

Cahiers **Agricultures**

Dynamiques des systèmes de production au Sénégal

Recueil d'articles publiés de 2010 à 2021
Coordination : Khady Nani Dramé, Christine Rawski



Sommaire / Contents

Cahiers **Agricultures**

Cahiers Agricultures est une revue scientifique, principalement francophone, sur les agricultures du monde, leur fonctionnement, leur évolution et leur place dans les sociétés

Édition en ligne/Services d'alerte

Cahiers Agricultures est une revue en accès libre intégral.
La revue en ligne et les instructions aux auteurs sont disponibles sur :
www.cahiersagricultures.fr

Vous pouvez également vous inscrire à une alerte par courriel pour recevoir un message automatiquement à la parution de chaque nouveau numéro.

ISSN (version imprimée) : 1166-7699
ISSN (version électronique) : 1777-5949

Produit et hébergé par :

EDP Sciences S.A.
17 avenue du Hoggar,
PA de Courtabœuf, BP 112,
91444 Les Ulis Cedex A, France
www.edpsciences.org

Rédacteurs en chef :

Jean-Yves Jamin, Christine Rawski,
Jean-Philippe Venot
cahiers.agric@cirad.fr

Appui à la publication et à l'édition :

Carmen Renaudeau
carmen.renaudeau@cirad.fr

Secrétariat de rédaction :

Clarence Angles
clarence.angles@edpsciences.org

Directeur de Publication :

Elisabeth Claverie de Saint Martin
Dépôt légal : Septembre 2024
Imprimé en France par : Dupliprint
733, rue Saint-Léonard, 53100 MAYENNE

Photos de couverture :

K.N. Dramé, E.A. Wade

Dynamiques des systèmes de production au Sénégal

Recueil d'articles publiés de 2010 à 2021

Coordination : Khady Nani Dramé, Christine Rawski

Ce fascicule, publié à l'occasion du cinquantenaire de l'ISRA grâce à l'appui financier et technique du CIRAD, présente une sélection d'articles parus dans la revue *Cahiers Agricultures*. Ces articles illustrent les recherches en partenariat visant à comprendre la dynamique des systèmes de production dans un contexte de pression foncière, de changement climatique et de pandémie pour proposer des modèles plus durables.

Editorial : Pression foncière dans un environnement de changement climatique : quelles solutions pour une cohabitation harmonieuse entre urbanisation, agriculture et élevage ?
El Hadji Traoré

Un modèle multi-agents pour étudier les politiques d'affectation des terres et leurs impacts sur les dynamiques pastorales et territoriales au Ferlo (Sénégal)
An agent-based model to study land allocation policies and their effect on pastoral and territorial dynamics in the Ferlo (Senegal)
Bah A, Touré I, Fourage C, Gaye ID, Leclerc G, Soumaré A, Ickowicz A, Diop AT

Vers un métamodèle pour analyser les systèmes d'élevage extensifs et leurs interactions avec les territoires
Towards a metamodel to analyze the dynamics of livestock, resources and territories
Bommel P, Bah A, Etienne M, Leclerc G, Monteil C, Toure I

Anticiper l'avenir des territoires agricoles en Afrique de l'Ouest: le cas des Niayes au Sénégal
Anticipating the future of agricultural territories in West Africa: The case of the Niayes in Senegal
Camara C, Bourgeois R, Jahel C

Regard sur le modèle agricole sénégalais: pratiques foncières et particularités territoriales des moyennes et grandes exploitations agricoles
A look at the Senegalese agricultural model: land practices and territorial specificities of medium and large-scale farms
Bourgoin J, Diop D, Dia D, Sall M, Zagré R, Grislain Q, Anseeuw W

Cahiers Agricultures is a scientific journal on world farming systems – how they are changing and their role in society

Online edition/Alert services

Cahiers Agricultures is a full open access journal. The online edition of Cahiers Agricultures and instructions for authors are available at : www.cahiersagricultures.fr

You can also subscribe to e-mail alert to automatically receive an e-mail each time a new issue is published.

ISSN (printed version): 1166-7699
ISSN (electronic version): 1777-5949

Hosted and distributed by:

EDP Sciences S.A.
17 avenue du Hoggar,
PA de Courtabœuf, BP 112,
91444 Les Ulis Cedex A, France
www.edpsciences.org

Editors-in- Chief:

Jean-Yves Jamin, Christine Rawski,
Jean-Philippe Venot
cahiers.agric@cirad.fr

Publication and Edition Assistant:

Carmen Renaudeau
carmen.renaudeau@cirad.fr

Chief sub-editor:

Clarence Angles
clarence.angles@edpsciences.org

Publishing Director

Elisabeth Claverie de Saint Martin
Legal deposit: September 2024
Printed in France by: Dupliprint
733, rue Saint-Léonard, 53100 MAYENNE

Cover photos:

K.N. Dramé, E.A. Wade

Early effects of the COVID-19 outbreak on the African dairy industry: Cases of Burkina Faso, Kenya, Madagascar, and Senegal

Premiers effets de la pandémie de COVID-19 sur l'industrie laitière africaine : exemples du Burkina Faso, du Kenya, de Madagascar et du Sénégal

Vall E, Mburu J, Ndambi A, Sall C, Camara AD, Sow A, Ba K, Corniaux C, Diaw A, Seck D, Vigne M, Audouin S, Rakotomalala LJE, Rakotonoely LN, Ferreira FD, Véromalalanirina E, Rajaonera M, Ouédraogo S, Sodré E, Tall I, Ilboudo MD, Duteurtre G

Pression foncière dans un environnement de changement climatique : quelles solutions pour une cohabitation harmonieuse entre urbanisation, agriculture et élevage ?

El Hadji TRAORE

Ancien directeur scientifique et conseiller technique du Directeur général de l'ISRA

En Afrique sahélienne de façon générale et particulièrement au Sénégal, nous faisons face à une croissance démographique dynamique qui exerce une pression accrue sur les ressources naturelles ; et ce, dans un contexte de changement climatique qui affecte notamment le secteur primaire. En plus de subir les effets du changement climatique, l'élevage des ruminants est indexé comme source d'émission de gaz à effet de serre (GES), ce qui nécessite une adaptation des systèmes de production.

La recherche, dans son rôle d'anticipation des questions à venir, s'est depuis longtemps intéressée à la question de la pression foncière de façon pluridisciplinaire et même multi-institutionnelle. Pour exemple, des équipes de recherche du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), de l'Institut de recherche pour le développement (IRD), de l'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA) et de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), entre autres instituts de recherche, d'enseignement et de développement, ont co-produit des savoirs et des preuves pouvant alimenter des stratégies d'adaptation et d'atteinte d'objectifs de développement durable et inclusif d'ici 2030. Une sélection d'articles publiés dans Cahiers Agricultures entre 2010 et 2021 par ces équipes fait l'objet de cette édition thématique autour de défis centrés sur les systèmes de production agricoles et pastoraux et leur gestion dans un contexte d'habitat et d'environnement changeants.

En effet, Camara *et al.* (2019) s'interrogent sur l'avenir des territoires agricoles à la périphérie des grandes villes, en prenant comme exemple la zone des Niayes de Dakar, face à l'urbanisation croissante, la dégradation des ressources naturelles et les mutations socio-économiques. Afin d'anticiper les changements que pourraient connaître les territoires ruraux, une démarche de prospective

territoriale a été réalisée sur la zone sud des Niayes, au Sénégal. Elle a permis aux experts locaux mobilisés à cet effet d'identifier les facteurs de changement et de co-élaborer des scénarii d'évolutions possibles du territoire. Les réglementations, la gouvernance et la démographie sont les trois facteurs majeurs pouvant infléchir l'affectation des sols dans le temps. Ces facteurs déterminent le type de partage de l'espace et d'utilisation des ressources naturelles, pouvant être harmonieux ou conflictuel. Une gouvernance inclusive, une société civile fortement structurée et la préservation des ressources naturelles sont apparues comme essentielles à l'atteinte de futurs harmonieux.

Sur un autre territoire, Bah *et al.* (2010), proposent un modèle multi-agents pour étudier les politiques d'affectation des terres et leurs impacts sur les dynamiques pastorales et territoriales, en prenant l'exemple du Ferlo dans la zone sylvo pastorale du Sénégal. Pour ces auteurs, l'état actuel des paysages et des territoires sahéliens est la résultante d'interactions entre facteurs éco-climatiques, socio-économiques et politiques, qui datent de plus de quatre décennies. Leurs résultats indiquent que l'espace géographique du Ferlo est représentatif d'une cohabitation entre des systèmes de production agro-sylvo-pastoraux, dans laquelle l'activité pastorale est en compétition avec les autres. Cet équilibre de complémentarités entre systèmes de production agricoles et pastoraux, ou entre pasteurs et collectivité, qui a longtemps prévalu, tend à se dégrader sous la pression foncière, avec des acteurs aux intérêts parfois divergents dans un contexte de changements climatiques. Il faut donc agir pendant qu'il est possible par action concertée de tous les acteurs, afin de trouver des solutions permettant une exploitation durable et apaisée de nos ressources.

Par ailleurs, la recherche a conçu des outils d'aide à la décision pour le présent et le futur. Et comme pour répondre aux inquiétudes et problèmes soulevés par Bah *et al.* (2010), Bommel *et al.* (2010) proposent un métamodèle pour rendre compte de la durabilité des systèmes d'élevage extensifs en s'appuyant sur une démarche d'accompagnement. Ce métamodèle résulte d'une démarche de conception à partir de systèmes multi-agents (SMA) développés sur sept sites en Amérique latine, en France et au Sénégal. Il est composé de quatre modules intéressant les principaux acteurs recensés dans les territoires étudiés : Agent, Collectivité, Espace, Végétation-troupeau. L'analyse des systèmes d'élevage extensifs et leurs interactions avec les territoires à l'aide de ce métamodèle a conduit à uniformiser les représentations des divers systèmes pour mieux en comprendre la structure générale et les fonctionnements.

Sur un autre registre et comme pour tirer des enseignements et recommandations des auteurs précédents, Jérémy *et al.* (2020) jettent un regard sur le modèle agricole sénégalais concernant les pratiques foncières et les particularités territoriales des moyennes et grandes exploitations agricoles. Il en ressort que l'enjeu alimentaire lié à l'augmentation démographique est au cœur des agendas internationaux de développement durable et nourrit les débats sur les transitions à entreprendre ou à soutenir. Ainsi, défini en opposition à un modèle agro-industriel intensif et capitaliste, le modèle des agricultures familiales, qui regroupe des types d'exploitations et d'exploitants aux profils variés, reste difficile à considérer dans sa diversité du fait de sa constante évolution. Certains phénomènes restent peu étudiés, notamment la dynamique d'accumulation foncière d'exploitations agricoles, identifiée dans certains pays d'Afrique subsaharienne. Concernant les dynamiques foncières, Jérémy *et al.* (2020) montrent que la majorité des terres reste sous occupation coutumière bien que les territoires ruraux soient en constante évolution. Dans un contexte où les pouvoirs publics insistent sur les besoins d'intensification agricole, à travers la promotion de l'entrepreneuriat privé et du secteur agro-industriel, il est crucial d'avoir une bonne compréhension de la diversité des formes d'exploitations agricoles. D'où la nécessité de redéfinir les contours du modèle agricole, entre volontés productivistes et exigences de durabilité et d'équité, en privilégiant une gestion concertée des ressources naturelles et des territoires utilisés par divers acteurs du développement socio-économique.

Cette gestion concertée est d'autant plus importante dans un contexte de changement climatique, qui va entraîner de plus en plus de péjorations climatiques, notamment avec l'émergence ou la réémergence de maladies humaines et animales qui auront toujours des effets négatifs sur nos sociétés. L'exemple de la pandémie de COVID-19 est encore récent. Ainsi, Vall *et al.* (2021)

dressent les effets de cette pandémie en prenant l'exemple de l'industrie laitière africaine dans quelques pays comme le Burkina Faso, le Kenya, Madagascar et le Sénégal. Leurs travaux montrent la vulnérabilité des petites chaînes d'approvisionnement laitières informelles, moins organisées, moins résilientes que les grandes chaînes d'approvisionnement laitières face à une telle crise. Dans l'éventualité de futures crises, il serait opportun de concevoir des modèles plus robustes qui soient mieux préparés à ces situations.

La sélection d'articles sur les défis posés par l'agriculture et l'élevage en relation avec le foncier en zone sahélienne montrent la nécessité de travailler dans un cadre multi institutionnel, multidisciplinaire et supra-national, pour trouver des réponses aux multiples problèmes ou contraintes qui freinent le développement socio-économique de nos pays et proposer des solutions anticipées sur les défis futurs. Il est nécessaire d'effectuer une analyse Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces (FFOM) de ce qui a été fait en matière de recherche, mais aussi de pratiques sur le terrain, pour en relever les contraintes, afin de dégager les pistes d'un développement inclusif et durable.

Références

- Bah A, Touré I, Fourage C, Gaye ID, Leclerc G, Soumaré A, Ickowicz A, Diop AT. 2010. Un modèle multi-agents pour étudier les politiques d'affectation des terres et leurs impacts sur les dynamiques pastorales et territoriales au Ferlo (Sénégal). *Cahiers Agricultures* 19(2): 118-126. <https://doi.org/10.1684/agr.2010.0383>
- Bommel P, Bah A, Etienne M, Leclerc G, Monteil C, Toure I. 2010. Vers un métamodèle pour analyser les systèmes d'élevage extensifs et leurs interactions avec les territoires. *Cahiers Agricultures* 19(2): 143-151. <https://doi.org/10.1684/agr.2010.0373>
- Bourgoin J, Diop D, Dia D, Sall M, Zagré R, Grislain Q, Anseeuw W. 2020. Regard sur le modèle agricole sénégalais : pratiques foncières et particularités territoriales des moyennes et grandes exploitations agricoles. *Cahiers Agricultures* 29 : 18. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020018>
- Camara C, Bourgeois R, Jahel C. 2019. Anticiper l'avenir des territoires agricoles en Afrique de l'Ouest : le cas des Niayes au Sénégal. *Cahiers Agricultures* 28 : 12. <https://doi.org/10.1051/cagri/2019012>
- Vall E, Mburu J, Ndambi A, Sall C, Camara AD, Sow A, Ba K, Corniaux C, Diaw A, Seck D, Vigne M, Audouin S, Rakotomalala LJE, Rakotonioely LN, Ferreira FD, Véromalalanirina E, Rajaonera M, Ouédraogo S, Sodré E, Tall I, Ilboudo MD, Duteurtre G. 2021. Early effects of the COVID-19 outbreak on the African dairy industry: Cases of Burkina Faso, Kenya, Madagascar, and Senegal. *Cahiers Agricultures* 30 : 14. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020047>

Un modèle multi-agents pour étudier les politiques d'affectation des terres et leurs impacts sur les dynamiques pastorales et territoriales au Ferlo (Sénégal)

Alassane Bah¹
Ibra Touré²
Christine Fourage³
Ibrahima Diop Gaye⁴
Grégoire Leclerc⁵
Arame Soumaré⁶
Alexandre Ickowicz⁷
Amadou Tamsir Diop⁸

¹ École supérieure polytechnique
PPZS /UMI UMMISCO 209
Département génie informatique
Ucad
BP 15915 Dakar-Fann
Sénégal
<alassane.bah@gmail.com>

² Cirad
URP 68 PPZS, ISRA-LNERV
Route de Front de Terre
BP 2057 Dakar Hann
Senegal
<ibra.toure@cirad.fr>

³ Université catholique de l'Ouest
CERIPSA
3, place André Leroy, BP 108 08
49008 Angers cedex 01, France

⁴ ENEA-PPZS ATEGU
Aménagement du Territoire, Environnement
ATEGU BP 5084, Dakar
Senegal

⁵ Cirad UR GREEN TA C-47 / F
Campus international de Baillarguet
34398 Montpellier cedex 5
France
<gregoire.leclerc@cirad.fr>

⁶ Ucad
Faculté des lettres et sciences humaines
Département de géographie
BP 5005, Dakar, Sénégal

⁷ Cirad
UMR 84 ERRC
Campus SupAgro-Inra
2, place Pierre Viala
34 060 Montpellier cedex 1, France
<alexandre.ickowicz@cirad.fr>

⁸ Isra
URP 68 PPZS
Isra-LNERV, Route du Front de Terre
BP 2057, Dakar Hann, Sénégal
<amtadiop@orange.sn>

Résumé

L'état actuel des paysages et des territoires sahéliens est la résultante d'interactions entre facteurs écoclimatiques, socio-économiques et politiques, à l'oeuvre depuis plus de quatre décennies. Au nord du Sénégal, l'espace géographique du Ferlo est représentatif d'une cohabitation entre des systèmes de production agrosylvopastoraux dans laquelle l'activité pastorale se maintient en compétition avec les autres, car les complémentarités anciennes entre systèmes de production agricoles et pastoraux, ou entre pasteurs et collectivité, tendent à se dégrader sous la pression foncière. Ces forces de pression aux intérêts quelques fois divergents ont comme indicateurs de transformation tangibles : la conversion socio-économique et environnementale ; la pluralité des modes d'accès à la terre en dehors du cadre légal ; les litiges et difficultés dans l'affectation des terres ; la fragmentation des paysages ; la restructuration agricole et pastorale des territoires. C'est aussi dans ce contexte que les politiques de décentralisation et d'aménagement du territoire ont transféré aux collectivités territoriales le pouvoir d'administrer, d'exploiter et de gérer les ressources naturelles et le foncier, afin de renforcer la gouvernance locale et de répondre aux enjeux de développement durable des systèmes de production. L'expérience présentée ici traite du processus de coconstruction et de mise en œuvre d'un outil de simulation pour accompagner et instruire les prises de décision des collectivités locales chargées de l'application de la loi sur le domaine national. Les différentes étapes de cette démarche participative qui ont conduit à la conception, au test et à l'évaluation par les utilisateurs du modèle AIDA et de ses scénarios sont présentées.

Mots clés : modélisation ; pastoralisme ; politique foncière ; Sénégal ; système multi-agents.

Thèmes : ressources naturelles et environnement ; productions animales ; territoire, foncier, politique agricole et alimentaire.

Abstract

An agent-based model to study land allocation policies and their effect on pastoral and territorial dynamics in the Ferlo (Senegal)

The present state of the landscapes and territories in the Sahel is the result of interactions between climatic, economic, social and political factors which have been taking place for more than four decades. In the north of Senegal, the Ferlo geographical space is representative of cohabitation between sylvopastoral and agricultural production systems, within which the pastoral activity is maintained under conflictual conditions as traditional complementarities between agricultural and pastoral production systems, or between pastors and communities, tend to deteriorate under land pressure. Such pressure operates for a variety of often divergent goals displaying tangible transformation indicators with social economic and environmental conversion such as illegal land access plurality, disputes and trouble in land allocation, landscape fragmentation and agricultural territory and pastoral restructuring. It is also within this framework that territory decentralisation and development policies have transferred to stakeholders the power to administer, exploit and manage natural resources and lands under their jurisdiction so as to strengthen local governance and respond to sustainable development needs of production systems. The experiment shown in this case study deals with

Tirés à part : A. Bah

the process of co-building and setting up tools and simulation models in order to accompany and instruct decision making by local communities responsible for applying the law 64-46 of 06 June 1964. The different steps of this participative approach leading to the "AIDA" agent model design and scenarios have been put forward, tested and evaluated by the users.

Key words: land policies; modelling; multi-agent systems; pastoralism; Senegal.

Subjects: animal productions; natural resources and environment; territory, land use, agricultural and food production policy.

Depuis 1999, les institutions de recherche et d'enseignement supérieur participant au pôle pastoral zones sèches (PPZS)¹ mènent des activités de recherches interdisciplinaires dans la zone sylvopastorale (ZSP) du Ferlo, au nord-est du Sénégal, pour étudier le fonctionnement des systèmes pastoraux et coconstruire des outils de gestion durable des espaces et des ressources partagés. Les travaux du PPZS partent de l'hypothèse que l'élevage pastoral est la meilleure forme de mise en valeur de ces terres, à condition que l'on préserve la mobilité des troupeaux et que l'on donne aux éleveurs des droits fonciers permettant la sédentarisation partielle des sociétés pastorales, leur diversification et leur sécurisation. Les décisions politiques qui valorisent l'agriculture et la sédentarisation des éleveurs et qui négligent le pastoralisme ont en effet conduit à la surexploitation des parcours et à l'exacerbation des processus de désertification. L'évolution régressive de la végétation observée au Ferlo se traduit par une perte de biodiversité, le vieillissement et la modification de la structure des peuplements ligneux. L'analyse diachronique de l'occupation des sols atteste de la transformation des paysages par la fragmentation et la réduction des parcours (Touré *et al.*, 2003), notamment le long du front agricole du bassin arachidier. L'étude de la mobilité pastorale montre des « territoires de la mobilité » contigus et exigus, liés aux changements des pratiques de mobilité, à la diversification des

pratiques d'exhaure, de transport et de gestion de l'eau (Diop *et al.*, 2003) et au recours au salariat. La mutation des systèmes sociaux se traduit aussi par la diversification des activités, l'apparition de flux externes, l'émergence d'une diversité des propriétaires de troupeaux et la restriction des accès aux ressources (Ancey *et al.*, 2003).

La finalité centrale de notre modélisation est de savoir comment représenter les pratiques pastorales et leurs évolutions en interaction avec les dynamiques spatiales pour accompagner l'aménagement territorial durable du Ferlo.

Trois questions secondaires en découlent :

- comment concevoir et socialiser les outils et méthodes de modélisation ?
- quels indicateurs partagés (spatiaux, socio-économiques, écologiques) choisir pour représenter les dynamiques des systèmes pastoraux ?
- comment coconstruire une modélisation prospective ?

Le Ferlo: un espace pastoral en transition

Doté de potentialités fourragères naturelles, le Ferlo est emblématique d'un pastoralisme séculaire traversé par des changements de pratiques, des flux commerciaux, des enjeux fonciers contrastés du sud au nord et sur ses marges. Jadis, le mode de transhumance s'opérait entre la vallée du fleuve Sénégal Waalo où les animaux résidaient en saison sèche, et le Jeeri, traversé par la vallée du Ferlo, aux alentours des puits pastoraux, en saison des pluies (Barral *et al.*, 1983). La politique d'hydraulique pastorale lancée par l'administration coloniale pour améliorer la ressource en eau et préserver le caractère pastoral du Ferlo a restructuré profondément l'espace et les pratiques

pastorales, en substituant à l'agencement des différents pâturages soumis à des droits prioritaires des éleveurs (« *burum* ») une vaste zone régulièrement maillée de forages (Touré *et al.*, 1997). Dans les années 1970, le développement de l'agriculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal et autour du lac de Guiers, ainsi que l'expansion du bassin arachidier à l'ouest et au sud ont contribué à la réduction de l'espace pastoral du Ferlo (Touré *et al.*, 2004).

La loi 64-46 du 17 juin 1964 a créé un vaste domaine national, puis les décrets fonciers de 1972 et de 1987 ont rendu effective la gestion foncière des terres par les communautés rurales, mais ils ont privilégié la mise en valeur agricole aux dépens des activités pastorales (Caverivière et Debene, 1988). Dans le contexte de la réforme du foncier en cours, l'enjeu est d'aider les élus locaux à décrypter les intérêts et stratégies des acteurs pour procéder à des arbitrages plus cohérents dans le processus d'affectation des terres. *A priori*, le pastoralisme n'est en effet pas suffisamment reconnu dans ce processus, puisque la notion même de mise en valeur des terres, qui prime dans toute décision d'affectation, privilégie l'habitat sédentaire et la culture fixée. Cependant, dans les communautés rurales à forte composante pastorale, les conseils ruraux sont composés en grande partie d'éleveurs et les pasteurs ont pu négocier des accords durables d'usage des terres et d'accès à l'eau.

