48. doi: 10.1016/j.compag.2006.11.004.
- Andrieu N, Dugué P, Le Gal PY, 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 : Seyni-Boukar L, Boumard P, eds. *Savanes africaines en développement : innover pour durer*. Garoua (Cameroun) : Prasac. hal.cirad.fr/docs/00/47/14/83/PDF/004_andrieu.pdf.
- Attonaty JM, Chatelin MH, Garcia F, 1999. Interactive simulation modeling in farm decision-making. *Computers and Electronics in Agriculture* 22 : 157-70. doi: 10.1016/S0168-1699(99)00015-0.
- Carberry PS, Hochman Z, McCown RL, *et al.*, 2002. The FARMSCAPE approach to decision support : farmers', advisers', researchers' monitoring, simulation, communication and performance evaluation. *Agricultural Systems* 74 : 141-77. doi: 10.1016/S0308-521X(02)00025-2.
- de Geus AP, 1992. Modelling to predict or to learn? *European Journal of Operational Research* 59 : 1-5. doi: 10.1016/0377-2217(92)90002-Q.

Dedieu B, Servière G, Madelrieux S, Dobremez L, Cournut S, 2006. Comment appréhender conjointement les changements techniques et les changements du travail en élevage? *Cahiers Agricultures* 15 : 506-13. doi: 10.1684/agr.2006.0028.

Dugué P, Vall E, Klein HD, Rollin D, Lecomte P, 2004. Évolution des relations entre l'agriculture et l'élevage dans les savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre. *Oléagineux Corps gras Lipides* 11 : 268-76. http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/ocl/e-docs/00/04/OA/72/article.phtml.

Faure G, Kleene P, 2004. Lessons from new experiences in extension in West Africa : management advice for family farms and farmers' governance. *Journal of Agricultural Extension and Education* 10 : 37-49. doi: 10.1080/13892240485300061.

Janssen S, van Ittersum MK, 2007. Assessing farm innovations and responses to policies : A review of bio-economic farm models. *Agricultural Systems* 94 : 622-36. doi: 10.1016/j.agsy.2007.03.001.

Le Gal PY, Moulin CH, Puillet L, Kuper M, Sraïri MT, 2006. Utiliser la modélisation pour évaluer l'impact du fonctionnement d'élevages laitiers sur l'économie et la valorisation de l'eau d'irrigation. *Cas du Tadla (Maroc)*. Deuxième atelier régional du projet Economies d'eau en Systèmes Irrigués au Maghreb, Marrakech (Maroc), Sirma. hal.cirad.fr/cirad-00194960/fr/.

Le Gal PY, Kuper M, Moulin CH, Puillet L, Sraïri MT, 2007. Dispositifs de coordination entre industriel, éleveurs et périmètre irrigué dans un bassin de collecte laitier au Maroc. *Cahiers Agricultures* 16 : 265-71. doi: 10.1684/agr.2007.0117.

Le Gal PY, Kuper M, Moulin CH, Sraïri MT, Rhouma A, 2009. Linking water saving and productivity to agrofood supply chains : a synthesis from two North African cases. *Irrigation and Drainage* 58 : 320-33. doi: 10.1002/ird.531.

Navarrete M, Le Bail M, 2007. SALADPLAN : a model of the decision-making process in lettuce and endive cropping. *Agronomy for Sustainable Development* 27 : 209-21. doi: 10.1051/agro : 2007009.

Papy F. 2000. Farm models and decision support : a summary review. In : Colin JP, Crawford EW, eds. *Research on agricultural systems. Accomplishments, perspectives and issues*. New York (USA) : Nova Science Publishers.

Sraïri MT, Kuper M, Le Gal PY, 2011. Accompagnement d'exploitations laitières pour mieux valoriser l'eau d'irrigation dans la plaine du Tadla au Maroc. *Cahiers Agricultures* 20 : 60-6. doi: 10.1684/agr.2010.0462.

Van Wijk M, Tittonell P, Rufino M, *et al.*, 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. *Agricultural Systems* 102 : 89-101. doi: 10.1016/j.agsy.2009.07.004.

Woodward SJR, Romera AJ, Beskow WB, Lovatt SJ, 2008. Better simulation modelling to support farming systems innovation : review and synthesis. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51 : 235-252. doi: 10.1080/00288230809510452.