Notre site d'étude, compris entre le lac de Guiers et Tatki, est bordé par la vallée du fleuve Sénégal au nord et le système des vallées fossiles au sud. Il est situé entre les régions administratives de Saint-Louis et Louga, et s'étend sur une vingtaine de collectivités territoriales. Cet espace pastoral est structuré à l'est par le maillage des forages qui polarisent autour de leur aire de desserte des campements de saison des pluies et de saison sèche (figure 1). L'alternance de dunes à substrat limono-

¹ Le PPZS est une unité de recherche en partenariat qui associe autour de la thématique pastorale, les institutions suivantes : le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD ; France), le Centre de suivi écologique (CSE, Sénégal), l'École nationale d'économie appliquée de Dakar (ENEA ; Sénégal), l'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA), l'Université Cheikh Anta Diop (Ucad) de Dakar.

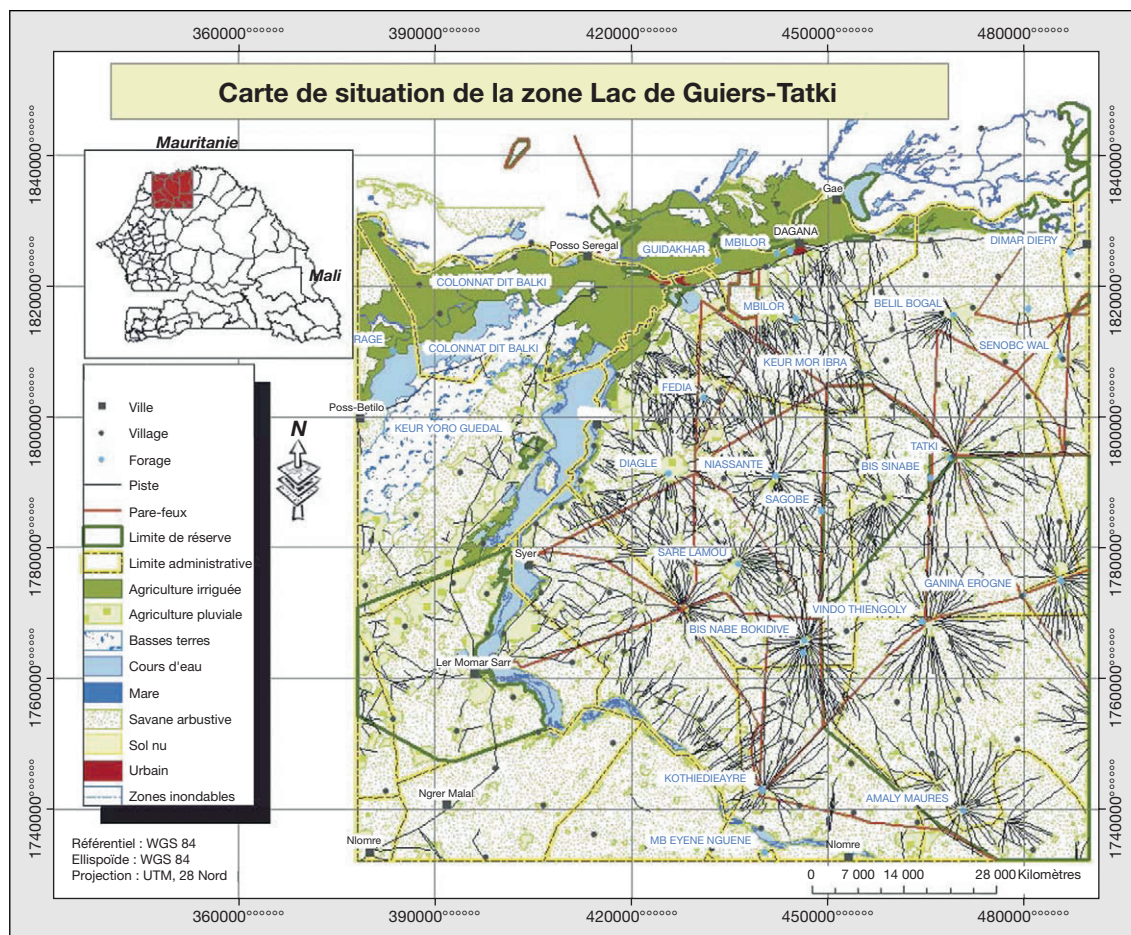


Figure 1. Localisation du site d'étude Lac de Guiers-Tatki.

Figure 1. The study area: Guiers-Tatki Lake.

sableux et de couloirs interdunaires sabloargileux jalonnés de mares détermine les unités physiographiques comportant une végétation essentiellement arbustive très éparse, constituée de *Boscia senegalensis*, *Balanites aegyptiaca* et *Calotropis procera*. La strate herbacée est composée d'espèces annuelles formant un tapis vert continu en saison humide de *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Chloris prierurii* et *Eragrostis tremula*. Une saison sèche – huit à neuf mois – et une saison des pluies – trois à quatre mois – rythment le fonctionnement des écosystèmes et les activités socio-économiques dans ce milieu.

Le développement de l'agriculture irriguée exerce une pression accrue, rendant difficile l'accès du bétail aux pâturages. À cela, s'ajoute la diversité, au niveau local, des intérêts des notables (politiques et professionnels), et des cadres de concertation ou de négociation qui placent les représentants de l'État et les

élus locaux dans un flou, voire un vide juridique (Diop Gaye *et al.*, 2007). À côté du droit moderne, seule voie légale d'accès à la terre, il existe une grande variété de modes d'accès légitimes à la terre, du point de vue de la coutume, parmi lesquels le don, le prêt, l'héritage, l'achat et la location (Ndiaye, 2005). De nombreux litiges et conflits fonciers relevés sont souvent soumis au conseil rural (CR) : multi-affectations d'une même parcelle ; affectations à des personnes non identifiées ; difficultés à désaffecter ; inexistence d'un cadastre rural. Le CR est en effet l'organe délibérant de la communauté rurale depuis 1972, donc le seul habilité à gérer les terres des « zones de terroir ». Toutefois, il reste limité dans son action par la faiblesse de ses moyens financiers et techniques. Dès lors, la tendance à la dégradation des terres et la compétition foncière, suite à l'arrivée progressive de grands exploitants nationaux et étran-

gers, compliquent davantage l'accès au foncier des petits exploitants.

Quels enjeux et positionnement pour une recherche-action ?

La définition des objectifs de la modélisation est un exercice périlleux (Fourage *et al.*, 2006). Elle pose la question du positionnement éthique et scientifique des chercheurs. Ils se doivent de clarifier leurs intentions, lesquelles sont très souvent fondées sur une éthique du développement raisonné, parfois sur une idéologie, voire sur une éthique de l'engagement. Ils ne sont les mandataires d'aucune catégorie d'acteurs et devront donc se garder soigneusement de tout énoncé en terme de

valeur (légal/illégal, spoliation, accaparement, favoritisme, spéculation...) et se concentrer sur une analyse approfondie de la situation sociale. Les objectifs de la simulation informatique ne sont pas d'instaurer un changement dans les pratiques des acteurs, ce qui risquerait d'être perçu comme le fruit d'un interventionnisme prescriptif exogène. Il s'agit de créer les conditions de la concertation entre acteurs autour de l'affectation des terres, laquelle est un objet sensible et constitue un enjeu socio-économique majeur : toute modification dans les règles qui la définissent est porteuse d'une remise en cause des autorités et de l'ordre social régulé. La simulation est donc considérée ici comme un outil de médiation. Ce sont les discussions entre utilisateurs qui pourront, le cas échéant impulser des changements dans les pratiques. L'affectation et la désaffectation des terres cristallisent les enjeux du développement durable de l'agriculture et de l'élevage du site d'étude. Elles suscitent espoirs et controverses et sont l'objet de projections et représentations contradictoires. Nous avons choisi de modéliser ces enjeux à partir des travaux des ateliers de conception participative initiés avec des représentants (réunis dans un comité d'utilisateurs) des communautés villageoises, qui bordent le lac de Guiers et les aires de desserte des forages pastoraux.

De la coconstruction de modèles de simulation à la prospective

Démarche

La coconstruction du « modèle multi-agents » AIDA (Analyse des impacts des

décisions d'affectation) pour l'étude des interactions entre élevage et territoire s'appuie sur la méthode AGRRO (Agent, groupe, rôle, ressource, objet) formalisée par Bah (2008). Les enjeux de la démarche sont de s'assurer de l'utilité, de l'« utilisabilité » et de l'acceptabilité du modèle en proposant un cadre de travail intégrant : a) les phases de la conception ; b) des mécanismes de régulation (de la prise de tour de parole, des droits intellectuels, etc. ; c) une base d'expériences antérieures ; d) un support d'échange de connaissances structurées ; e) un cadre matériel de communication et de travail (Caelan, 1996). AGRRO est un processus itératif, incrémental et souple. En effet il se décompose en plusieurs ateliers, eux-mêmes structurés en plusieurs phases étalées dans le temps (figure 2), avec un produit qui évolue de manière incrémentale entre chaque atelier, selon une approche adaptative qui tient compte des réactions des acteurs.

Sur la base d'un diagnostic participatif qui a fait ressortir une forte demande pour un outil de gouvernance foncière au niveau du conseil rural, nous avons procédé à la phase de conception participative de l'outil AIDA (Bah *et al.*, 2008). Celle-ci a débuté par un atelier, combinant jeux de rôles et travaux de groupe (Bah *et al.*, 2006), qui a exploré les enjeux liés à la procédure d'affectation des terres, et s'est poursuivie par un atelier de validation du module d'initialisation interactif de l'outil.

Modèle conceptuel de AIDA

Dans le contexte du foncier et des interactions entre pastoralisme et territoire dans la zone étudiée, notre modèle multi-agents est composé de différentes ressources :

$$R = \{ \text{ressource eau, ressource ligneuse, ressource herbacée} \},$$

d'objets :

$$O = \{ \text{objet pare - feu, objet aménagement, objet infrastructure...} \}$$

et d'acteurs :

$$A = \{ \text{acteur local, acteur étranger, acteur collectif} \}$$

pouvant jouer plusieurs rôles :

$$R_o = \{ \text{rôle agriculteur, rôle éleveur...} \}$$

dans un espace foncier découpé en parcelles (P) (figure 3). Chaque acteur $a_i \in A$ joue un ou plusieurs rôles

$$\{ r_{oj} \dots \} \in R_o \text{ avec } R_o = R_o^1 \cup R_o^2 \cup R_o^3$$

R_o^1 représente les rôles de production et économiques au sens large (rôles professionnels) :

$$R_o^1 = \{ \text{rôle agriculteur, rôle éleveur, rôle pêcheur, rôle commerçant ...} \}$$

R_o^2 représente les rôles politiques, électifs et techniques. Ce sont les gestionnaires du foncier :

$$R_o^2 = \{ \text{rôle conseiller rural, rôle président communauté rurale, rôle commission domaniale, rôle sous préfet, ...} \},$$

R_o^3 représente les rôles religieux et sociaux qui peuvent parfois influencer sur les décisions d'affectation :

$$R_o^3 = \{ \text{rôle chef coutumier, rôle marabout, ...} \}$$

Il est possible à travers la fonction *rôle* de spécifier le ou les rôles de chaque acteur :

$$\text{rôle} : a_i \rightarrow \{ r_{oj}, \dots \} \in R_o, a_i \in A$$

Nous nous intéressons particulièrement dans ce modèle aux rôles r_{oj} = « rôle éleveur » et r_{ok} = « rôle agriculteur » dans leurs rapports avec la dynamique territoriale. L'acteur dans son rôle d'éleveur exprime une demande affectation en fonction de ses besoins en terme de foncier. Si la demande est acceptée par le conseil rural et validée par le sous-préfet, l'acteur est installé (figure 4). Il doit, pour abreuver son troupeau, se mettre en quête de points d'eau et privilégier les parcours qui lui fourniront un pâturage de qualité (figure 5) en quantité suffisante. Cette

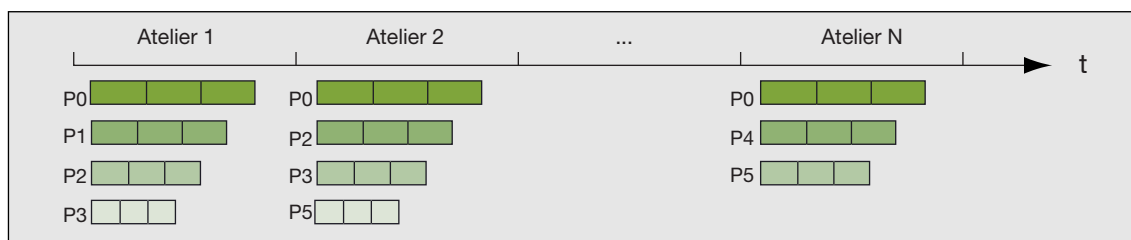


Figure 2. La démarche AGRRO (Agent, groupe, rôle, ressource, objet).

Figure 2. AGRRO Approach.

P0 : planification ; P1 : analyse participative ; P2 : conception participative ; P3 : implémentation ; P4 : restitution et tests ; P5 : déploiement et appropriation.

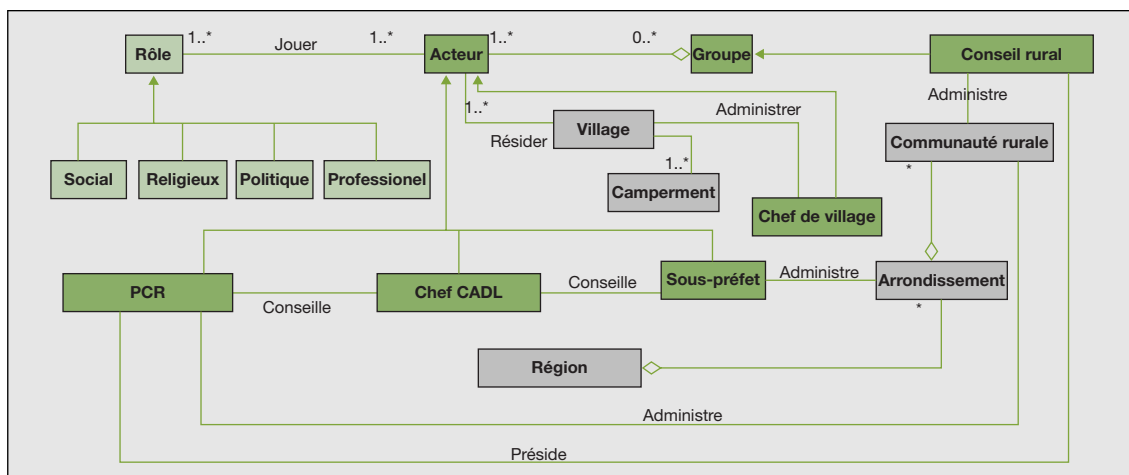


Figure 3. Diagramme de classes des acteurs et de leurs rôles.

Figure 3. Class Diagram of actors and their roles.

PCR : président de communauté rurale ; Chef CADL : chef du centre d'appui au développement local).

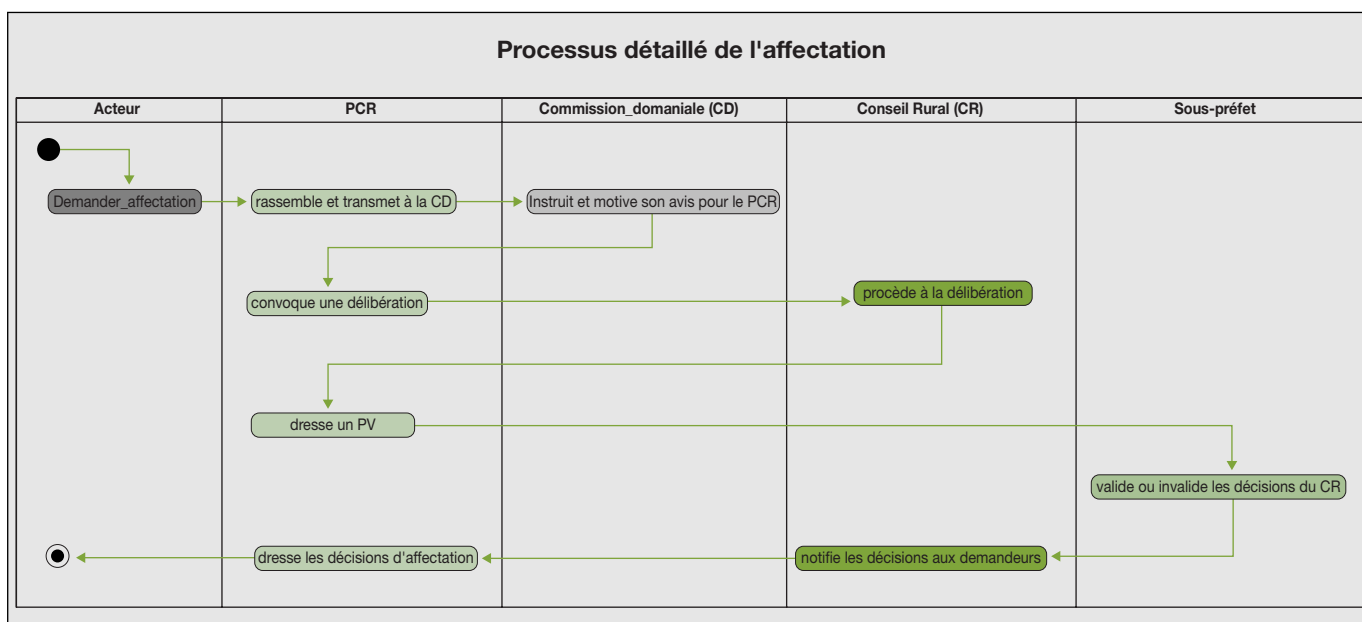


Figure 4. Processus d'affectation des terres et interaction entre acteurs selon les rôles joués.

Figure 4. Land allocation process, roles interactions.

PCR : président de communauté rurale ; PV : procès-verbal.

quête a un coût qui dépend de la distance parcourue et de la configuration spatio-temporelle des ressources pastorales.

L'acteur dans son rôle d'agriculteur, privilégiera les parcelles irriguées ou ayant un accès à l'eau, de bonne qualité, éloignées des terres de parcours, faciles d'accès, etc. (figure 5). Exploiter la parcelle a aussi un coût, qui dépend des intrants utilisés et de la main-d'œuvre disponible.

Description de l'outil développé: AIDA

AIDA consiste en deux modules interdépendants :

1) un module d'initialisation interactif, qui permet au conseil rural de renseigner et placer sur une carte des affectations (demandées et attribuées) et ainsi d'alimenter une base de données foncière ;

2) un module de simulation pour venir en appui à l'évaluation des impacts des décisions d'affectation, implémenté dans l'environnement de développement CORMAS (Bousquet *et al.*, 1998). Le simulateur intègre plusieurs couches spatiales. La figure 5 montre l'interface principale de simulation représentant la carte d'aptitude des sols autour du lac de Guiers. Du point de vue de son fonction-

Encadré 1

Début

- 1) Prise en compte de la qualité de la saison des pluies.
- 2) Les acteurs effectuent leurs demandes de parcelles en fonction de leurs besoins (figure 4).
- 3) Le conseil rural annonce au besoin une date et procède à la délibération (figure 4).
- 4) Les acteurs exploitent leurs parcelles ou s'occupent de leurs troupeaux (figure 6).

Fin

nement, à chaque pas de temps (le mois), sont effectuées des séquences d'actions (encadré 1).

Dans le modèle, l'évolution de la ressource pastorale est fonction de la pluviométrie. Elle suit la loi de Boudet (Boudet, 1987) :

$$Bb = 4,1P - 515$$

où Bh est la biomasse herbacée produite en kg de matière sèche/hectare et P la pluviosité annuelle en mm.

Des scénarios pour débattre du développement durable de l'élevage en zone sahélienne

Nous avons développé plusieurs scénarii autour de la pluviométrie, des politiques d'affectation et des types d'exploitation à l'échelle des communautés rurales. Pour ces simulations, nous avons retenu cinq campements d'éleveurs et cinq campements d'agriculteurs par communauté rurale. La population d'éleveurs est en début de simulation au nombre de 10 par campement, la taille des troupeaux est de 30 unités de bétail tropical (UBT) en moyenne et le nombre d'affectations évolue dans le temps en fonction de la pluviosité. Le pas de temps est le mois. Nous avons ensuite construit les simulations, sur 30 ans, en croisant plusieurs scénarii et en réalisant des études de sensibilité sur les différents paramètres du modèle. Nous exposons ici les résultats de deux des huit scénarios développés :

- scénario 2 : l'agriculture irriguée et l'agro-industrie sont privilégiées et la pluviométrie est à tendance moyenne à bonne ;
- scénario 3 : l'agriculture irriguée et l'agro-industrie sont privilégiées et la plu-

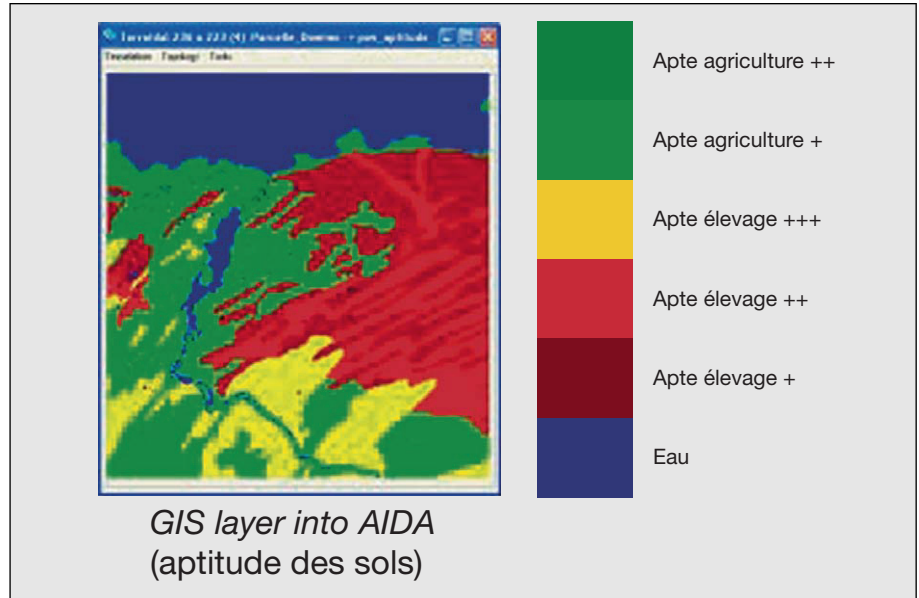


Figure 5. Espace de simulation (couche d'information).

Figure 5. Simulation Space, information layer.

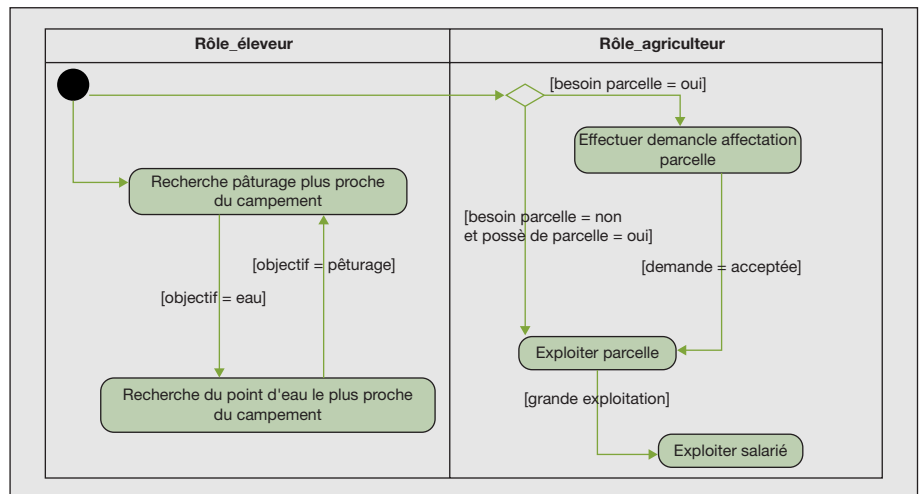


Figure 6. Explication des principaux rôles développés dans le simulateur AIDA.

Figure 6. Main roles developed in the AIDA simulator.

viométrie est à tendance moyenne à mauvaise.

Pour chaque simulation nous proposons plusieurs indicateurs (ou sorties) :

- l'indice de Clark-Evans - $2\bar{r}\sqrt{\lambda}$, où \bar{r} est la moyenne des distances au plus proche voisin et λ la densité globale ou nombre d'affectations par unité de volume de l'espace des affectations, pour étudier la distribution spatiale des affectations. Il mesure le degré d'agrégation des affectations. S'il est supérieur ou égal à 1 on

est dans le cas d'une distribution au hasard, s'il est inférieur à 1 nous avons une tendance au regroupement des affectations (Treuil *et al.*, 2008) ;

- le nombre de champs traversés par le bétail, source de conflits potentiels entre agriculteurs et éleveurs durant la campagne agricole ;
- l'évolution du nombre d'éleveurs dans la zone d'étude ;
- l'évolution du nombre d'affectations de terre.

Premiers résultats : tests et validation du modèle

Les premiers résultats permettent de tester et de « valider » la pertinence de nos scénarios et indicateurs pour la compréhension des interactions élevage et dynamiques territoriales. Ce travail exploratoire montre, à travers les deux scénarios, une diminution notable du nombre d'éleveurs (figure 7), une augmentation significative des affectations destinées aux projets agricoles (figure 8) et une fragmentation de l'espace (figure 9). Ces résultats de simulation, confirmés par nos enquêtes de terrain (Daré *et al.*, 2007), mettent en exergue une pression accrue sur le foncier pastoral rendant difficile l'accès ancestral du bétail aux pâturages et, de fait, une marginalisation du pastoralisme par l'exclusion de la population des pasteurs, des infrastructures scolaires, administratives, ou de santé, parce qu'elle est repoussée loin des villages.

De plus, il a été constaté que les rejets de l'industrie agroalimentaire et de l'agriculture – les scénarios 2 et 3 favorisent l'agro-industrie – menacent la qualité des eaux du lac, avec la prolifération de *Typha australis* rendant difficile l'abreuvement du bétail et avec le développement de parasites responsables de la douve du foie affectant particulièrement les ovins. Il existe donc un risque sanitaire réel par défaut d'entretien et pollution des rives du lac de Guiers, qui concerne hommes et animaux.

Par ailleurs, la forte valeur de l'indice Clarck-Evans (figure 9) corrobore l'absence de planification des affectations dans certaines communautés rurales. Cela contribue à la fragmentation de la trame foncière. Cette configuration spatiale émiettée est à l'origine de conflits entre agriculteurs et éleveurs lors des campagnes agricoles (nombre de champs traversés élevés) (figure 10), d'où l'intérêt (pas encore démontré) pour les communautés rurales de mettre en place des plans locaux de développement et des plans d'occupation et d'affectation des sols.

Conclusion

Les ateliers participatifs pour la maîtrise du foncier et des interactions élevage et territoire menés au niveau du lac de Guiers-

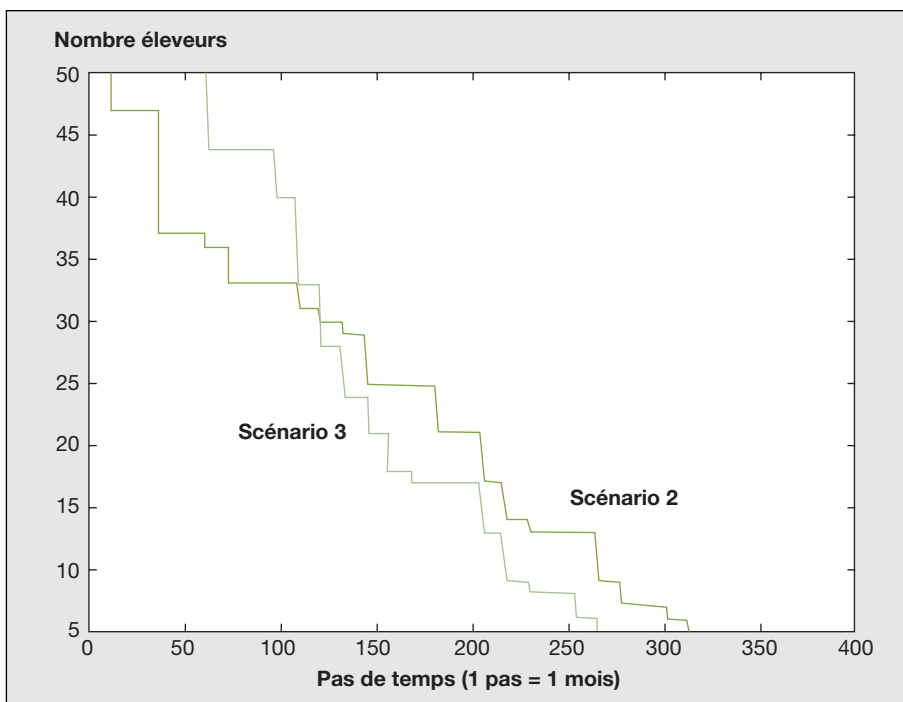


Figure 7. Évolution du nombre d'éleveurs.

Figure 7. Breeder dynamics.

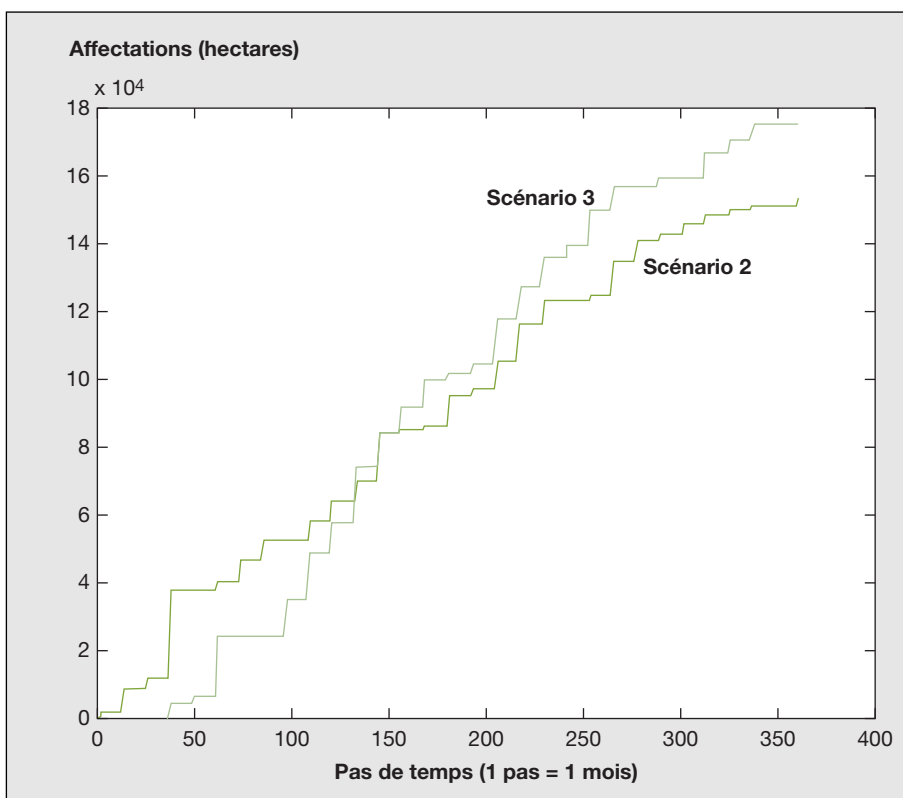


Figure 8. Évolution des affectations de terres.

Figure 8. Land allocation dynamics.

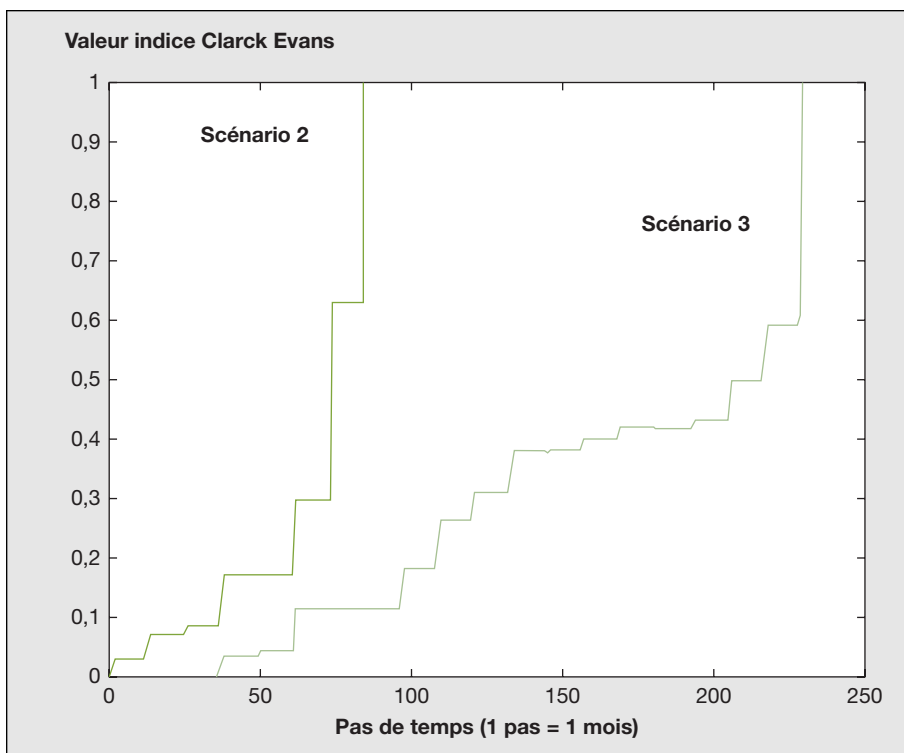


Figure 9. Évolution de l'indice Clark-Evans.

Figure 9. Evolution of the Clark-Evans index.

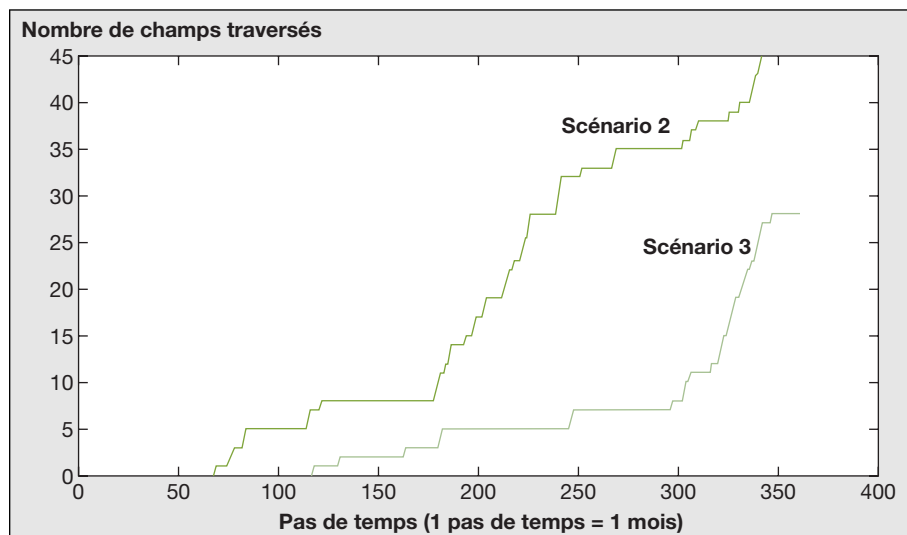


Figure 10. Nombre de champs traversés.

Figure 10. Number of crossed fields.

Tatki ont permis de développer différents outils d'accompagnement pour les acteurs : cartes à dire d'acteurs ; bases de données ; modèle de simulation agent. L'analyse des logiques sociales relatives aux usages agricoles et à la dynamique

territoriale en est le fondement et réalise une des conditions de l'accompagnement : être en phase avec les besoins des utilisateurs.

Les premiers résultats confortent les hypothèses issues de l'observation du terrain et

montrent la pertinence des indicateurs tirés de la confrontation de différents types de connaissances (scientifique, pratique, technique). Ainsi, au moyen du degré d'agrégation des affectations, de l'estimation du nombre de champs traversés par le bétail et du nombre d'affectations pour une période donnée, nous sommes en mesure de fournir une représentation territoriale qui pourra être partagée par l'ensemble des acteurs et leur permettra de se projeter dans l'avenir de leur terroir.

La justification sociale du processus exposé dans ce travail est à trouver du côté des usagers (éleveurs et agriculteurs) et des décideurs (président de communauté rurale, sous-préfet...) : soit la démarche fait sens et une dynamique de gestion concertée et raisonnée s'enclenche, soit elle est vécue comme étrangère aux préoccupations des acteurs et les conditions de la régulation de l'affectation des terres peineront à se dessiner. Toutefois, la démarche suivie dans notre étude de cas vient compléter et enrichir l'expérience réussie des plans d'occupation et d'affectation des sols (D'Aquino *et al.*, 2001) développée avec les collectivités territoriales du delta du fleuve Sénégal. Par ailleurs, le retour d'expérience montre une appropriation certaine des différents outils de planification et de gestion des ressources naturelles par les collectivités locales dans la mise en œuvre du processus de décentralisation. ■

Références

Ancey V, Diao A. The vulnerability of the pastoral systems in arid and semi-arid areas: What are the relevant indicators of the risks in the Sahel? In : Allsopp N, ed. *Proceeding of the VII International Rangelands Congress Editions*. Durban : SB Conference, 2003.

Bah A. *Conception Participative de Simulations Multi-agents : Cadre Méthodologique*. Thèse de doctorat : spécialité Informatique, ED SEIB, École pratique des Hautes Études, Paris-Sorbonne, 2008.

Bah A, Touré I, Le Page C, *et al.* An agent-based model to understand the multiple uses of land and resources around drillings in sahel. *Mathematical and computer modelling* 2006 ; 44 : 513-34.

Barral H. *Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo*. Dakar : Orstom-Irsra, 1983.

Boudet G. Connaissance et gestion de l'espace pastoral sahélien. In : Audru J, Boudet G, Cesar J, *et al.*, eds. *Terroirs pastoraux et agropastoraux en zone tropicale. Gestion, aménagement et intensification fourragère. Études et synthèses, numéro 24*. [Cirad-IEMVT, 1987 [ville d'édition].

Bousquet F, Bakam I, Lepage C. *et al. Cormas: Common-Pool Resources and Multi-agent Systems*. Actes de la 11^e Conférence Internationale sur les applications industrielles et d'ingénierie de l'Intelligence Artificielle et des Systèmes Experts, Castellon (Espagne). Berlin, Springer-Verlag, 1998.

Caelan J, *et al. Nouvelles interfaces homme-machine*. Paris : OFTA éditions, 1996.

Caverivière, M., M. Debene. *Le droit foncier sénégalais*. Mondes en devenir. Paris : Berger-Levrault, 1988.

D'Aquino P, Seck SM. Et si les approches participatives étaient inadaptées à la gestion décentralisée de territoire ? *Géocarrefour* 2001 ; 76 : 233-9.

Daré W, Fourage C, Gaye ID. Positionnement des sociologues dans la démarche de modélisation Domino. *NPSS* 2007 ; 2 : 103-26.

Diop AT, Sy O, Ickowicz A, *et al. Transhumance and nomadism in the sylvopastoral region (Ferlo) of Senegal: perspectives for pastoral development*. In : Allsopp N, ed. *Proceeding of the VII International Rangelands Congress*. Durban: SB Conference, 2003.

Fourage C, Daré W, Diop GI, *et al. Methodological issues arisen from the involment of sociologists in a companion modelling approach : interests and limits*. Actes du 14^e congrès mondial de sociologie de l'ISA, Durban, 2006.

Touré I, Bah A, D'Aquino P, *et al. Savoirs experts et savoirs locaux pour la coélaboration d'outils cartographiques d'aide à la décision* *Cah Agric* 2004 ; 13 : 546-53.

Touré I, Diop AT, Diouf A, *et al. Dynamic analysis of landscapes and landcovers for the knowledge and evolution of the pastoral ecosystems in the Ferlo-Senegal* *Proceeding of the VII International Rangelands Congress Editions*. Durban: SB Conference, 2003.

Touré O. *La gestion des ressources naturelles en milieu pastoral, L'exemple du Ferlo sénégalais*. Tome 1. Dakar, Paris : Société-Espace-Temps; Karthala, 1997.

Treuil JP, Drogoul A, Zucker JD. *Modélisation et Simulation à base d'agents, Exemples commentés, outils informatiques et questions théoriques*. Paris : Dunod, 2008.

Vers un métamodèle pour analyser les systèmes d'élevage extensifs et leurs interactions avec les territoires

Pierre Bommel^{1,2}
Alassane Bah³
Michel Etienne⁴
Grégoire Leclerc¹
Claude Monteil^{5,6}
Ibra Toure⁷

¹ Cirad UPR GREEN
Campus international de Baillarguet
TAC-47 / F
34398 Cedex Montpellier
<bommel@cirad.fr>
<gregoire.leclerc@cirad.fr>

² Université de Brasília, Faculté de technologie
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Asa Norte, 70.910-900
Brasília
Brésil
<bommel@cirad.fr>

³ École polytechnique de Dakar
Dakar
Sénégal
<bah@ucad.sn>

⁴ Inra
Unité d'écodéveloppement
Avignon
France
<Michel.Etienne@avignon.inra.fr>

⁵ Université de Toulouse, INPT-Ensat
UMR 1201 DYNAFOR
F-31326 Castanet Tolosan
France
<monteil@ensat.fr>

⁶ Inra
UMR 1201 DYNAFOR
F-31326 Castanet Tolosan
France
<monteil@ensat.fr>

⁷ Cirad
URP Pastoralisme
ISRA/LNERV
Montpellier
France
<ibra.toure@cirad.fr>

Résumé

Nous proposons un canevas souple et adaptable pour faciliter la conception rapide de modèles permettant d'aborder la durabilité des systèmes d'élevage extensif à l'échelle de territoires. Ce métamodèle est le fruit d'une démarche de conception à partir de systèmes multi-agents (SMA) développés sur sept sites en Amérique latine, en France et au Sénégal. Il est composé de quatre modules : Agent, Collectivité, Espace, Végétation-troupeau. Nous les illustrons par les exemples tirés des modèles élaborés sur les différents sites. Le rôle de cet outil est discuté afin d'en montrer les avantages et les limites.

Mots clés : élevage extensif ; métamodèle ; système multi-agents.

Thèmes : productions animales ; ressources naturelles et environnement ; territoire, foncier, politique agricole et alimentaire.

Abstract

Towards a metamodel to analyze the dynamics of livestock, resources and territories

We propose a flexible and adaptable framework to assist the quick design of models dealing with the durability of the extensive livestock systems at the territorial scale. This metamodel results from the collaborative design starting from MAS developed on 7 sites in Latin America, France and Senegal. It is composed of four packages: Agent, Community, Space and Vegetation-Herd. We illustrate these packages with examples extracted from the various models. The role of this tool is discussed in order to show its advantages and its limits.

Key words: extensive husbandry; metamodels; multiagent system.

Subjects: animal productions; natural resources and environment; territory, land use, agricultural and food policy.

Cet article présente les premiers résultats de la recherche d'un modèle fédérateur construit à partir de plusieurs modèles multi-agents développés dans le cadre du projet Trans (Transformations des élevages et dynamiques des espaces) financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR). Trans vise à systématiser les connaissances sur les systèmes d'élevage extensifs (SEE) à partir de travaux menés dans des sites contrastés. Certains travaux ont débouché sur le développement de systèmes multi-agents (SMA). L'objectif principal de ces SMA est de rendre compte de la durabilité des SEE en

s'appuyant sur une démarche d'accompagnement (ComMod, 2005).

Au-delà des différences notables entre les dispositifs, entre les objectifs des modèles et la façon dont ont été conduites les modélisations, des points communs et des convergences apparaissent. Cette capitalisation sert de base à un cadre général pour analyser et concevoir de nouveaux modèles traitant de la durabilité des SEE.

Après une présentation succincte du métamodèle, nous illustrons ses composants à travers les différentes études de cas. Nous présentons aussi les aspects liés aux dynamiques du modèle général et en expliquons les limitations.

Tirés à part : P. Bommel

Chercher des points communs au-delà des particularités

La réalisation de ce métamodèle n'est pas le fruit d'une démarche descendante qui consisterait à concevoir *a priori* un modèle générique décliné ensuite sur chaque terrain. Des expériences antérieures consistant à produire *a priori* un tel modèle nous ont forcés à reconnaître les défauts de cette façon de procéder. Au contraire, la conception de ce métamodèle a demandé un travail *a posteriori* de comparaison, de mise en perspective et de généralisation à partir des modèles développés par des équipes autonomes dans diverses régions du monde : en France – modèles « Lubéron » (Lasseur *et al.*, 2010), SMASH¹ (Monteil *et al.*, 2008) et « Larzac » (Etienne *et al.*, 2010) –, au Sénégal – modèle AIDA, au Ferlo (Bah *et al.*, 2010) – et en Amérique latine – modèles « Pampa » et « TransAmazon » (Bommel *et al.*, 2010).

Souvent, il a fallu adapter les modèles originaux pour saisir leurs points communs. Il ne s'agissait ni d'une simple agrégation de concepts ni de garder le « plus petit dénominateur commun », mais plutôt d'identifier et de regrouper les questions soulevées par chaque modèle et d'extraire les similarités. Ainsi, même si elles étaient nommées différemment, des entités communes ont été identifiées et leurs caractéristiques précisées, ainsi que les relations qui les lient. Il s'agit d'un véritable travail de conception à plusieurs qui implique, de la part de chacun, d'écouter les critiques à l'égard de son propre modèle, d'accepter d'autres façons de le représenter et d'apprécier la manière dont les autres ont abordé tel ou tel aspect. Ce métamodèle est donc le fruit d'une longue négociation.

Modèle générique, général ou métamodèle ?

Ce travail vise à proposer un canevas souple et adaptable pour faciliter la conception de modèles traitant des SEE à l'échelle de territoires. L'objectif n'est pas de trouver un modèle générique à l'ensemble des terrains, mais de proposer un cadre général d'analyse, à partir

duquel seraient dérivés plus facilement des modèles adaptés à chaque contexte. Pour faciliter le développement de futurs SMA, ce patron d'analyse est implémenté dans Cormas (Bousquet *et al.*, 1998) qui a constitué la plateforme de simulation privilégiée du projet.

La dénomination de ce modèle a posé problème : fallait-il l'appeler « modèle générique » ou « général » ou « métamodèle » ? Le terme « générique » impliquerait qu'on ait réussi à concevoir un modèle commun à tous les SEE. La généricité s'avère souvent un des objectifs de la modélisation : plutôt que proposer un modèle descriptif par contexte (de façon *ad hoc*), un modèle générique est capable de représenter chaque configuration particulière. Les éléments et les caractéristiques qu'il contient sont communs à chaque terrain et s'avèrent pertinents pour représenter tout SEE. En d'autres termes, il a acquis une haute valeur informative (Bommel, 2009), à la fois abstrait et suffisamment pertinent pour illustrer n'importe quel SEE.

Dans le domaine de la modélisation, le terme « général » véhicule également l'idée que le modèle proposé convient à tout système et qu'il est universel. Si nous étions parvenus à ce stade, nous aurions contribué à améliorer fortement la connaissance des systèmes d'élevage, mais il nous semble encore vain d'espérer trouver un tel modèle capable de décrire à la fois le contexte de l'élevage sahélien et amazonien, par exemple, sans tomber dans les platitudes. Le préfixe « méta- » exprime un changement de niveau. Un métamodèle serait donc un modèle de modèles (Goldspink, 2000) : un outil de description de modèles, à l'instar d'une métadonnée, laquelle sert à définir ou à décrire d'autres données. Mais ce saut sémantique peut être plus limité. En génie logiciel, un métamodèle est un outil pour concevoir des modèles sur un thème prédéfini. Servant à exprimer les concepts communs à un domaine, il en délimite le cadre et les contraintes et facilite le développement d'applications. Ainsi, à partir d'une métaphore sociale, Ferber et Gutknecht (1998) considèrent un SMA comme une organisation particulière dans laquelle tout agent joue un rôle dans chaque groupe auquel il appartient. Ce métamodèle « Agent-groupe-rôle » (AGR) peut s'appliquer à un grand nombre de types d'organisation. Il constitue un schéma pratique pour caractériser un système. L'implémentation d'AGR dans la plateforme MadKit facilite la création de SMA obéissant à ce schéma et facilite leur exécution.

Même si nous ne sommes pas au point de produire un métamodèle dans une forme qui exprime un saut sémantique, ces définitions nous poussent à préférer ce terme, plutôt que celui de « modèle générique », car, en l'état, il facilite l'analyse et la conception de modèles sans prétendre fournir un modèle général à tout SEE.

Principales questions étudiées

La finalité générale des modèles SMA développés dans Trans est l'appui aux acteurs locaux dans la recherche de voies de développement durable de l'élevage extensif. La problématique commune consiste à étudier l'influence des facteurs sociaux et environnementaux sur la durabilité de l'élevage et, réciproquement, la façon dont l'élevage pèse sur la durabilité des écosystèmes. Bien sûr, ces problématiques générales ont été déclinées sur chaque terrain. En fonction du contexte, les équipes en place ont élaboré leur modèle sur un objectif plus spécifique (*tableau 1*). Ainsi, chaque processus de modélisation est singulier et conduit à la définition d'objectifs différents. Or, c'est cette définition qui fixe le cadre d'un modèle, en restreint les dimensions et permet de comprendre pourquoi certains aspects du système étudié ont été ignorés (Grimm et Railsback, 2005). Même si un objectif commun a été partagé par les différents collectifs de chercheurs, sa déclinaison sur les terrains a conduit à des questions différentes. Certains ont mis l'accent sur les aspects fonciers dans un contexte de changement global et de libéralisation des marchés, d'autres sur la déprise des parcours et ses conséquences sur l'envahissement des prairies naturelles, ou, à l'inverse, sur l'impact de l'élevage sur l'écosystème naturel. Toujours est-il que les questions abordées par chaque modélisation ne sont pas identiques. Appliquées à des contextes variés, elles conduisent à des modèles forcément différents. L'enjeu consiste donc à harmoniser les différents points de vue contextuels sur les SEE.

Présentation du métamodèle

Même si d'autres outils ont été utilisés pour la conception des modèles, le langage de description utilisé par les modélisateurs

¹ SMASH : *Spatialised Multi-Agent System for ASH colonisation of landscape*.

Tableau 1. Objectifs spécifiques des systèmes multi-agents (SMA) de Trans (Transformations des élevages et dynamiques des espaces).

Table 1. Specific purposes of MAS models of TRANS project.

Région	Site	Objectifs des modèles
Amérique du Sud	Amazonie	Comment les petits colons des fronts pionniers utilisent-ils la terre ? Quels sont les points clés qui influencent les dynamiques d'utilisation du sol ? Les questions ont évolué avec le modèle : - quelles gestions seraient en mesure de concurrencer le système abattis-brûlis-pâturage ? - quelles sont les mesures et les politiques appropriées pour parvenir à ces fins (mesures incitatives ou répressives, politiques d'accès au crédit, programmes d'éducation...) ?
	Pampa	Élaborer deux outils participatifs de <i>monitoring</i> prenant en compte l'évolution des mentalités « <i>Arapey</i> » (Uruguay) : comment la fonction de production varie selon les stratégies d'investissement et de chargement des parcelles ? « <i>DinamicaParcelaria</i> » (Argentine) : comprendre les relations entre l'agriculture traditionnelle et les grandes entreprises agricoles capitalistiques (fonds de pension), et anticiper les changements liés à la concentration de la production agricole
France	Larzac	Gestion sylvo-pastorale : comment limiter l'envahissement par le pin de zones de prairies naturelles et de parcours, dans des espaces en déprise ?
	Lubéron	Établir un diagnostic prospectif sur l'élevage ovin et la sylviculture Comment maintenir le parc naturel régional du Lubéron par les activités d'élevage et sylvicoles ?
	Pyrénées	Comprendre les causes du boisement par le frêne en relation avec la transformation des activités agricoles Évaluer les conséquences de ce processus pour le développement des territoires de montagne pyrénéenne pour différents scénarios de changement de l'utilisation des terres
Sénégal	Ferlo	Étudier les processus d'affectation des terres et leurs impacts sur les différents systèmes de production (principalement l'élevage) et sur le paysage autour du lac de Guiers

pour le métamodèle est l'UML (*Unified Modeling Language*) (OMG, 2003), qui s'avère un outil de dialogue performant entre modélisateurs. Plusieurs versions furent débattues pour aboutir au diagramme général présenté dans la *figure 1*.

Une structure partagée

La structure de ce canevas est subdivisée en quatre modules :

- le module « Espace » décrit la manière dont est structuré le territoire. L'ensemble des modèles décrivent des parcelles élémentaires qui sont souvent agrégées en entités de plus haut niveau de type propriété, parcelle cadastrale, parcelle de gestion, etc.
- le module « Végétation-troupeau » décrit les entités de type végétal ou animal qui occupent l'espace ;
- le module « Agent » est le plus compliqué. Un agent est une famille associée à un ou des métiers. Lorsqu'il gère une exploitation, il planifie des « activités agricoles » (sous-module) en fonction de sa stratégie de production du moment ;
- le module « Collectivité » regroupe les entités collectives telles qu'une administration ou un collectif de producteurs, ainsi que le marché.

Chacune de ces parties est décrite en s'appuyant sur les différents SMA développés dans TRANS.

Illustration du module « Espace » à travers les modèles « *DinámicasParcelas* » et SMASH (Pyrénées)

Comme pour tout modèle spatialement discrétisé, le choix de la granularité minimale est délicat. Le module « Espace » (*figure 1*, cadre bleu) n'impose pas de dimension spatiale élémentaire. L'attribut « surface » de « parcelle élémentaire » peut être renseigné différemment pour chaque modèle et peut prendre des valeurs différentes pour chaque entité spatiale élémentaire (ESE ou pixel) si on choisit de générer une carte à partir de données vectorielles.

L'intérêt de ce module est de permettre qu'une ESE appartienne à deux entités de niveau supérieur. Ce niveau d'agrégation permet un découpage de l'espace selon deux aspects :

- le foncier selon un découpage en parcelles cadastrales ;
- le territoire d'exploitation selon un découpage en parcelles de gestion.

Ce principe est illustré de façon simplifiée par le modèle « *DinamicaParcelaria* » (*figure 2*). Deux associations relient une parcelle aux agents : l'une décrit la relation de possession (*propriétaire* ↔ *propriété*) et l'autre la relation de gestion (*gérant* ↔ *exploitation*). Ainsi, seuls les exploitants familiaux peuvent acheter ou vendre des terres et décident d'en louer une partie et d'en garder une autre pour la cultiver. L'entreprise (fonds de pension) ne choisit pas la stratégie d'achat : elle ne cherche qu'à louer pour produire. Ainsi, tout agent qui gère de la terre peut produire du soja ou de l'élevage selon ses préférences. L'entreprise choisit systématiquement d'implanter du soja pour lequel elle possède une technologie plus avancée qui lui procure une productivité de 30 % supérieure.

On retrouve cette double relation à la terre dans le modèle SMASH, où le territoire de chaque exploitation croise deux types d'entités spatiales associées respectivement à deux types de dynamiques :

- les parcelles de gestion, qui rendent compte de la gestion technique (fauche, mise au pâturage) ;
- les parcelles cadastrales, qui relèvent des questions de transmission et d'évolution du patrimoine.

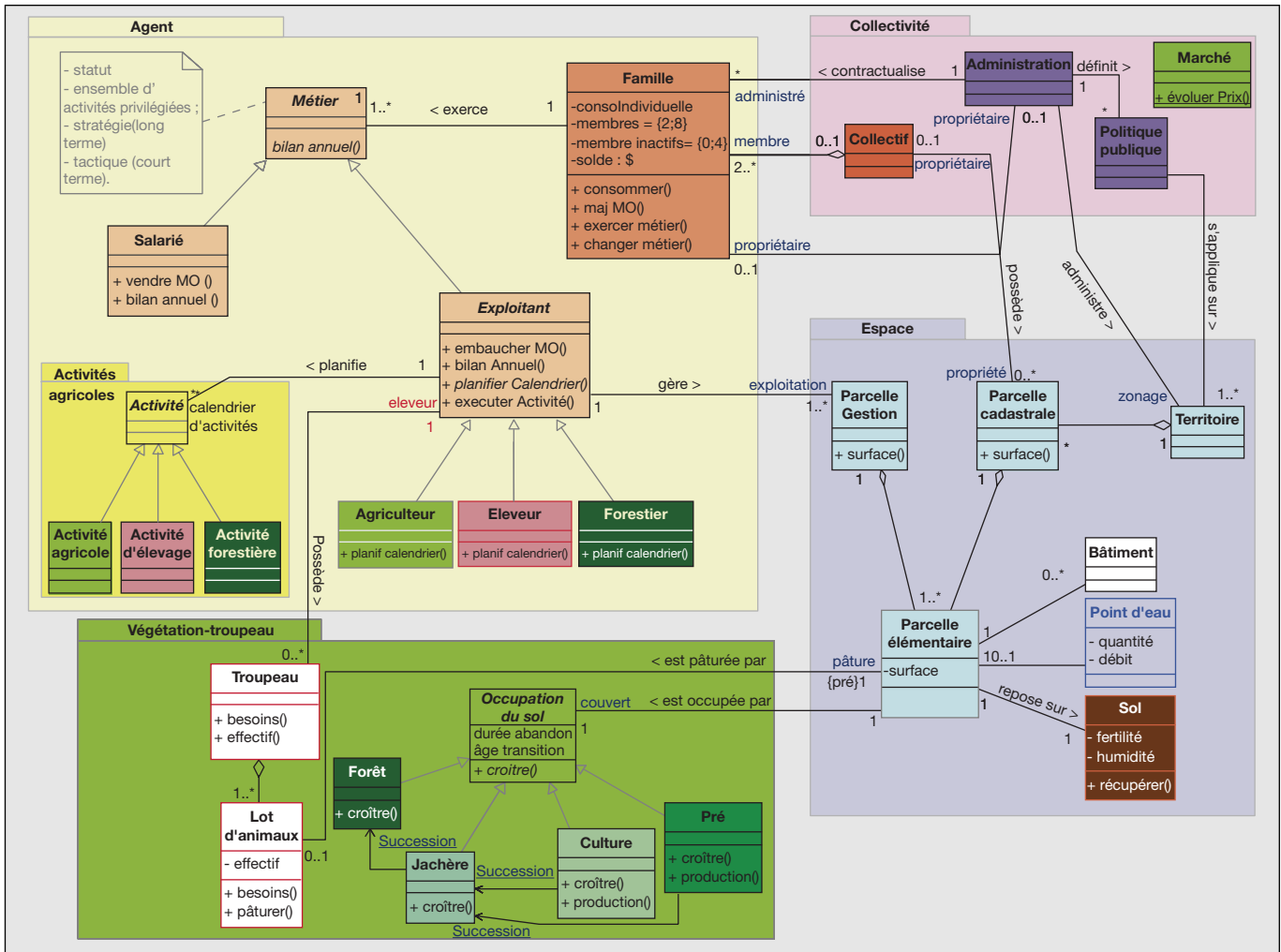


Figure 1. Diagramme de classe général du métamodèle.

Figure 1. Main class diagram of the metamodel.
MO : Main-d'œuvre.

Chaque parcelle de base (ESE) appartient donc à deux entités de niveau supérieur qui forment deux couches spatiales distinctes.

Illustration de la partie « Végétation-troupeau » à travers le modèle SMASH

Distinguer l'occupation de sol (*Land Cover*) de son utilisation (*Land Use*) fut l'objet de débats sur la sémantique associée à ces deux notions.

L'occupation du sol, terme retenu pour le métamodèle, traduit le couvert végétal d'une portion d'espace à un instant donné (figure 1, cadre vert). Son évolution obéit à l'action de deux dynamiques conjointes, une naturelle – succession –

et une liée aux activités humaines (figure 4). L'implantation d'une prairie résulte du travail de l'éleveur et de la croissance naturelle de l'herbe. Elle demeure dans cet état tant qu'elle est entretenue par la fauche ou le pâturage. En cas d'« abandon » d'usage, elle est colonisée par des accrus et se transforme progressivement en jachère – « succession » – puis en forêt. C'est lorsque le *Land Cover* traduit la conséquence d'actions anthropiques ou de leur absence d'action qu'il y a confusion avec le *Land Use*. Ainsi, on peut associer deux modalités d'usage à la prairie : « pré de fauche » sur lequel l'exploitant effectue une fauche par an ; « pacage » sur lequel il fait pâturer son troupeau. Ces usages associent une suite d'opérations, chacune devant être réalisée dans

une période prédéterminée (itinéraire technique prévisionnel), comme cela est fait dans SMASH, TransAmazon et AIDA.

Illustration du module « Agent » à travers le modèle « TransAmazon »

Ce module (figure 1, cadre jaune) présente la structure de l'entité « Agent », qui correspond à la famille de l'exploitant. Aucun modèle n'en distingue les membres. Pour tous les terrains étudiés, l'éleveur s'avère une activité qui engage toute la famille. Certes, on observe des activités professionnelles en dehors de l'exploitation (vente de main d'œuvre, travail partiel des femmes hors de la ferme...), mais

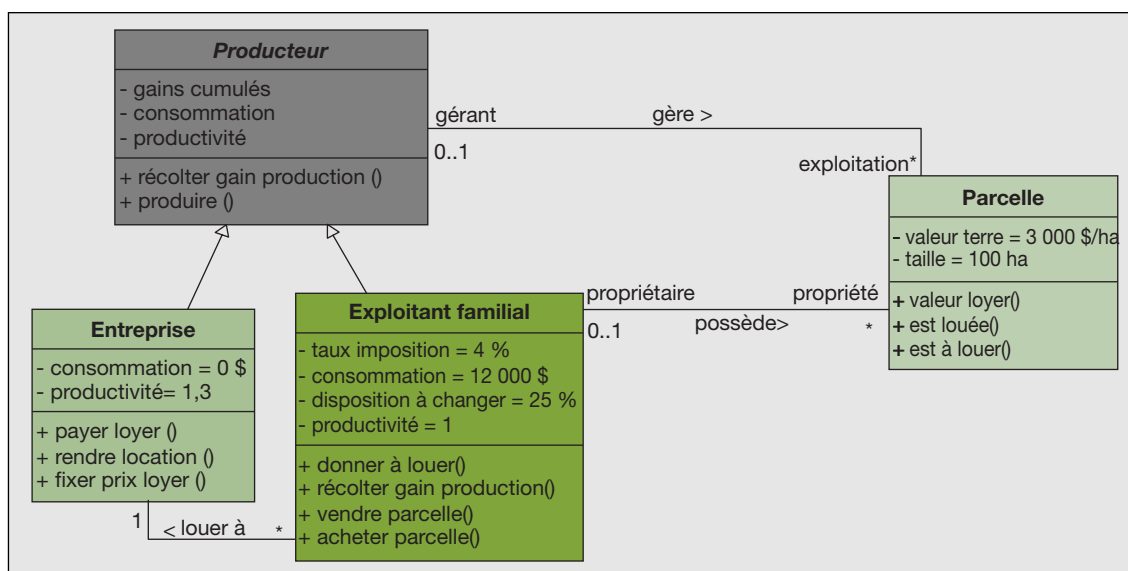


Figure 2. Diagramme de classe de « DinamicaParcelaria » (Pampa).

Figure 2. Class diagram of DinamicaParcelaria (Pampa).

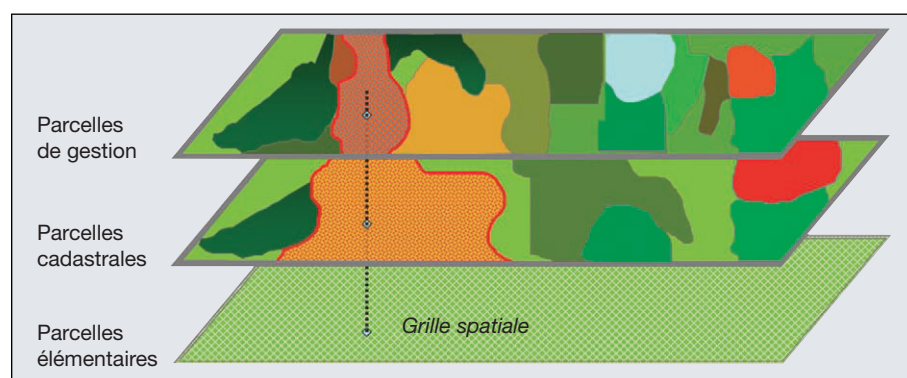


Figure 3. Les trois couches spatiales : les parcelles élémentaires composent les parcelles de gestion et les parcelles cadastrales.

Figure 3. The 3 spatial layers: the spatial elementary plots are the components of the management plots and the cadastral plots.

elles sont souvent marginales en proportion, même si leur revenu aide au maintien économique de la famille. Une famille travaillant complètement en dehors de l'exploitation n'est plus rattachée au SEE que par son lien de propriété. La deuxième raison de cette non-distinction des membres réside dans l'impossibilité de décrire les activités pour chacun. La complexité devient insurmontable pour peu que l'on veuille traiter de l'évolution individuelle de chacun (son parcours, ses préférences, sa force de travail en fonction de son âge, etc) ou bien des grands événements de la famille (naissance, mariage, maladie, décès, héritage et transmission).

Mis à part, le cas de « Arapey » (Pampa) dans lequel l'éleveur est spécialisé de façon définitive, les agents des modèles peuvent évoluer et changer de comportement au cours du temps. C'est la raison pour laquelle à une famille est associé un métier, qui, selon les cas, peut être vu comme un ensemble d'activités privilégiées ou une stratégie (long terme), voire une tactique (court terme). L'intérêt de séparer l'agent en deux parties est de faciliter la conception en permettant aux modélisateurs de se concentrer sur un seul aspect, sans mélanger des notions rattachées strictement à la famille. De plus, la possibilité de choisir une stratégie agricole et de pouvoir en changer au cours du

temps engendre une diversité de parcours familiaux qui procure une richesse de comportements. Ce métier se subdivise en deux types :

- le salarié travaillant hors de l'exploitation ;
- l'exploitant qui gère une exploitation.

La figure 5 (TransAmazon) illustre cette séparation de l'agent en deux parties interconnectées. Ici, la stratégie se décline en trois spécialisations : « sans terre », « éleveur » et « planteur ». Si la première n'est pas issue d'un choix, les deux autres dépendent de décisions prises lors du bilan annuel. L'agriculteur est capable de déclencher un certain nombre d'opérations agricoles (supprimer, implanter, entretenir). L'ordonnement et la réalisation de ces activités pendant la saison sèche et la saison humide sont spécifiés au niveau des deux sous-classes : « Éleveur » et « Planteur ». En privilégiant les activités liées à la stratégie choisie, l'agriculteur ne délaisse pas pour autant les autres cultures déjà présentes sur son lot. Mais le choix de ces activités agricoles et leur ordonnancement ne sont pas assez explicites sur ce schéma. Il faut présenter des diagrammes d'activités pour comprendre que ces stratégies ne sont pas exclusives.

La solution présentée par le métamodèle est plus claire, car elle montre que l'exploitant connaît un certain nombre d'activités agricoles et qu'il peut les planifier pour mettre au point un **calendrier** des travaux qui privilégie sa stratégie. L'ordonnement de ces activités est

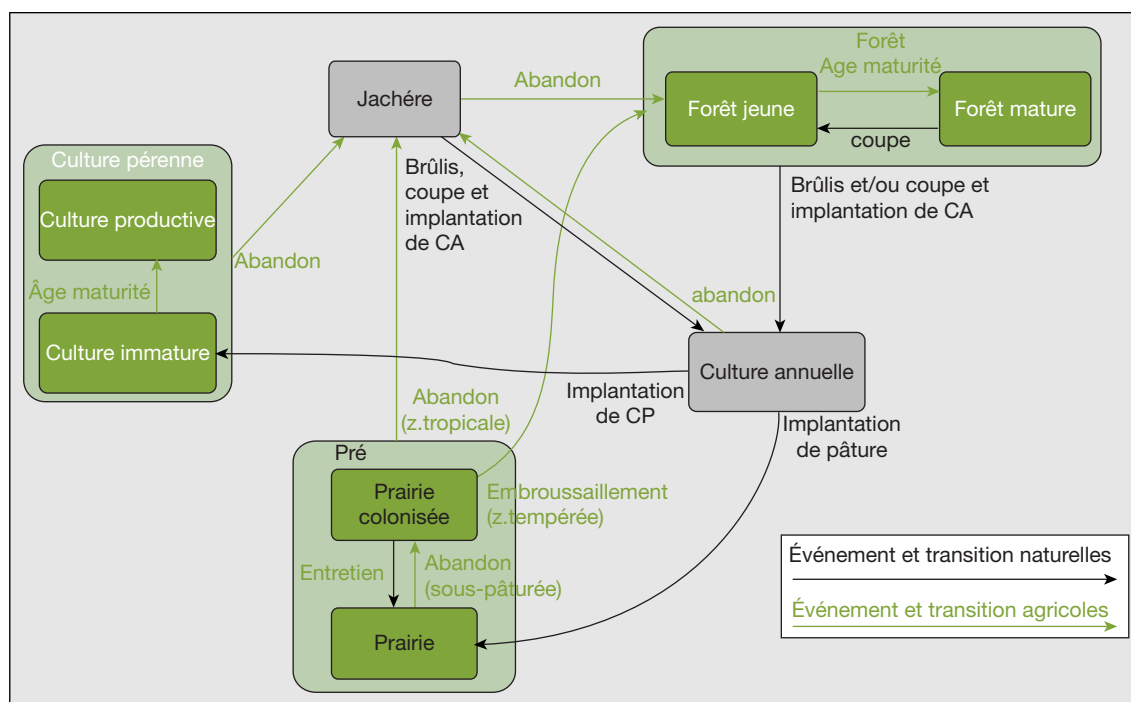


Figure 4. Diagramme d'état-transition de la couverture végétale.

Figure 4. Transition-State diagram of land cover. CP: Culture pérenne ; CA: Culture annuelle.

spécifique à chaque contexte et la mise au point du calendrier est à la charge du concepteur.

Description de la partie « Collectivité »

Ce module (figure 1, cadre rose) présente les entités collectives qui correspondent souvent à des entités immatérielles : un collectif de producteurs, un réseau d'acteurs, le marché... Dans AIDA, l'affectation des terres résulte d'une décision impliquant le conseil rural, la sous-préfecture, les chefs de village, etc.

À l'échelle d'un territoire, le comportement du marché n'est pas lié aux activités marchandes des agents. Dans « Pampa » ou « TransAmazon », le marché fixe les prix des produits agricoles qui jouent le rôle de variables de forçage : les prix sont imposés de façon externe. Il en va de même pour la politique publique dont les règles sont imposées de façon externe au modèle. Pour certains, le collectif désigne simplement la façon dont les agents se coordonnent et interagissent. D'autres la voient comme une entité à part entière (réification) qui régit les comportements de ses membres (contraintes, règles conventionnelles, etc.). Orléan (2004) définit le groupe social comme une entité auto-

nome. Il prend l'exemple de la phrase suivante : « le marché croit que cette devise est sous-évaluée ». Évidemment un marché n'a pas la faculté de croire. Mais il a une existence propre qui dépasse la simple composition d'agents. Un marché ou une collectivité perdure malgré le flux d'agents qui en sort ou y entre. En fonction de la façon dont on perçoit une organisation, on pourra donc la représenter comme la résultante des interactions entre les entités ou, si on lui reconnaît une certaine autonomie, on peut la modéliser comme un agent. Le métamodèle fait le choix de réifier différentes organisations, mais les considère comme des entités périphériques dont les comportements simples sont imposés par le modélisateur pour tester l'influence d'une politique ou d'un marché sur le comportement des agents.

Échelles de modélisation spatio-temporelle

Tous les modèles privilégient la représentation matricielle qui facilite la simulation de processus de diffusion/

contraction tels que la progression d'un front pionnier. Ils montrent une large amplitude d'échelles spatiales (tableau 2). Le découpage de l'espace est déterminé par rapport :

- aux entités de gestion associées aux décisions des agents (l'alqueire en Amazonie, la parcelle de gestion dans les Pyrénées et le Lubéron, le territoire associé à chaque communauté rurale au Ferlo) ;
- aux entités écologiques fonctionnelles associées aux processus biophysiques (peuplement, bassin-versant, zone de dissémination des pins au Larzac) ;
- aux entités juridiques associées au statut foncier du territoire (cadastre, réglementation définie sur une zone communale, gestion différente selon le statut domaniale ou privé).

Ces différents types d'entités peuvent être croisées et donner lieu à des découpages élémentaires plus fins (croisement de parcelles de gestion et de parcelles cadastrales pour le modèle SMASH).

L'étendue spatiale est définie, soit relativement à la question traitée (territoire de la Société civile des terres du Larzac, ou celui du syndicat des communautés rurales au Ferlo), soit par un élément structurant (le *travesão* en Amazonie), soit par la

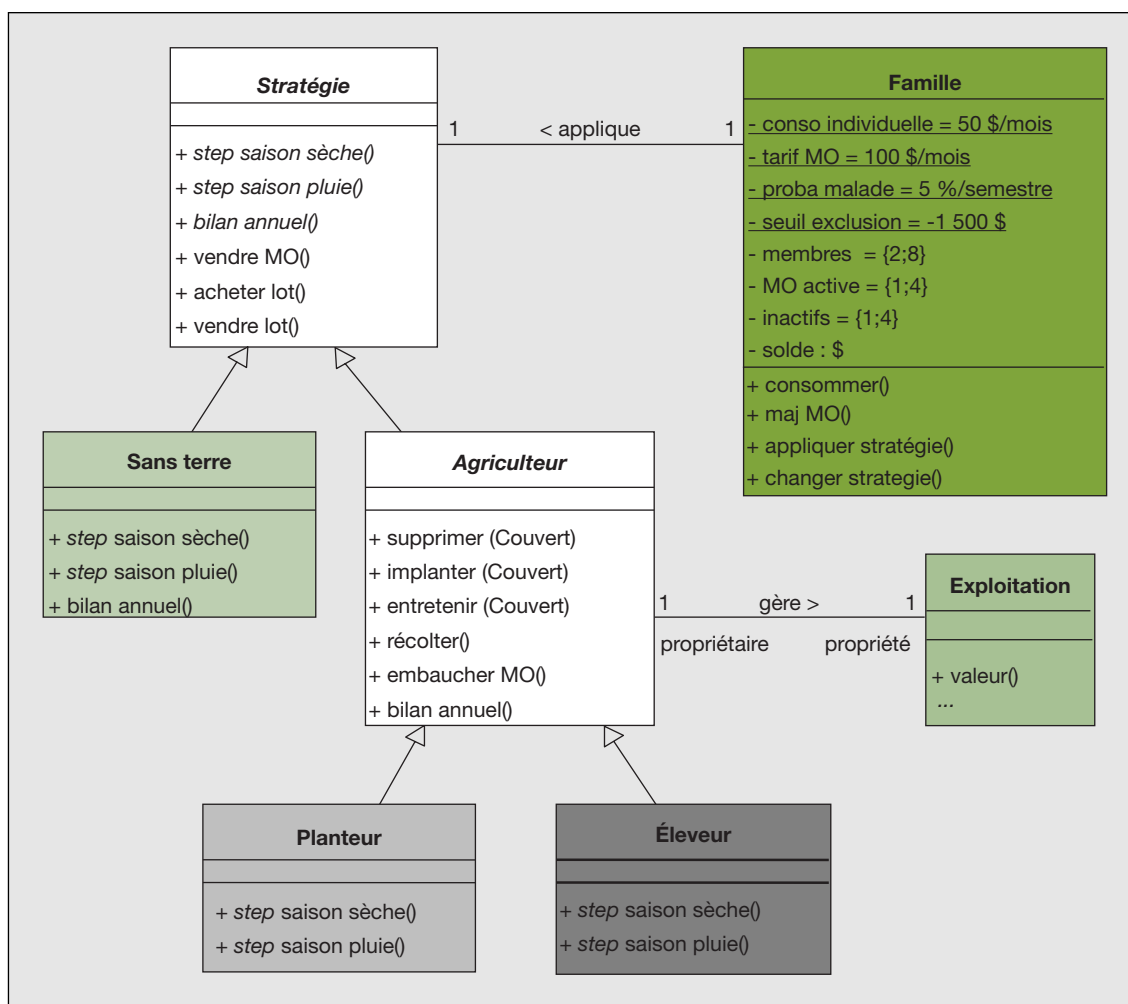


Figure 5. Diagramme de classe des agents de TransAmazon.

Figure 5. Agent class diagram of TransAmazon.
MO : main d'œuvre.

Tableau 2. Les échelles d'espace des modèles.

Table 2. Spatial scales of the models.

	Unité spatiale élémentaire	Justification	Dimension de la fenêtre	Justification
Lubéron	2,25 hectares	Représentation des champs	163 x 368 pixels = 54558 hectares	Trois géoterritoires avec prise en compte de toutes les communes
Larzac	1 hectare	Accrus de pins et taille des champs	6 000 hectares	Ensemble des propriétés
Pyrénées	200 mètres carrés	Conservation de limites des petites parcelles de gestion des exploitants	15 kilomètres carrés	Commune étudiée de Villelongue
Ferlo	1 kilomètre carré	1 kilomètre carré mais association d'objets vecteurs et raster	100 x 110 km	Grande mobilité des éleveurs pour l'accès à l'eau (fleuve, lac, forages)
Pampa	100 hectares	Taille des champs	20 000 kilomètres carrés	région homogène
Amazonie	4,5 hectares	l'« Alqueire » est la base d'échange	100 hectares x N (N = nb de lots ≈ 100)	1 ou 2 « Traversões ». N spécifié par l'utilisateur

Tableau 3. Les échelles temporelles des modèles.

Table 3. Temporal scales of the models.

	Pas de temps	Justification	Durée de simulation	Justification
Lubéron	Mois	Calendrier pastoral	10 ans	Changements de paysages à l'échelle 15 ans
Larzac	Semaine	Calendrier de travail sur la semaine	10 ans	Rotation forestière sur 70 ans
Pyrénées	15 jours	Calendrier des opérations techniques (fauche, pâturage)	30 ans	Dynamique du frêne
Sénégal	Mensuel agrégé en cinq saisons	Correspondant aux pratiques traditionnelles	20 ans	Normales pluviométriques disponibles et classes d'âge d'éleveurs
Pampa	Année	Décisions sur la campagne agricole	10 ans ou plus	Étudier de l'arrivée récente des grandes entreprises capitalistiques
Amazonie	Semestre	Saison des pluies et saison sèche ; liée à disponibilité en main-d'œuvre	25-30 ans	Pas de dynamique de population prévue dans le modèle

taille du plus petit échantillon représentatif (géoterroirs dans le Lubéron, territoire d'une commune dans les Pyrénées).

Si tous les modèles ont choisi de discrétiser le temps (aucune gestion événementielle n'a été retenue), les granularités temporelles s'avèrent très disparates. Leur choix est piloté par la capacité à représenter les processus naturels (par exemple, croissance fourragère) ou les activités (fauche, coupe d'arbres, vente de propriété, etc.). Quatre critères justifient ces choix :

- contraintes de disponibilité en temps de travail (Larzac, Amazonie) ;
- saisonnalité de la production pastorale (Lubéron, Ferlo) ;
- calendrier des opérations de gestion des prairies et des troupeaux (Pyrénées) ;
- fréquence de décisions clés (réunion annuelle des conseils ruraux au Ferlo).

Ces contraintes se reflètent sur les choix des pas de temps qui opèrent à l'échelle de la semaine ou de l'année selon les modèles (tableau 3). Un pas annuel est souvent retenu pour les bilans techniques et économiques, et la mise à jour de dynamiques écologiques (transition du *Land Cover*) (figure 3).

La durée des simulations est associée à plusieurs critères :

- le délai nécessaire pour observer des changements dans la dynamique de végétation (accrus de pins et formation de forêts sur le Larzac, colonisation des prairies par le frêne dans les Pyrénées) ;
- la garantie de validité de certaines hypothèses (non-disparition des actifs actuels dans les systèmes d'élevage du Lubéron) ;

– l'horizon temporel pour percevoir les effets d'une politique publique ou les changements climatiques (Ferlo).

Discussion

Ontologie ou simulation ?

Présenter aux autres chercheurs du projet Trans, la structure de ce métamodèle a permis de partager et d'échanger des points de vue sur les SEE. Certains ont soulevé des manques tels que l'absence de la filière ou du marché. Celui-ci a été rajouté pour fixer les prix des produits agricoles. Mais son fonctionnement ne dépend pas de celui des agents : les échelles des cas d'étude sont trop réduites pour influencer les prix qui sont généralement indexés sur les marchés internationaux. Dans plusieurs modèles, les prix sont des variables de forçage dont les valeurs ne dépendent pas des agents mais sont fournies de façon externe. L'intérêt est alors de tester les facultés d'adaptation des producteurs à ces perturbations.

La partie « Agent » et « Collectivité » a soulevé des débats. L'absence de réseaux sociaux contribuant à l'émergence de normes culturelles a été pointée. De même, l'absence des membres individualisés de la famille, qui empêche notamment de prendre en compte le rôle des femmes, a été perçue comme une lacune. Ces remarques ont conduit à des discussions sur l'utilité même de la modélisation.

Nous défendons l'idée que le but principal de la modélisation n'est pas de mimer la réalité mais d'essayer de la comprendre. Plutôt que de tendre vers un réalisme illusoire, il est préférable de rechercher les mécanismes élémentaires qui caractérisent le système et en dirigent les grandes tendances. Ainsi, sur un même terrain, divers modèles peuvent être proposés en fonction des questions posées. Si l'objectif avait été de montrer le poids du travail salarié hors des exploitations, nul doute que les modèles auraient distingué les membres de la famille et montré le rôle des femmes dans les SEE.

De plus, il est essentiel de saisir la différence entre un modèle de représentation et un modèle de simulation. En science de l'information, on nomme le premier une ontologie : un mode de représentation des connaissances dont les concepts sont organisés dans un graphe pour structurer la dimension sémantique du système et rendre visible les relations entre les entités. Son objectif n'est pas d'aboutir à un modèle de simulation (Bommel et Müller, 2007). Toutefois, la conception d'un simulateur nécessite souvent d'utiliser les outils des ontologies tels que les schémas UML. Mais la simulation n'est pas une simple représentation. En plongeant le modèle dans le temps, elle révèle les conséquences cumulatives des activités des entités et de leurs interactions. Au-delà de la structure du modèle, elle fait émerger des propriétés souvent insoupçonnées. Or, ajouter dans une simulation des entités de type norme culturelle ou politique publique implique d'être capable de préciser leurs caractéristiques structurelles mais aussi dynamiques. Il faut donc pouvoir spécifier leur comportement, leur cycle de vie

(apparition, changements d'état, disparition) et la façon dont elles influencent les agents (et inversement). C'est une chose de reconnaître l'existence de telles entités, c'en est une autre de simuler leur évolution. Nul doute qu'elles n'influent sur la dynamique globale, mais démontrer la façon dont elles procèdent paraît encore hors de portée. D'ailleurs, ce n'est pas l'objectif des modèles développés. La différence entre une ontologie et un modèle de simulation s'avère encore difficile à saisir et soulève des interrogations sur la manière de concevoir un SMA. Elle trouve sa place dans le débat entre les partisans de l'approche KISS (*Keep It Simple Stupid*) et ceux de l'approche KIDS (*Keep It Descriptive Stupid*) (Edmonds et Moss, 2004).

Faible généralité des dynamiques des agents

Si l'évolution du *Land Cover* est partagée, l'absence de consensus sur les dynamiques des activités des agents pose question, car cela diminue la généralité du métamodèle. En effet, les comportements sont trop dissemblables d'un modèle à l'autre et il n'a pas été possible de trouver une règle commune d'organisation des activités pastorales. Certains modèles décrivent finement la gestion du troupeau et des parcours, quand d'autres s'attachent davantage à la gestion patrimoniale ou de la main d'œuvre. Il est impossible d'harmoniser les pas de temps sans contraindre les comportements des agents.

La raison de cette incompatibilité réside dans la variété des situations étudiées et des objectifs assignés aux modèles. Elle provient aussi de la manière dont la modélisation a été menée et qui obéit plus ou moins fidèlement aux calendriers des activités. Bien que ces derniers aient été établis sur chaque terrain à partir d'entretiens avec les producteurs, leurs traductions en schémas d'activités divergent. Certains modèles cherchent à en reproduire fidèlement les étapes, quand d'autres tentent de s'en détacher. Les premiers visent à plus de précision et les seconds à plus d'abstraction. Ainsi, le respect rigoureux du calendrier entraîne une perte de généralité. À l'inverse, une montée en abstraction tente de dépasser le déroulement figé des activités saisonnières pour essayer de saisir les raisons de la mise en place de tels calendriers. Elle cherche à dépasser la description contextuelle pour gagner en généralité.

Mise à part la divergence des objectifs des modèles, ces deux façons (descriptive ou adaptative) de représenter les comportements des acteurs génèrent des types de modèles difficilement comparables. Ceci explique en partie pourquoi ce métamodèle n'a pas encore atteint le stade de modèle générique.

Conclusion

Étudier les différences entre les systèmes d'élevage extensif du projet Trans est une façon pertinente d'acquérir des connaissances sur les SEE, mais nous avons préféré rechercher les points communs à l'ensemble des SMA développés sur les différents terrains. Ainsi, la conception d'un métamodèle a conduit à uniformiser les représentations des divers SEE pour mieux en comprendre la structure générale et les fonctionnements. Elle a permis des discussions enrichissantes et a demandé de la part des différentes équipes un retour critique sur leur propre modèle. Ce métamodèle est donc le fruit d'âpres négociations qui ont débouché sur un outil de dialogue favorisant le partage des connaissances et l'interdisciplinarité.

Mais il s'agit encore d'un premier essai, car il reste du travail de comparaison et de conception à mener pour identifier les invariants des SEE afin d'en saisir les éléments essentiels permettant d'expliquer la diversité des dynamiques. Il est pourtant vain d'espérer trouver un tel modèle générique capable de décrire l'ensemble des SEE malgré la diversité des contextes. Sans qu'on puisse espérer y parvenir, il s'avère néanmoins nécessaire de délaissier les approches purement descriptives au profit de modèles plus adaptatifs. ■

Références

Bah A, Touré I, Fourage C, Diop Gaye I, Leclerc G, Soumaré A. Un modèle multi-agents pour étudier les politiques d'affectation des terres et leurs impacts sur les dynamiques pastorales et territoriales au Ferlo (Sénégal). *Cahiers Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0383.

Bommel P. *Définition d'un cadre méthodologique pour la conception de modèles multi-agents adaptée à la gestion des ressources renouvelables*. Thèse de l'université de Montpellier II, sciences et techniques du Langue-doc, 2009.

Bommel P, Müller JP. An introduction to UML for modeling in the human and social sciences. In : Amblard F, Phan D. eds. *Introductory book on MAS modeling and simulation in Human and Social Sciences*. Oxford : The Bardwell Press, 2007.

Bommel B, Bonaudo T, Barbosa T, Bastos da Veiga J, Vieira Pak M, Tourrand JF. La relation complexe entre l'élevage et la forêt en Amazonie brésilienne : une approche par la modélisation multi-agents. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0384

Bousquet F, Bakam I, Proton H, Le Page C, Cormas: Common-Pool Resources and Multi-agent System. *Lectures Notes in Artificial Intelligence* 1998 ; 1416 : 826-38.

ComMod. collectif. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Nature Sciences et Sociétés* 2005 ; 13 : 165-9.

Edmonds B, Moss S. From KISS to KIDS — an 'anti-simplistic' modelling approach. In : Davidsson P, Logan B, Takadama K, eds. *Multi Agent Based Simulation. Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Heidelberg : Springer, 2004

Etienne M, Dobremez L, Guérin G, Rapey H, Simon C. Une modélisation d'accompagnement pour la gestion combinée des systèmes d'élevage et des milieux boisés sur le Causse du Larzac. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0374

Ferber J, Gutknecht O. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems. In : *Third International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS '98) Proceedings*. IEEE Computer Society, 1998.128-135.

Montele C, Simon C, Ladet S, Sheeren D, Etienne M, Gibon A. Participatory modelling of social and ecological dynamics in mountain landscapes subjected to spontaneous ash reforestation. In : Paegelow M, Camacho-Olmedo MT, eds. *Modelling Environmental Dynamics. Advances in Geomatic Solutions*. Heidelberg : Springer, 2008.

Goldspink C. Modelling social systems as complex: Towards a social simulation meta-model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 2000 ; 3 : epub. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/3/2/1.html>

Grimm V, Railsback SF. *Individual-based Modeling And Ecology*. Princeton : Princeton University Press, 2005.

Lasseur J, Bataille JF, Beylier B, Etienne M, Legeard JP, Luccioni J. Modélisation des relations entre dynamiques des territoires et des systèmes d'élevage dans le massif du Lubéron. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0376.

Morales GH, Arbeletche P, Bommel P, et al. Modéliser le changement dans la gestion des terres de parcours en Uruguay. *Cah Agric* 2010 ; 19 : epub. DOI : 10.1684/agr.2010.0385

OMG. *OMG Specification of Unified Modeling Language. Version 1.5, document Number: formal/03-03-01*. Object Management Group, 2003 . <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?formal/03-03-01>.

Orléan A. What is a Collective Belief. In : Bour-gine P, Nadal JP, eds. *Cognitive Economics, An Interdisciplinary Approach*. Heidelberg : Springer, 2004.

Anticiper l'avenir des territoires agricoles en Afrique de l'Ouest : le cas des Niayes au Sénégal

Clémentine Camara^{1,*}, Robin Bourgeois^{2,3,4} et Camille Jahel^{5,6,7}

¹ Montpellier SupAgro, Institut des régions chaudes, 1101, avenue Agropolis, BP 5098, 34093 Montpellier cedex 05, France

² CIRAD, UMR ART-DEV, 34398 Montpellier, France

³ ART-DEV, Univ Montpellier, Montpellier, France

⁴ Centre for the Study of Governance Innovation, Old College House, University of Pretoria, Hatfield Campus, Lynnwood Road, 0002 Pretoria, Afrique du Sud

⁵ CIRAD, UMR TETIS, 34398 Montpellier, France

⁶ TETIS, Univ Montpellier, Montpellier, France

⁷ ISRA BAME, route des hydrocarbures, BP 3120, Dakar, Sénégal

Résumé – En Afrique de l'Ouest, dans le contexte général de changement climatique et de mondialisation, la croissance démographique exerce une pression accrue sur les ressources naturelles par les changements d'affectation des sols qu'elle engendre. L'avenir des territoires agricoles, en particulier en périphérie des grandes villes, est alors questionné face à l'urbanisation croissante, la dégradation des ressources naturelles et les mutations socio-économiques. Afin d'anticiper les changements que pourraient connaître les territoires ruraux, une démarche de prospective territoriale a été réalisée sur la zone sud des Niayes, au Sénégal. Elle a permis aux experts locaux mobilisés à cet effet d'identifier les facteurs de changement et de co-élaborer des scénarios d'évolutions plausibles du territoire. Les réglementations, la gouvernance et la démographie sont les trois facteurs majeurs pouvant infléchir de l'affectation des sols dans le temps. Ces facteurs déterminent le type de partage de l'espace et d'utilisation des ressources naturelles, pouvant être harmonieux ou conflictuel. Une gouvernance inclusive, une société civile fortement structurée et la préservation des ressources naturelles sont apparues comme essentielles à l'atteinte de futurs harmonieux.

Mots clés : prospective territoriale / anticipation / territoires ruraux / urbanisation / Niayes

Abstract – **Anticipating the future of agricultural territories in West Africa: The case of the Niayes in Senegal.** In West Africa, in the global context of climate change and globalization, population growth creates an increasing pressure on natural resources through land allocation changes that it generates. The future of agricultural territories, especially around large cities, is thus questioned considering increasing urbanization, degradation of natural resources and socio-economic transformations. In order to anticipate what changes rural areas could experience, a process of territorial foresight was conducted on the southern Niayes area in Senegal. It enabled the local experts who engaged in this process to identify factors of change and to co-elaborate plausible scenarios of change in the territory. Regulations, governance and demography are the three major factors affecting land allocation over time. These factors determine how space is shared and natural resources are used, harmoniously or through conflict. Inclusive governance, highly structured civil society, but also the preservation of natural resources have emerged as essential to achieving harmonious futures.

Keywords: territorial foresight / anticipation / rural territory / urbanization / Niayes

1 Introduction

Dans les pays d'Afrique de l'Ouest, la rapidité et l'ampleur de la croissance démographique engendrent des taux d'urbanisation sans précédent (Halleux, 2015). En outre, la

conjonction d'aléas climatiques, de processus de dégradation des ressources naturelles, ainsi que la diminution des terres cultivables disponibles par habitant, induisent depuis plusieurs décennies des migrations de populations qui tendent à se concentrer dans les zones encore fertiles, mais aussi et surtout dans les villes et à leurs périphéries (Alex et Gemenne, 2016 ; Mercandalli et Losch, 2018). Ainsi, les espaces agricoles péri-

*Auteur de correspondance : clementine.camara@gmail.com

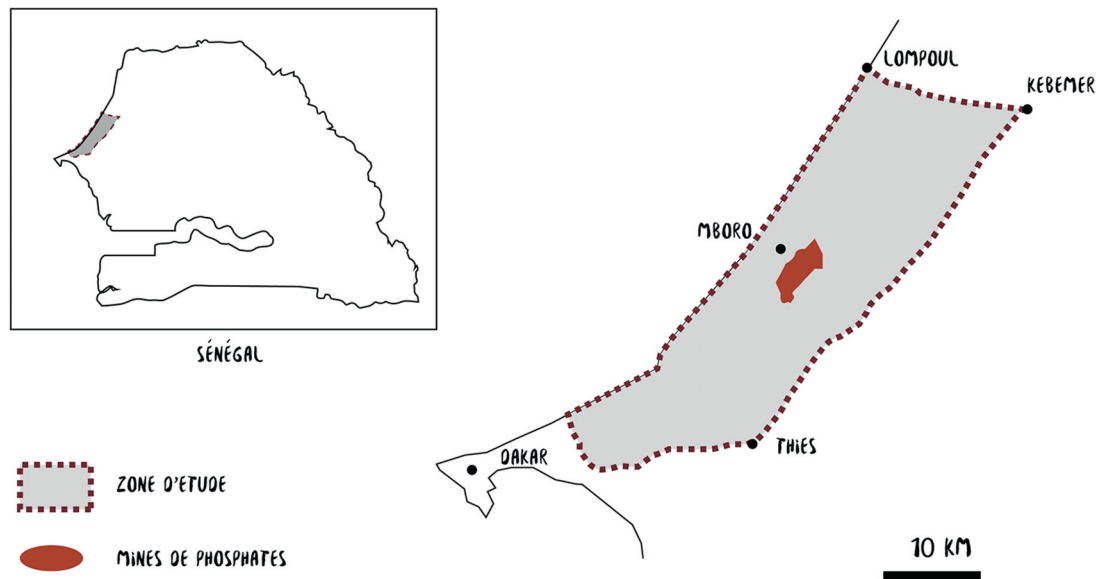


Fig. 1. Carte de la zone des Niayes et délimitation de la zone d'étude (source : auteurs).

Fig. 1. Map of the Niayes area and delimitation of the study area (source: authors).

urbains sont confrontés à l'enjeu majeur de contribuer à nourrir une population croissante dans un contexte de dégradation et de raréfaction des ressources naturelles (Bispo *et al.*, 2017; Foley *et al.*, 2005) mais aussi d'urbanisation. Suivant la politique d'aménagement adoptée et les relations entre acteurs (Robineau et Dugué, 2018), les villes peuvent alors être considérées soit comme un moteur de développement en offrant des ressources et des opportunités de marché aux agriculteurs (Bricas et Seck, 2004), soit comme des prédatrices de l'espace rural, diminuant l'espace alloué aux activités productives et générant de nombreuses pollutions qui peuvent dégrader la qualité des aliments produits (Temple et Moustier, 2004).

Sous l'effet conjugué d'un grand nombre de facteurs de changement, les territoires et leurs formes d'organisations sociales évoluent en permanence ; l'avenir de ces espaces et de leurs habitants est de ce fait incertain. Il est cependant possible de mobiliser des approches permettant d'anticiper les changements susceptibles d'affecter le cadre de vie des populations ou la capacité productive des territoires agricoles. L'analyse prospective à l'échelle d'un territoire permet de tendre vers cette voie (Bourgeois *et al.*, 2017).

La prospective territoriale est un outil d'anticipation qui consiste à explorer des scénarios plausibles d'évolution d'un territoire. En France, l'application de démarches de prospective à l'échelle des territoires est ancrée dans les travaux de la Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale (DATAR) (Mireniewicz, 1991) ; sa pratique a longtemps été comprise comme une démarche en appui à l'action publique et visant à l'aménagement de territoires (Loinger et Spohr, 2005). En ce sens, elle est réalisée à la demande d'un commanditaire public (État ou collectivité locale), avec un cahier des charges et des processus dérivés de la prospective d'entreprise (Spohr, 2009). Pour les géographes, elle apparaît comme un outil de l'ingénierie de construction des territoires (Fourny et Denizot, 2007) reposant sur une

dimension spatialisée liée à l'exploration du futur (Lardon et Noucher, 2016). Avec le développement de démarches dites participatives, la pratique de l'anticipation à l'échelle territoriale est devenue plus inclusive et moins dépendante de la volonté des pouvoirs publics.

En ce sens, le travail présenté ici se caractérise par sa distance avec une intervention publique d'aménagement, puisqu'il trouve son origine dans une initiative de chercheurs qui a pu mobiliser des acteurs locaux autour d'une réflexion endogène sur la transformation de l'espace agro-sylvo-pastoral de la zone sud des Niayes. Par ailleurs, il est original dans le fait qu'il vise à faire sens du présent avant de cibler des actions de nature plus stratégique, suivant en cela une pratique de l'anticipation visant aussi à produire une culture du futur (Miller, 2018).

L'objectif de cet article est de présenter et de discuter une démarche participative de co-élaboration de scénarios pour explorer une diversité de futurs plausibles d'un territoire soumis à de fortes pressions anthropiques et climatiques, et d'examiner les points d'inflexion de ces différentes trajectoires d'évolution. Ce territoire d'étude est la zone des Niayes, au Sénégal.

2 Méthodologie et données

2.1 Zone d'étude

La zone d'étude se situe dans la partie sud des Niayes, bande côtière entre Dakar et Saint-Louis (Fig. 1), et couvre une superficie d'environ 2300 km².

De par les potentialités de ses sols, son climat tropical atténué par les alizés maritimes et l'existence de ressources hydriques conséquentes et à faible profondeur, c'est une zone agricole importante, concentrant la majorité de la production horticole du Sénégal (Fare *et al.*, 2017). Mais la richesse de son sous-sol en fait aussi une zone d'extraction minière privilégiée,

Tableau 1. Les étapes de la co-élaboration de scénarios.**Table 1.** Steps of the scenario co-building process.

N°	Étape	Définition
1	S'accorder sur le système d'étude	Système d'étude : question de prospective, définie par des limites géographiques, un horizon temporel et une thématique. Nécessite de diagnostiquer la zone d'étude pour positionner les dynamiques dans le temps et l'espace
2	Identifier les facteurs de changement	Facteurs de changement : forces qui ont la capacité de transformer le système d'étude. On distingue les facteurs internes (facteurs qui peuvent être influencés/contrôlés par les acteurs du système) des facteurs externes (facteurs sur lesquels les acteurs du système n'ont pas de pouvoir)
3	Identifier les variables motrices	Variables motrices : entre 4 et 8 facteurs internes qui ont une grande influence sur les autres et qui sont peu dépendants d'eux. Les variables motrices sont à l'origine de la transformation du système
4	Définir les états pour les variables motrices	États : hypothèses sur l'avenir du facteur (description d'entre 2 et 6 situations plausibles à l'horizon temporel défini). Doivent être mutuellement exclusifs (2 états ne peuvent se produire simultanément)
5	Construire des trames et rédiger les synopsis et narratifs	Trame : combinaison des états des variables motrices (1 état par variable). Généralement, une dizaine de trames sont produites, représentant des situations futures contrastées Synopsis : explicitation de la trame sous la forme d'un paragraphe, donnant un premier aperçu de l'histoire du futur Narratif : enrichissement du synopsis par l'ajout des états de tous les autres facteurs de changement identifiés dans l'étape 2
6	Construire des scénarios	Scénario : cheminement entre la situation future et la situation présente, indiquant quels changements se sont produits, quelles actions ont été réalisées et par quels acteurs
7	Repérer les points d'inflexion	Points d'inflexion : événements ou actions nécessaires pour en entraîner une diversité d'autres, provoquant une inflexion de la trajectoire d'évolution. Les points d'inflexion sont à la base de la réflexion stratégique

notamment pour le phosphate et le zircon (CEDEAO, 2010 ; Fall et Fall, 2001).

Aujourd'hui, les territoires agricoles de la zone sud des Niayes sont menacés par l'émergence de nouvelles dynamiques. L'urbanisation et les projets étatiques – notamment l'autoroute, l'aéroport international et la nouvelle ville de Diamniado – empiètent rapidement sur les terres agricoles (Wade, 2015). L'essor d'unités de production agricole et de transformation capitalistes, ainsi que des activités minières, fortement soutenues par les politiques publiques, questionne l'avenir de l'agriculture familiale de la zone (Bosc et Losch, 2002 ; FAO, 2017). Enfin, la baisse du niveau de la nappe et sa salinisation progressive, suite aux sécheresses et à une augmentation de son utilisation, menacent toute la production maraîchère (DGPRES, 2014 ; Fall et Fall, 2001).

On observe donc une tension entre les différentes occupations des sols (agricoles, industrielles, infrastructures ou résidentielles) et une concurrence forte entre différentes formes d'agriculture, entraînant une compétition pour l'accès aux différentes ressources, notamment le foncier.

2.2 Méthode utilisée pour la construction des scénarios

Les ateliers de co-élaboration des scénarios exploratoires d'évolution du territoire ont été réalisés à partir de la méthodologie développée au CIRAD par Bourgeois *et al.* (2017).

La co-élaboration des scénarios fait intervenir un groupe « d'experts locaux », personnes sélectionnées pour leurs connaissances du terrain et leurs compétences, et non pour représenter une

organisation ou des groupes d'intérêt. Les scénarios étant des images complexes et plausibles du futur d'un territoire réel, leur élaboration nécessite de nombreuses connaissances spécifiques et complémentaires afin que toutes les composantes socio-économiques et biophysiques d'un territoire soient couvertes. Les compétences des 21 experts locaux (agents d'organisations paysannes, du gouvernement, de l'université, salariés de bureaux d'études, etc.), identifiés avec l'aide d'un comité de pilotage composé de trois organisations d'appui aux dynamiques paysannes, couvraient donc un ensemble de dix dimensions retenues lors d'une étape préliminaire de diagnostic territorial pour décrire le territoire dans sa globalité : le milieu naturel, l'histoire et l'organisation sociale de la zone, les tendances démographiques et migratoires, l'économie locale (agriculture, élevage, commerce, industrie, tourisme, etc.), l'aménagement du territoire et l'accès au foncier, les réseaux de communication, l'assainissement et le traitement des déchets, l'accès à la santé et à la formation (Camara *et al.*, 2018).

La co-élaboration de scénarios a d'abord consisté à identifier une liste de facteurs de changements. Une discussion sur leur influence et leur dépendance mutuelle a ensuite permis de déterminer parmi ces facteurs un nombre restreint de « variables motrices » dans l'évolution future du territoire. Des hypothèses sur l'état du futur de chacune de ces variables motrices ont été produites par les experts au cours d'un travail de réflexion collective. Différentes images du futur ont été créées en combinant de manière cohérente ces différentes hypothèses. Les scénarios complets ont été obtenus en imaginant les chemins d'action entre les images du futur et la situation présente (tableau 1) (Camara *et al.*, 2018).

Tableau 2. Identification et définition des variables motrices.**Table 2.** Identification and definition of the driving forces.

Nom de la variable motrice	Définition de la variable motrice
Pression démographique	Évolution et niveau de la pression démographique
Infrastructures d'éducation et de formation	État, couverture et accessibilité des infrastructures d'éducation et de formation (capacité, nombre et emplacement)
Ressource en eau	État de la qualité, de la quantité et de l'accessibilité de la ressource en eau
Systèmes de production agricole	Type de système de production agricole (niveau de modernisation des exploitations agricoles, types de technique d'irrigation et de fertilisation, techniques et technologies employées, types de partenariats, localisation et emprise) et état de la production agricole (type, qualité et quantité de produits dans la zone)
Ressource sols	Niveau de la qualité et de la fertilité des sols
État de la réglementation et de l'utilisation des sols	État de la réglementation et de l'utilisation des sols
Gouvernance	Qui prend les décisions et comment elles sont prises

Tableau 3. Exemple des états futurs d'une variable motrice.**Table 3.** Example of the future states for one driving force.

Numérotation des états futurs	1	2	3	4	5
D. Systèmes de production agricole	Exploitations familiales qui optimisent les facteurs de production pour des produits de qualité, orientés vers le marché local et les exportations, en partenariat avec les agro-industries et entreprises de transformation	Exploitations familiales peu compétitives en concurrence avec les agro-industries sur les marchés nationaux et internationaux	Disparition des exploitations familiales au profit des agro-industries non locales qui approvisionnent le marché national et international en produit agricoles	Disparition de l'agriculture	Micro-agriculture entrepreneuriale entièrement robotisée

3 Résultats

3.1 Les éléments constitutifs des scénarios

Le groupe d'experts s'est accordé sur la question : « Quel avenir pour l'espace agro-sylvo-pastoral de la zone sud des Niayes à l'horizon 2040 ? » La zone d'étude a été définie comme indiqué dans la [figure 1](#).

Dix facteurs de changement externes et 43 facteurs de changement internes ont été identifiés ([Camara et al., 2018](#)). Parmi les facteurs de changement internes, sept variables motrices ont été sélectionnées par les experts, qui leur ont donné des définitions précises ([tableau 2](#)).

3.2 Les scénarios d'évolutions plausibles

Un exemple des états futurs d'une variable motrice est présenté dans le [tableau 3](#), l'intégralité se trouvant dans le document de référence produit à la suite des ateliers ([Camara et al., 2018](#)). Leur combinaison a permis de co-élaborer neuf futurs plausibles à l'horizon 2040 ([fig. 2](#)).

Ces scénarios diffèrent par le type d'occupation de l'espace et par les modalités de coexistence entre les acteurs du

territoire ([fig. 3](#)). Par exemple, les scénarios 5 et 9 présentent tous les deux une zone sud des Niayes totalement urbanisée, mais cette urbanisation conduit à une situation conflictuelle dans le premier, alors que les acteurs vivent en harmonie dans le second.

L'avenir de la zone sud des Niayes est donc pluriel et incertain, une multitude de futurs contrastés pouvant être envisagés. Quels événements peuvent alors connecter le présent vers un scénario plutôt qu'un autre ? Quels acteurs ont un rôle à jouer et par quelles actions ?

3.3 Les points d'inflexion

La construction des cheminements ([Camara et al., 2018](#)) a mis en évidence l'existence de protagonistes et d'actions particulières, appelées points d'inflexion ([tableau 1](#)), menant à un partage de l'espace harmonieux, conflictuel ou singulier ([fig. 3](#)).

Pour tous les scénarios, les réglementations – de la gestion des ressources naturelles, des flux migratoires, du foncier ou de l'utilisation des intrants par exemple – apparaissent comme la pierre angulaire des trajectoires d'évolution. Leur présence ou leur absence a en effet été chaque fois identifiée comme un

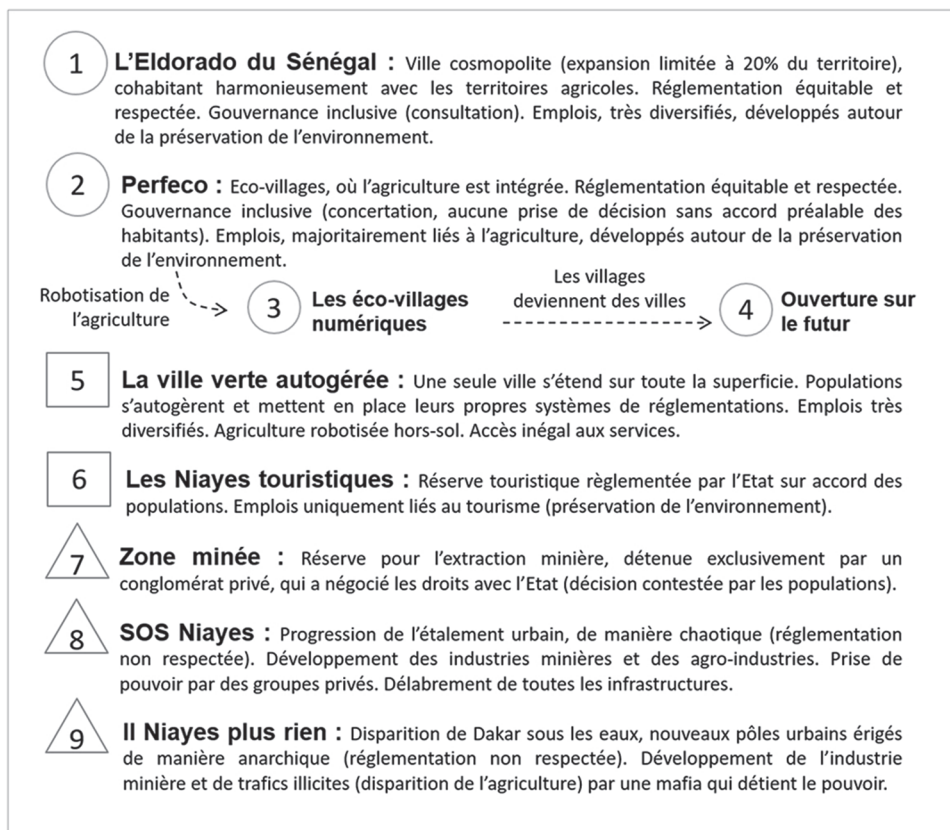


Fig. 2. Les neuf scénarios pour la zone sud des Niayes (source : auteurs).
Fig. 2. The nine scenarios for the southern Niayes area (source: authors).

point d'inflexion par les experts locaux. La nature des acteurs au pouvoir, de l'influence des autres acteurs sur la prise de décision finale et ainsi des modalités de cette prise de décision est également prégnante dans les trajectoires. L'avenir de l'espace étudié semble donc être intimement lié au type de gouvernance du territoire et aux outils mobilisés pour mettre en œuvre la vision portée par l'entité au pouvoir. En outre, plusieurs références au nombre d'habitants et à leur répartition dans l'espace ont été relevées ; le seuil de pression démographique serait donc aussi un point d'inflexion important. Un exemple de cheminement, où apparaissent les points d'inflexion, est présenté en [figure 4](#), l'intégralité des cheminements se trouvant dans le document de référence ([Camara *et al.*, 2018](#)).

Trois principaux points d'inflexion émergent donc : la mise en place de réglementations, les modalités de gouvernance et la pression démographique. Il est à noter que tous les scénarios, sauf le premier, envisagent une situation conflictuelle avec une dégradation des ressources naturelles au début des trajectoires d'évolution.

4 Discussion

4.1 Vers quel futur ?

Le scénario 8 est le seul dont l'avènement ne demanderait aucune action particulière ; on y trouve plutôt une

absence d'action. Il s'agirait donc d'un scénario tendanciel, qui décrit ce qui se passerait si les dynamiques passées et actuelles se poursuivaient. Le caractère alarmant de ce scénario pointe de fait l'urgence et la nécessité d'agir au présent. La question qui se pose alors est : comment dévier d'une trajectoire qui semble mener à une situation toujours plus chaotique ?

Dans tous les scénarios à l'exception du scénario 1, la dégradation des différentes ressources du territoire et les conflits pour y accéder jouent un rôle important (foncier, eau agricole et potable, etc.). Dans cinq scénarios (2, 3, 4, 5 et 6), la dégradation initiale de la situation agit en effet comme un électrochoc sur les populations et conduit ainsi à une certaine prise de conscience et à une reprise en main de l'avenir du territoire à travers l'implication de ses populations dans la prise de décision. Par exemple, le scénario 6 part d'une surexploitation des forages, une perte de certains sols, une épidémie et des conflits avant la mise en place de concertations. Inversement, dans trois autres scénarios (7, 8 et 9), les conflits empirent et génèrent des situations de plus en plus chaotiques.

Par ailleurs, pour tendre vers les scénarios harmonieux (scénarios 1, 2, 3 et 4), les experts ont donné une grande importance à l'implication d'un État fort, disposant des moyens nécessaires pour contrôler et sanctionner, agissant en entente avec une société civile et des organisations professionnelles fortement structurées. L'existence et le respect

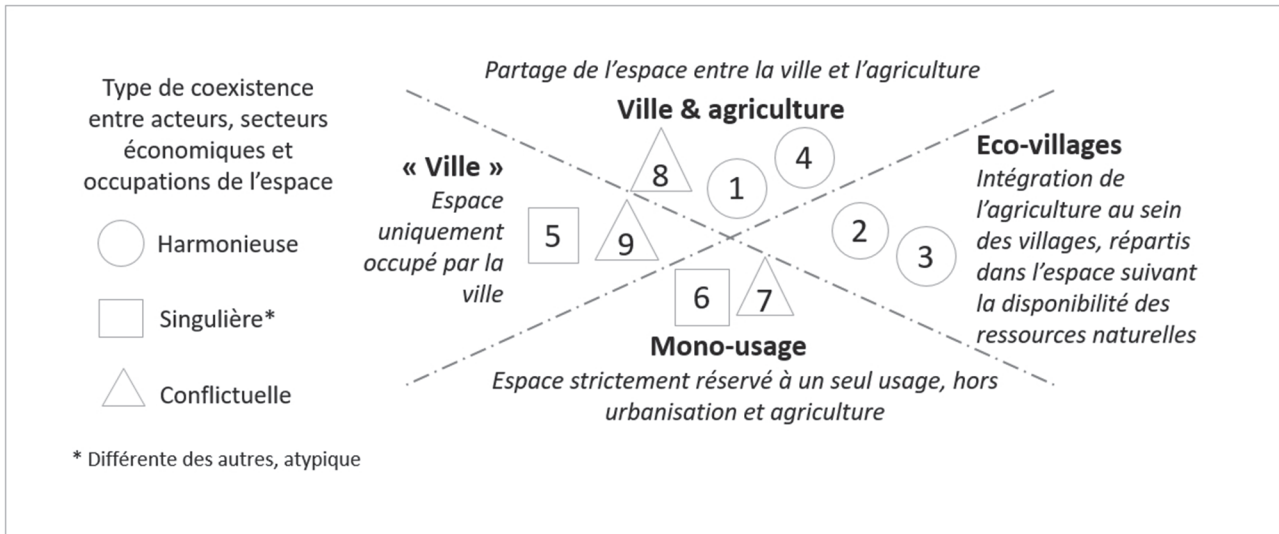


Fig. 3. Partage de l'occupation de l'espace et types de coexistence dans les neuf scénarios (se référer à la figure 2 pour les numéros des scénarios) (source : auteurs).

Fig. 3. Land use share and types of coexistence for the nine scenarios (refer to figure 2 for scenarios numbers) (source: authors).

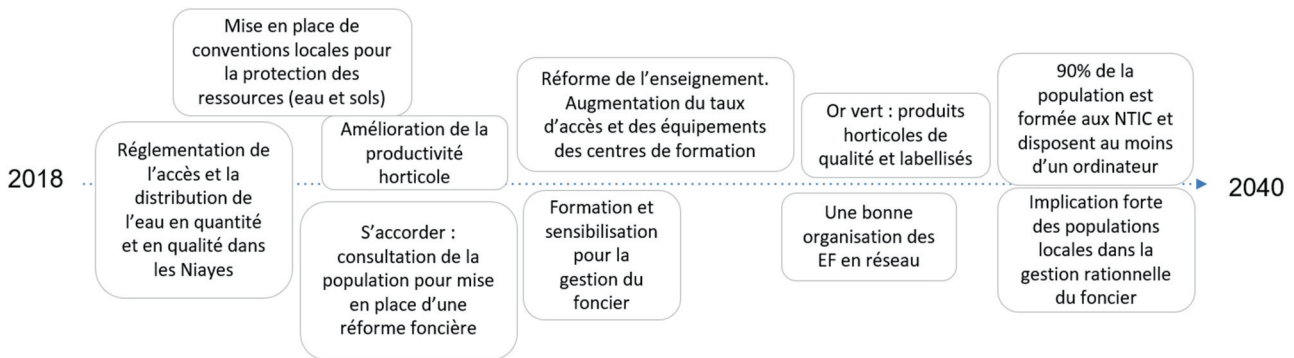


Fig. 4. Exemple des points d'inflexion pour le cheminement du scénario prospectif n°1 « L'Eldorado du Sénégal » (source : auteurs).

Fig. 4. Example of the tipping points for the prospective scenarios number 1 "a Senegalese Eldorado" (source: authors).

des réglementations sur l'accès à l'eau et sa distribution et sur l'occupation des sols, la gestion de la pression démographique et la répartition dynamique de la population, sont au cœur du bon fonctionnement de la société et du territoire dans leur ensemble. À la condition supplémentaire que les ressources naturelles soient respectées par tous et valorisées à toutes les échelles d'action ainsi que par les différentes catégories d'acteurs, cette coalition mène à une gestion harmonieuse de l'espace et à la prospérité de toutes les activités mais aussi à l'amélioration de la qualité de vie des populations.

À l'opposé, la détention du pouvoir par des groupes industriels privés motivés uniquement par leur propre profit (scénarios 7, 8 et 9), aboutit à des situations conflictuelles peu avantageuses pour les populations et les activités dans la zone. Dans ces trois scénarios, soit les réglementations n'existent pas (scénario 9), soit elles ne sont pas respectées par les acteurs, du fait de l'inconscience des risques encourus ou par choix de les outrepasser, puisque l'État n'a pas les moyens de les faire

respecter (scénario 8). Un dernier cas de figure est le modelage des réglementations suivant les aspirations des groupes privés, en connivence avec l'État et en relation avec la faiblesse d'action des autres acteurs du territoire (scénario 7). Dans le scénario 7, seules les ressources utiles à la réalisation de profits privés sont préservées (eau et bande de filaos); dans le scénario 9, qui peut être vu comme une aggravation du scénario 8, toutes les ressources finissent par être totalement dégradées. Dans les trois cas, les ressources utilisées par la population locale sont quant à elles dégradées.

Enfin, les scénarios 5 et 6 présentent des situations singulières. Dans le scénario 6, l'État et la population agissent de concert pour transformer la zone en une réserve naturelle à vocation touristique qui permet la préservation des ressources. Dans le scénario 5, l'État est faible mais la société civile est fortement structurée; néanmoins, de fortes inégalités se creusent au sein de la population et les ressources accessibles ne sont pas toujours de qualité.

Une gouvernance inclusive, une société civile fortement structurée et la préservation des ressources naturelles apparaissent donc comme essentielles à l'atteinte de futurs harmonieux.

4.2 La réflexion sur le futur, vecteur de transformation de la vision du présent

Ce travail d'anticipation a été un défi pour les experts qui ont dû faire face à la difficulté de se détacher du présent et de ce qu'ils imaginaient pour l'avenir de leur territoire afin d'élaborer une diversité de futurs plausibles. Un premier travail réalisé au début des ateliers, où les experts explicitaient comment ils imaginaient le futur, avait ainsi mis en évidence une assez faible diversité de visions du futur, toutes plus ou moins en continuité directe avec les dynamiques du présent.

Initialement néophytes du processus de prospective, les experts sont ensuite devenus porteurs de la méthodologie ainsi que de leurs propres résultats auprès d'un public plus large. Ainsi, les experts se sont rassemblés par deux fois bénévolement pour terminer les scénarios. Un comité de diffusion des résultats obtenus a aussi été créé, rassemblant dix d'entre eux en charge de cette dynamique de diffusion, qui a conduit à ce jour à neuf réunions, trois restitutions, et la co-écriture d'un film de présentation des scénarios, à diffuser à large échelle. Un planning d'organisation des restitutions auprès des populations et des décideurs est en cours d'élaboration.

Cette diffusion est portée par l'envie des experts de partager cette capacité à donner un sens différent au présent, acquise lors des ateliers, pour apprécier autrement l'urgence d'agir et les leviers à disposition pour ce faire. Ainsi, bien que les restitutions aient consisté à présenter les scénarios du futur, les débats qui ont suivi ont porté sur le présent, sur les actions à réaliser aujourd'hui et sur la similitude entre certains scénarios présentés et des dynamiques déjà observables sur le territoire. Ainsi, le scénario 7 « Zone minée » fait écho à la présence ancienne et toujours actuelle d'une industrie minière sur une importante partie du territoire, et le scénario 5 « La ville verte autogérée » a amené les participants à évoquer le pôle urbain de Diamniadio, aujourd'hui en plein essor. Le recours au futur a donc permis aux participants de ce travail d'anticipation de transformer des poches du futur dans le présent, qui sont actuellement des éléments isolés, en modèles dominants. Cela a fait naître des interrogations controversées sur le souhaitable et le non-souhaitable pour leur territoire.

À l'issue des premières restitutions, un questionnaire distribué aux 36 participants a montré que 96 % d'entre eux pensent qu'il est possible d'agir dès maintenant pour aller vers un futur qu'ils considèrent souhaitable.

5 Conclusion

Neuf scénarios d'évolutions plausibles de l'espace agrosylvo-pastoral de la zone sud des Niayes ont été co-élaborés par un groupe d'experts locaux lors d'ateliers de prospective territoriale. Ces scénarios ont été construits à partir de 43 facteurs de changement internes ayant une influence plus ou moins directe sur les transformations du système d'étude. L'étude approfondie des points d'inflexion révèle que la

gouvernance, les réglementations et la démographie sont les trois facteurs majeurs pouvant infléchir les trajectoires territoriales dans le temps. Elle souligne aussi l'importance d'une gouvernance inclusive pour une gestion durable des ressources naturelles et une coopération mutuellement bénéfique entre territoires ruraux et urbains. La nécessité d'avoir une société civile et des organisations professionnelles fortement structurées, ainsi que d'inclure la protection et la valorisation des ressources naturelles dans toutes les activités et à toutes les échelles, apparaît aussi comme essentielle.

Ce processus de construction de scénarios, en fournissant des éléments de réflexion à partir de l'exploration du futur, permet de donner un autre sens au présent (Miller, 2015) et de développer une posture pro-active (Godet *et al.*, 2004), afin de prendre des décisions éclairées par une compréhension de leurs implications à long terme. La phase d'utilisation des scénarios qui fait suite à ce travail d'exploration a pour but, à partir de la compréhension ou de la perception du présent qu'apportent les futurs ainsi construits, de permettre d'influencer ou d'intervenir dans les décisions.

Pour cela, une phase de communication et de diffusion à grande échelle des résultats auprès des acteurs locaux est lancée. Elle vise à utiliser ce travail d'anticipation pour encourager les populations locales à porter un nouveau regard sur le présent et à participer à la conception des programmes et des projets.

Remerciements. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une activité de recherche menée par le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) avec l'appui du Bureau d'analyses macro-économiques de l'Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA-BAME), que nous remercions. Nous remercions également le comité de pilotage, constitué du Conseil national de concertation et de coopération des ruraux (CNCR), de l'Initiative prospective agricole et rurale (IPAR) et d'Environnement et développement du Tiers-Monde-protection naturelle (ENDA PRONAT), qui soutient la démarche, ainsi que les experts qui ont co-élaboré les scénarios et qui s'impliquent activement dans la diffusion des résultats (Camara *et al.*, 2018). Nous remercions aussi chaleureusement Jérémy Bourgoïn pour son soutien et son implication durant l'organisation des ateliers. Enfin, nous remercions le Groupe de recherche et d'échange technologique (GRET) pour son investissement dans la phase de diffusion des résultats.

Références

- Alex B, Gemenne F. 2016. Impacts du changement climatique sur les flux migratoires à l'horizon 2030. Observatoire des enjeux géopolitiques de la démographie, 1. France: DGRIS, 53 p.
- Bispo A, Gabrielle B, Makowski D, El Akkari M, Bamière L, Barbottin A, *et al.* 2017. Effets environnementaux des changements d'affectation des sols liés à des réorientations agricoles, forestières ou d'échelles territoriales: une revue critique de la littérature scientifique. Paris, France: INRA-ADEME, 8 p.
- Bosc PM, Losch B. 2002. Les agricultures familiales africaines face à la mondialisation: le défi d'une autre transition. *OCL* 9: 402-408. DOI: [10.1051/oc1.2002.0402](https://doi.org/10.1051/oc1.2002.0402).
- Bourgeois R, Liswanti N, Mukasa C, Zamora A, Herawati T, Monterroso I, *et al.* 2017. Guide for co-elaboration of scenarios:

- building shared understanding and joint action for reform and security of forest tenure. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR), 70 p. DOI: [10.17528/cifor/006749](https://doi.org/10.17528/cifor/006749).
- Bricas N, Seck PA. 2004. L'alimentation des villes du Sud : les raisons de craindre et d'espérer. *Cahiers Agricultures* 13(1): 10–14.
- Camara C, Bourgeois R, Bourgoïn J, Camara A, Ciss I, Daouda GP, *et al.* 2018. Rapport des ateliers de co-construction de scénarios prospectifs pour la zone sud des Niayes. Dakar, Sénégal: CIRAD-ISRA-BAME, 50 p. DOI: [10.18167/agritrop/00433](https://doi.org/10.18167/agritrop/00433).
- CEDEAO. 2010. Politique industrielle commune de l'Afrique de l'Ouest – PICA O. *NR* : CEDEAO, 71 p.
- DGPRES. 2014. Étude du plan de gestion des ressources en eau de la sous UGP Niayes (Rapport de synthèse). Dakar, Sénégal: Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, 42 p.
- Fall ST, Fall AS. 2001. Cités horticoles en sursis? L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Sénégal. Ottawa, Canada: CRDI, 138 p.
- FAO. 2017. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2017. Mettre les systèmes alimentaires au service d'une transformation rurale inclusive. Rome, Italie: FAO, 178 p.
- Fare Y, Dufumier M, Loloum M, Miss F, Pouye A, Khastalani A, *et al.* 2017. Analysis and diagnosis of the Agrarian system in the Niayes Region, Northwest Senegal (West Africa). *Agriculture* 7(59): 25 p. DOI: [10.3390/agriculture7070059](https://doi.org/10.3390/agriculture7070059).
- Foley JA, DeFries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, *et al.* 2005. Global consequences of land use. *Science* 309: 570–574. DOI: [10.1126/science.1111772](https://doi.org/10.1126/science.1111772).
- Fourny C, Denizot D. 2007. La prospective territoriale, révélateur et outil d'une action publique territorialisée. In: Dodier R, Rouyer A, Séchet R (dir.). *Territoires en action et dans l'action*. Rennes, France: Presses universitaires de Rennes, pp. 29–44.
- Godet M, Monti R, Meunier F, Roubelat F. 2004. Cahiers du LIPSOR n° 5–La boîte à outils de prospective stratégique. Paris, France: LIPSOR-CNAM, 114 p.
- Halleux JM. 2015. Les territoires périurbains et leur développement dans le monde : un monde en voie d'urbanisation et de périurbanisation. In: Bogaert J, Halleux JM, ed. *Territoires périurbains. Développement, enjeux et perspectives dans les pays du Sud*. Gembloux, Belgique: Presses agronomiques de Gembloux, pp. 43–61.
- Lardon S, Noucher M. 2016. Construire demain par les cartes : usages de l'information géographique en prospective territoriale participative. *Cahiers de géographie du Québec* 60(170): 209–219. DOI: [10.7202/1040531ar](https://doi.org/10.7202/1040531ar).
- Loinger G, Spohr C. 2005. Prospective et planification territoriales : état des lieux et propositions. *NR* : travaux et recherches de prospective n° 24, 198 p.
- Mercandalli S, Losch B. 2018. Une Afrique rurale en mouvement. Dynamiques et facteurs des migrations au sud du Sahara. Rome, Italie: FAO-CIRAD, 60 p.
- Miller R. 2015. Learning, the future, and complexity. An essay on the emergence of futures literacy. *European Journal of Education* 50: 513–523. DOI: [10.1111/ejed.12157](https://doi.org/10.1111/ejed.12157).
- Miller R (Ed). 2018. Transforming the future. Anticipation in the 21st century. London, England: Routledge, 300 p. DOI: [10.4324/9781351048002](https://doi.org/10.4324/9781351048002).
- Mirenowicz P. 1991. Guide pour les actions et études de prospective territoriale. Paris, France: DATAR, 42 p.
- Robineau O, Dugué P. 2018. A socio-geographical approach to the diversity of urban agriculture in a West African city. *Landscape and Urban Planning* 170: 48–58. DOI: [10.1016/j.landurbplan.2017.09.010](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.09.010).
- Spohr C. 2009. Vers une prospective territoriale post-Grenelle de l'environnement. Questions et modes d'emploi. Paris, France: CGDD, 55 p.
- Temple L, Moustier P. 2004. Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cahiers Agricultures* 13(1): 15–22.
- Wade CT. 2015. Enjeux d'un aménagement du territoire autour de la ville de Dakar: quel avenir pour l'agriculture périurbaine? *AGRIDAPE, Revue sur l'agriculture durable à faibles apports externes* 31: 9–12.

Citation de l'article : Camara C, Bourgeois R, Jahel C. 2019. Anticiper l'avenir des territoires agricoles en Afrique de l'Ouest : le cas des Niayes au Sénégal. *Cah. Agric.* 28: 12.

Regard sur le modèle agricole sénégalais : pratiques foncières et particularités territoriales des moyennes et grandes exploitations agricoles

Jérémy Bourgoïn^{1,2,*}, Djibril Diop³, Djiby Dia³, Moussa Sall³, Romaric Zagré³, Quentin Grislain^{1,2} et Ward Anseeuw^{4,5,6}

¹ CIRAD, UMR TETIS, 34398 Montpellier, France

² TETIS, Univ. Montpellier, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, IRSTEA, Montpellier, France

³ Institut sénégalais de recherches agricoles, Bureau d'analyses macro-économiques, Dakar, Sénégal

⁴ CIRAD, UMR ART-DEV, 34398 Montpellier, France

⁵ ART-DEV, Univ. Montpellier, CIRAD, 34000 Montpellier, France

⁶ International Land Coalition, Rome, Italie

Résumé – L'enjeu alimentaire lié à l'augmentation démographique est au cœur des agendas internationaux de développement durable et nourrit les débats sur les transitions à entreprendre ou soutenir. Souvent défini en opposition à un modèle agro-industriel intensif et capitaliste, le modèle des agricultures familiales, ensemble de types d'exploitations et d'exploitants aux profils variés, reste difficile à considérer dans sa diversité du fait de sa constante évolution. Certains phénomènes restent peu étudiés, notamment la dynamique d'accumulation foncière d'exploitations agricoles identifiée dans certains pays d'Afrique subsaharienne. Notre contribution, basée sur des enquêtes menées au Sénégal, vise à caractériser les profils et les modalités d'accès au foncier de 1399 exploitations agricoles, concentrant le plus de terres. À l'échelle de différentes zones agro-écologiques, nous mettons en évidence que les chefs d'exploitations agricoles possédant plus de 3 hectares sont majoritairement issus de la localité d'origine, cultivent des terres familiales et investissent dans l'agriculture des revenus issus de cette même activité. Globalement, ces exploitations agricoles ne semblent pas inféodées à une dynamique de gentrification, caractérisée par les investissements d'élites urbaines et rurales, souvent non issues du monde agricole, et faisant l'acquisition de terres grâce à des revenus non agricoles. Concernant les dynamiques foncières, les enquêtes montrent que la majorité des terres reste sous occupation coutumière bien que les territoires ruraux soient en constante évolution. Dans un contexte où les pouvoirs publics insistent sur les besoins d'intensification agricole, à travers la promotion de l'entreprenariat privé et du secteur agro-industriel, il est crucial d'avoir une bonne compréhension de la diversité des formes d'exploitations agricoles. Cela est d'autant plus nécessaire qu'une réforme foncière est en cours et qu'elle contribuera à redéfinir les contours du modèle agricole, entre volontés productivistes et exigences de durabilité et d'équité.

Mots clés : Sénégal / agriculture / accès à la terre / droits fonciers / politique foncière

Abstract – **A look at the Senegalese agricultural model: land practices and territorial specificities of medium and large-scale farms.** The food issue related to population growth is at the heart of international sustainable development agendas and feeds the debates on the transitions to be undertaken or supported. Often defined in opposition to an intensive and capitalist agro-industrial pathway, the family farming model, which encompasses a set of farm types and farmers with varied profiles, remains difficult to consider in all its diversity due to its constant evolution. Some phenomena remain little studied, in particular the dynamics of land accumulation on farms identified in some sub-Saharan African countries. Our contribution, based on surveys conducted in Senegal, aims to characterize the profiles and modalities of access to land of 1399 farms, with the highest land concentration. At the scale of different agro-ecological zones, we show that the heads of farms with more than 3 hectares are mostly originating from the locality, cultivate family

* Auteur de correspondance : jeremy.bourgoïn@cirad.fr

land and invest in agriculture income from this same activity. On the whole, these farms do not seem to be subject to a gentrification dynamic, characterized by investments by urban and rural elites, often not coming from the agricultural world, and who acquire land with non-agricultural income. With regard to land dynamics, surveys show that the majority of land remains under customary occupation although rural territories are in constant evolution. In a context where public authorities are emphasizing the need for agricultural intensification, through the promotion of private entrepreneurship and the agro-industrial sector, it is crucial to have a good understanding of the diversity of farm forms. This is all the more necessary as a land reform is under way and will help redefine the contours of the agricultural model, between productivity and the demands of sustainability and equity.

Keywords: Senegal / agriculture / land access / land rights / land policies

1 Introduction

Au Sénégal, comme dans la majeure partie des pays d'Afrique de l'Ouest, les stratégies nationales de développement considèrent l'appui à l'agriculture familiale comme le principal moyen d'atteindre des objectifs de croissance agricole à même de répondre aux enjeux actuels et futurs de sécurité et souveraineté alimentaire (NEPAD, 2003). Cependant, les moyens mis à disposition des exploitations agricoles sont rarement en adéquation avec les discours portés (Sourisseau, 2014). En compétition avec d'autres formes de modèles agricoles et d'autres secteurs d'activité dans un contexte de libéralisation des marchés (Fig. 1), les exploitations agricoles familiales souffrent aussi d'un manque de reconnaissance dans leur diversité, sous-représentée dans les statistiques nationales (Barral *et al.*, 2014). Souvent défini en opposition à un modèle agro-industriel intensif et capitaliste, le modèle des agricultures familiales est pourtant un ensemble diversifié d'exploitations aux caractéristiques variées (Sourisseau *et al.*, 2012). La mise en évidence de nouvelles dynamiques, comme l'accumulation foncière de la part d'investisseurs de taille moyenne, identifiée par Jayne *et al.* (2014) dans certains pays africains, nécessite d'approfondir les recherches sur les exploitations agricoles. Au Sénégal, cette dynamique n'a pas fait l'objet d'études spécifiques à ce jour et les recensements disponibles pour le secteur agricole datent de 1998. Pourtant, des éléments de diagnostic quantifiant son ampleur et ses caractéristiques seraient essentiels au processus de réforme foncière relancé depuis 2012. Piloté par la Commission nationale de réforme foncière (CNRF), ce processus a abouti en 2016 à l'élaboration d'une proposition de politique foncière. Au-delà de grands principes et orientations visant à sécuriser un accès équitable à la terre, le document de politique foncière ne permet pas de nuancer les considérations d'accès à la terre au regard de la diversité d'acteurs qui composent le monde agricole (CNRF, 2016). En complément des travaux d'identification des dynamiques foncières des exploitations agro-industrielles à capitaux étrangers (Bourgoin *et al.*, 2019) et d'analyses structurelles des exploitations familiales (FONGS, 2013), notre contribution vise à caractériser les profils et les modalités d'accès au foncier d'exploitations concentrant le plus de terres. Nos travaux se basent sur des enquêtes menées auprès de 1399 exploitations agricoles sénégalaises de plus de 3 hectares (excluant les agro-industries ou exploitations à capitaux étrangers), sélectionnées dans une base de sondage de plus de 8900 exploitations constituée au préalable et identifiant les

caractéristiques d'exploitations réparties dans différentes zones agro-écologiques du pays. La sélection des exploitations à étudier s'est faite sur la base des superficies possédées pour permettre l'analyse du lien entre concentration foncière et modalités d'accès à la terre. Les résultats identifiant les profils et les stratégies d'accès et d'usage des terres de ces exploitations nous permettent dans une dernière partie de discussion de mettre en perspective les pratiques foncières observées et leurs particularités issues de dynamiques territoriales spécifiques.

2 Méthodes

2.1 Contexte agricole et foncier au Sénégal

Au Sénégal, l'agriculture représente le principal secteur d'emploi et mobilise près de 70 % de la population active. Son poids dans le secteur primaire est passé de 41 % en 2007 à 64 % en 2017 (RCSA, 2017). La contribution de ce secteur au produit intérieur brut est en légère augmentation sur cette même période, passant de 13 % à 15 %. Les derniers recensements de population montrent que 70 % des exploitations agricoles sont de petites exploitations familiales dont les superficies sont inférieures à 5 hectares (ANSD, 2014). La poursuite de la croissance du secteur agricole est mise en œuvre par les pouvoirs publics au travers de programmes sectoriels, comme le récent Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise de 2013. La gestion du foncier au Sénégal, notamment en zone rurale, est régie par la loi n° 64-46 du 17 juin 1964 relative au domaine national (DN), qui fait l'originalité du système foncier sénégalais. Les terres n'appartiennent ni à l'État, ni aux collectivités territoriales, ni aux usagers, mais à la « Nation ». Elles sont inaliénables, intransmissibles, incessibles et elles ne peuvent être transférées que dans le domaine privé de l'État par voie d'immatriculation. Cette opération donne ensuite accès à des droits réels (*e.g.* titre foncier ou bail). Les collectivités locales ont la responsabilité de l'affectation/désaffectation des terres du domaine national pour les activités rurales. Jamais réformé, ce système est aujourd'hui remis en cause en raison de sa faible capacité à sécuriser les investissements étrangers et de l'impossibilité du développement d'un marché foncier officiel (CNRF, 2016).

2.2 Échantillonnage et collecte de données

L'étude de terrain réalisée au Sénégal se base sur les cadres conceptuels développés par Anseuw *et al.* (2016)



Fig. 1. Mise en évidence de différentes formes de modèles agricoles dans le Delta du fleuve Sénégal.
Fig. 1. Highlighting different forms of agricultural models in the Senegal River Delta.

et Jayne *et al.* (2016), associant l'analyse des modèles d'accumulation de terres et des trajectoires agricoles pour l'étude socio-économique des exploitations agricoles de taille moyenne. Pour examiner les potentielles stratégies d'accumulation et identifier les trajectoires agricoles, nous avons combiné l'analyse des modalités d'accès et d'usage des terres agricoles avec l'identification des pratiques des exploitations agricoles familiales, organisations socio-économiques de base (Benoit-Cattin, 2007). Pour que nos résultats permettent la mise en évidence de profils d'exploitations ayant accumulé des terres, nous avons considéré les exploitations ayant au moins 3 hectares de terres possédées. Ce seuil a été fixé en prenant en compte les statistiques agricoles disponibles, qui estimaient que 69,8 % des exploitations disposent d'un domaine foncier dont la taille est comprise entre 1 à 5 hectares (ANSD, 2014).

L'enquête, réalisée en 2016 et 2017, a intégré deux phases distinctes :

- une première phase exploratoire a consisté à recenser les exploitations agricoles de villages sélectionnés, pour identifier les superficies possédées ou exploitées, les spéculations cultivées et les moyens matériels de production. L'échantillonnage a été réalisé sur la base du recensement national des villages (accessible en ligne sur basegeo.gouv.sn) et par stratification proportionnelle aux différentes zones agro-écologiques ;
- une phase d'enquêtes a été menée auprès d'exploitations sélectionnées selon un seuil minimum de 3 hectares. Ce second échantillon a été obtenu par stratification

proportionnelle à la densité de population des zones agro-écologiques (Tab. 1).

La première phase d'enquête a été réalisée auprès de 140 villages et 8914 exploitations agricoles. La deuxième sélection n'a retenu que 15,7 % des exploitations, soit 1399 (Fig. 2). Compte tenu de l'objectif de l'analyse, qui est de mettre en évidence un rapport entre superficies possédées et profils d'exploitations, nous avons défini des classes de superficies possédées grâce à une analyse statistique combinant l'analyse des quartiles et des déciles (Tab. 2).

3 Résultats

3.1 Pratiques foncières et profils des chefs d'exploitations étudiées

Selon les résultats de l'échantillonnage, 62 % des exploitations de plus de 3 hectares se concentrent dans les zones du Bassin arachidier et de la Casamance. Les classes [3-5[et [10-17[hectares correspondent chacune à 21 % des observations, la classe [5-10[à 48 % et la dernière classe compte 10 % des observations (Tab. 2). Concernant le profil sociodémographique des exploitants, l'enquête montre que 81 % d'entre eux sont nés au village et y résident (catégorie 1 : nés au village), 16 % n'y sont pas nés mais y ont passé toute leur vie (catégorie 2 : résidents naturalisés ou intégrés dans le tissu social), et 3 % ne sont pas nés dans le village et n'y

Tableau 1. Comparaison synthétique des zones agro-écologiques considérées.

Table 1. Summary comparison of the agro-ecological areas considered.

Zone agro-écologique	Caractéristiques administratives	Climat	Systèmes de production
Delta du fleuve Sénégal	Région de Saint-Louis, une partie de la région de Louga	Domaine climatique sahélien, faibles précipitations de 100 mm/an	Aménagements hydro-agricoles coexistant avec des cultures pluviales, de décrue et agro-pastoralisme
Niayes	Bande de terre de 180 km de long et de 5 à 30 km de large sur quatre régions administratives de Dakar à Saint-Louis	Précipitations abondantes de 500 à 300 mm/an	Production agricole périurbaine intensive : 80 % de la production nationale en horticulture
Bassin arachidier	Zone historique au centre-ouest du pays	Précipitations comprises entre 500 et 1000 mm/an	Cultures pluviales de mil et arachide (essentiel de la production nationale)
Casamance	Zone la plus méridionale	Climat soudano-guinéen, précipitations supérieures à 800 mm/an	Activités rizicoles (bas-fonds) associées aux cultures pluviales et petits périmètres maraîchers et horticoles
Sénégal oriental	Régions administratives de Kolda, Kédougou, Sédhiou et le département de Tambacounda	Climat soudanien, pluviométrie supérieure à 800 mm	Cultures de rente (coton, arachide) associées à la riziculture, mil/sorgho, maïs

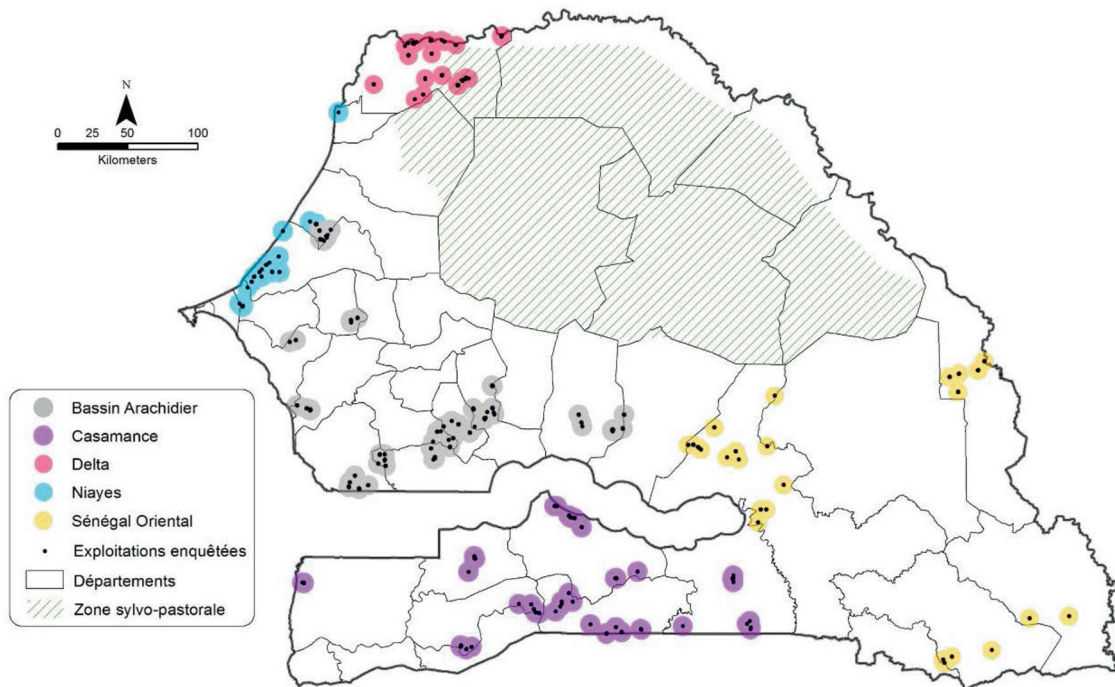


Fig. 2. Localisation des exploitations étudiées.

Fig. 2. Location of the farm surveyed.

résident pas (catégorie 3 : exploitants non résidents). Les exploitants de la catégorie 1 possèdent et cultivent 80 % des terres, alors que ceux de la catégorie 2 possèdent et cultivent respectivement 18 et 17 % des terres. Enfin, les exploitants de la catégorie 3 ne possèdent que 2 % des terres et n'en cultivent que 3 %. Ces derniers sont principalement recensés dans la zone du Bassin arachidier (Tab. 4). Cela est notamment dû au dynamisme de certains opérateurs privés nationaux qui

investissent dans le secteur agricole, et de chefs religieux qui créent de nouveaux villages et écoles coraniques (Ba *et al.*, 2018). Nous constatons aussi que la zone du Delta du fleuve Sénégal, qui concentre de nombreux investissements agro-industriels de firmes étrangères, ne connaît que peu d'arrivées d'investisseurs sénégalais non résidents (Tab. 4).

Nous constatons que, quelles que soient leurs superficies, les terres semblent appartenir à des agriculteurs issus des

Tableau 2. Identification des classes de superficies possédées.**Table 2.** Identifying classes of owned land.

Quartiles et déciles (%)	10	25	50	75	90
Superficie possédée (ha)	3,5	5	7	10	17

Tableau 3. Principaux indicateurs définis par classes de superficies.**Table 3.** Main indicators defined by area classes.

	Classes de superficies possédées (hectares)			
	[3-5[[5-10[[10-17[>= 17
<i>Origine (pourcentage des exploitations)</i>				
Catégorie 1 : nés au village	80	82	81	81
Catégorie 2 : résidents naturalisés	17	15	18	18
Catégorie 3 : exploitants non résidents	3	3	1	1
<i>Main-d'œuvre (pourcentage du nombre de personnes [nombre de personnes par ha])</i>				
Familiale	52 [3,34]	39 [0,47]	40 [0,18]	63 [0,04]
Non familiale à plein temps	5 [0,31]	3 [0,04]	5 [0,02]	15 [0,01]
Non familiale temporaire	43 [2,73]	58 [0,69]	55 [0,25]	22 [0,01]
<i>Principale source de mécanisation (pourcentage)</i>				
Location/emprunt de tracteurs	17	18	20,3	22,5
Propres tracteurs	0,5	0,2	0,8	3,1
Location/emprunt d'animaux	11,9	9,9	5,6	0,8
Propres animaux	70,6	71,9	73,3	73,6
<i>Statut juridique des terres (pourcentage des surfaces totales)</i>				
Titre foncier	0,5	0,7	0,9	0,6
Location	0,6	0,5	0,6	0,2
Bail	2,4	1,6	1,3	0
Affectation par la commune	5,1	5,4	7,5	11,4
Sans document juridique	91,5	91,8	89,7	87,8

localités (Tab. 3). Au-delà de leur origine, les enquêtes permettent aussi de renseigner les types d'emplois des chefs d'exploitations. Ainsi, il apparaît que 89 % des terres appartiennent à des chefs d'exploitations en auto-emploi agricole.

Les exploitations étudiées sont caractérisées par le recours à une main-d'œuvre très majoritairement familiale, ainsi que par un faible niveau de mécanisation. En effet, les exploitations utilisent principalement une main-d'œuvre familiale, appuyée par des employés temporaires. À la différence de ce qui est démontré dans d'autres études (Sitko et Jayne, 2014 ; Anseeuw *et al.*, 2016 ; Jayne *et al.*, 2016), l'augmentation des superficies cultivées ne s'accompagne pas d'un recours accru à une main-d'œuvre non familiale à temps plein (Tab. 3, main-d'œuvre par hectare). La mécanisation se traduit principalement par l'usage de matériels attelés : en moyenne plus de 72 % des exploitants interrogés utilisent leurs propres animaux (chevaux, ânes, bœufs), avec un écart-type très faible de 1,4 sur les différentes classes de superficies considérées. Les effets de classes se constatent sur la location ou l'emprunt d'animaux pour les travaux au champ, ainsi que pour l'accès à la traction motorisée. En effet, plus les classes de superficies augmentent, plus les exploitations remplacent la location d'animaux par l'acquisition de tracteurs (Tab. 3). Le recours à l'emploi hors cercle familial ne se fait que dans les zones du Delta et du Bassin arachidier, où l'intensité des productions et

l'importance des surfaces cultivées nécessitent périodiquement l'utilisation d'une main-d'œuvre externe à la famille.

3.2 Statut foncier et modalités d'accès à la terre

Sur l'échantillon considéré, plus de 90 % des terres sont sous occupation coutumière (sans document juridique) et seulement 6 % font l'objet d'une affectation foncière par la commune. Cela confirme qu'en milieu rural, la majeure partie des acteurs n'ont pas de droits formalisés (avec un acte administratif ou un titre de propriété) sur les terres occupées. La reconnaissance sociale constitue leur seule garantie ou sécurité sur ces terres. Les baux et titres fonciers, principaux droits fonciers réels, ne concernent respectivement que 1,4 % et 0,6 % des terres occupées. Des différences existent dans les différentes zones agro-écologiques (Tab. 4). Par exemple, la zone du Delta enregistre une importante proportion d'affectations foncières et comparativement moins de terres sans documents juridiques. Dans cette zone, de nombreux projets de développement accompagnent les collectivités locales et les exploitants agricoles pour formaliser leurs occupations foncières traditionnelles. Le même constat s'observe en désagrégeant les résultats par classes de superficies possédées (Tab. 3). Pour toutes les classes, l'occupation coutumière est largement représentée (entre 87 et 92 % des superficies

Tableau 4. Principaux indicateurs définis par zones agro-écologiques.
Table 4. Main indicators defined by agro-ecological zones.

	Bassin arachidier	Casamance	Delta	Niayes	Sénégal oriental
<i>Origine (pourcentage des exploitations)</i>					
Autochtones	78,1	78,7	95,8	86	73,3
Résidents naturalisés	17	19,2	3,7	12,4	25,1
Exploitants non résidents	5	2,1	0,5	1,6	1,6
<i>Principale source de mécanisation (pourcentage)</i>					
Location/emprunt de tracteurs	3,5	4,1	82	22,5	4,1
Propres tracteurs	0,3	0,3	3	0	0
Location/emprunt d'animaux	6,1	16,2	1,5	1,4	9,5
Propres animaux	90,1	79,4	13,5	76,1	86,4
<i>Statut juridique des terres (pourcentage des surfaces totales)</i>					
Titre foncier	0,7	0,6	0,6	0,3	0,9
Location	0,5	0	3,5	0	0,3
Bail	0	0	15,9	0,5	0,2
Affectation par la commune	3,1	0,8	47,3	11	0,2
Sans document juridique	95,7	98,7	32,9	88,3	98,4
<i>Origine du capital foncier (pourcentage des exploitations)</i>					
Terres familiales	90,7	72,7	92,1	79,1	84,5
Hors famille, revenus agricoles	5,8	12,5	2,3	3,1	9,1
Hors famille, revenus non agricoles	0,8	1	2,8	0,8	0

référéncées), alors que très peu d'acteurs disposent de droits réels sur les terres. L'héritage et le don de terre restent les modalités privilégiées pour l'accès à de futures terres (46% des exploitants interrogés), alors que la location ou l'achat sont envisagés par respectivement 25% et 20% des exploitants interrogés.

Les affectations foncières effectuées par les collectivités locales concernent principalement des superficies relativement limitées. Dans les cas où le statut juridique de la terre a changé, 68,75% des chefs d'exploitations interrogés déclarent avoir bénéficié d'une affectation foncière obtenue au niveau de la commune, alors que 28% d'entre eux ont eu recours à une régularisation. Cette pratique de sécurisation réalisée par les collectivités locales, quoi qu'en dehors des cadres juridiques, a pour objectif de formaliser les occupations informelles à la demande des exploitants. Les titres fonciers et les baux sont quant à eux plus marginaux (moins de 2%).

L'examen des facteurs qui permettent aux acteurs de posséder des terres montre que l'acquisition de terres se fait quasi exclusivement au sein du patrimoine familial, à l'exception de 7,3% des chefs d'exploitations interrogés pour lesquels l'acquisition s'est faite en dehors du cercle familial par achat (principalement dans la zone des Niayes), par location (dans la zone du Bassin arachidier) ou par don (dans la zone du Delta). Seuls 1% des exploitants interrogés ont investi des revenus issus d'activités non agricoles pour accéder à la terre. Les origines du capital foncier ne sont pas les mêmes en fonction des zones agro-écologiques (Tab. 4). On observe que les investissements réalisés à partir d'activités non agricoles sont très faibles et ne concernent principalement que la zone du Delta et la zone de la Casamance. Cette dernière est marquée par la présence de migrants (autorités religieuses et opérateurs économiques) provenant principalement du Bassin arachidier.

4 Discussion

Des études récentes réalisées en Afrique mettent en évidence une accumulation foncière au profit d'élites urbaines et rurales, souvent non issues du monde agricole (Sitko et Jayne, 2014 ; Anseeuw *et al.*, 2016 ; Jayne *et al.*, 2016). Les résultats de nos enquêtes au Sénégal montrent qu'en termes de profils, les chefs des exploitations agricoles de plus de 3 hectares possédés sont majoritairement issus de la localité d'origine, cultivent des terres familiales sous occupation coutumière et investissent dans l'agriculture des revenus issus de cette même activité. Globalement, les exploitations étudiées ne semblent pas inféodées à une dynamique de gentrification, caractérisée par l'émergence d'une catégorie d'investisseurs non issus du monde agricole (López-Morales, 2018). Nos résultats mettent aussi en évidence certaines tendances concernant les pratiques foncières. Depuis les années 2000, les politiques publiques d'inspiration libérale ont appuyé une dynamique d'intensification agricole à travers la promotion du secteur agro-industriel. Dans la littérature, ces politiques sont souvent accompagnées d'une volonté de formalisation de droits individuels considérés comme un prérequis du développement de la compétitivité des exploitations agricoles. À l'échelle nationale, ce phénomène semble rester marginal, la majorité des terres restant sous occupation coutumière. Ces particularités pourraient s'expliquer par le fait qu'après l'indépendance du pays, les autorités ont décidé de privilégier une appropriation communautaire de la terre. Depuis 1964, le Sénégal a ainsi fait le choix d'une « sécurité foncière » sans propriété privée par la décapitalisation de la terre. Exposé par Loehr (2012), le principe de décapitalisation associe un droit d'usage précaire à la terre, révocable pour cause d'intérêt général ou public, en vue d'éviter la marchandisation du foncier et les stratégies rentières. En théorie, la décapitalisation

faciliterait l'accès à la terre pour les plus vulnérables, notamment les communautés pratiquant des usages coutumiers, au-delà de toute considération d'efficience et de recherche de profit. Cette caractéristique du foncier sénégalais pourrait expliquer les faibles niveaux d'appropriation privative et de gentrification observés dans l'étude.

Comme le référencent certains auteurs, ces particularités peuvent aussi s'expliquer par le rôle déterminant des organisations professionnelles agricoles (de Janvry et Sadoulet, 2004 ; Mercoiret, 2006). Dès les années 2000, le Sénégal a notamment été fortement impliqué dans la création du Réseau des organisations paysannes et des producteurs agricoles d'Afrique de l'Ouest. Ce réseau contribue aux débats sous-régionaux sur les enjeux de sécurisation foncière des exploitations familiales en ouvrant des cadres de dialogue. Au niveau national, le Conseil national de concertation et de coopération des ruraux (CNCR), confédération de fédérations paysannes créée en 1993, est moteur depuis 2015 de l'Observatoire national de la gouvernance foncière, outil de diagnostic et de plaidoyer pour la sécurisation foncière des exploitations familiales. Le CNCR accompagne aussi ces exploitations à s'engager sur la voie de l'entrepreneuriat au travers des actions de son bras technique et fournisseur de services, l'Association sénégalaise pour la promotion du développement par la base. Celle-ci favorise ainsi l'entrepreneuriat agricole par l'appui à la production agricole et la sécurisation foncière, ainsi que le développement de mécanismes de solidarité. Les organisations de producteurs, et notamment le CNCR, continuent de jouer un rôle majeur dans la conception des politiques publiques, comme la loi d'orientation agro-sylvo-pastorale adoptée en 2004 qui permet la mise en place de fonds d'appui au monde agricole. Cet engagement des structures de la société civile contribue à ce que les exploitations agricoles familiales puissent répondre aux défis du développement agricole.

En 2016, la CNRF a finalisé une proposition de politique foncière soumise au Président de la République, avant d'être dissoute en 2017 (décret n° 2017-998 du 16 mai 2017). Ce processus de réforme foncière entamé en 2012 reste donc dans l'attente d'un versant législatif, opérationnalisant la vision, les axes stratégiques et les orientations de réforme proposées. Les choix politiques à venir auront un impact fort sur le devenir du modèle agricole sénégalais, et ils devront prendre en compte certaines particularités territoriales. En effet, si une transition agraire capitaliste n'est pas la norme à l'échelle nationale, nous montrons qu'elle apparaît associée à des dynamiques territoriales singulières dans les zones proches du corridor urbain des régions de Dakar, Thiès et Diourbel, du bassin de production horticole de la zone des Niayes, et des espaces irrigués du Delta du fleuve Sénégal. Identifiés comme hub de production pour les filières prioritaires (riz, horticulture, maraîchage), ces territoires reçoivent, depuis plusieurs décennies, des appuis financiers et techniques qui augmentent une attractivité déjà liée à la proximité des centres économiques, des infrastructures et des services. Ces zones connaissent aussi une progression croissante de la présence de firmes agro-industrielles à capitaux étrangers (Bourgoin *et al.*, 2019), qui suscite de nombreuses critiques et contestations contre l'accaparement des terres, mais génère aussi de l'intérêt quant aux synergies et complémentarités pouvant être développées avec l'agriculture familiale. Dans la mesure où une réforme foncière viendra renforcer une stratégie de

transformation de l'agriculture, les organisations professionnelles agricoles engagées dans le processus de réforme devront s'assurer que les orientations choisies en termes de formalisation des pratiques puissent être accompagnées de cadres porteurs d'intérêt général, de cohésion sociale et d'exploitation durable et équitable des ressources foncières.

5 Conclusion

Au Sénégal, les espaces agricoles restent majoritairement investis par des agriculteurs issus de leur localité d'origine et du monde agricole en général. Les spécificités du régime foncier sénégalais font que les injonctions de formalisation des droits fonciers portées par le monde du développement n'ont quasiment pas altéré le rapport à la terre des agriculteurs. Cependant, le système foncier actuel connaît de nombreuses limites liées à une faible mise en application des lois et décrets relatifs aux projets de réformes qui se sont succédés depuis 1964, ainsi qu'à la non-prise en compte de dynamiques nouvelles comme l'arrivée de firmes agro-industrielles dans certaines zones attractives du pays. La dissolution de la CNRF n'a pas clôt les débats sur l'orientation de la réforme. Les trajectoires sont multiples entre volonté de décapitaliser les terres, promotion d'une formalisation foncière au profit du marché à travers une immatriculation généralisée des terres et volonté de sécuriser le patrimoine foncier national. Toutefois, au-delà des finalités productivistes, les propositions de réforme devront aussi porter l'ambition d'intégrer les enjeux d'intérêt général, de cohésion sociale, et d'exploitation durable et équitable des ressources foncières.

Références

- ANSD. 2014. Grand recensement 2013, rapport définitif. Agence nationale de la statistique et de la démographie. Dakar, République du Sénégal: Ministère de l'Économie, des Finances et du Plan, 417 p.
- Anseeuw W, Jayne T, Kachulen R, Kotsopoulos J. 2016. The quiet rise of medium-scale farms in Malawi. *Land* 5(19): 22 p.
- Ba CO, Bourgoin J, Diop D. 2018. Les migrations rurales dans la dynamique migratoire sénégalaise. La fluidité des mobilités internes en réponse aux contraintes locales. Rome: FAO, CIRAD, 28 p.
- Barral S, Piroux M, Sourisseau J-M., Valette E. 2014. Contribuer aux dynamiques territoriales. In: Sourisseau J-M, ed. *Agricultures familiales et monde à venir*. Versailles, France: Quae, pp. 111-128.
- Benoit-Cattin M. 2007. L'agriculture familiale et son développement durable. *Économie rurale* 300: 120-123.
- Bourgoin J, Valette E, Guillouet S, Diop D, Dia D. 2019. Improving transparency and reliability of tenure information for improved land governance in Senegal. *Land* 8(3): 17 p.
- CNRF. 2016. Document de politique foncière. Dakar, Sénégal: Commission nationale de réforme foncière, 35 p.
- de Janvry A, Sadoulet E. 2004. Organisations paysannes et développement rural au Sénégal. Washington DC, USA: Banque mondiale, 94 p.
- FONGS. 2013. Les exploitations familiales sénégalaises investissent et se modernisent. Dakar, Sénégal: Fédération des organisations non gouvernementales du Sénégal, 69 p.
- Jayne TS, Chamberlin J, Headey DD. 2014. Land pressures, the evolution of farming systems, and development strategies in Africa: a synthesis. *Food Policy* 48: 1-17.

- Jayne TS, Chamberlin J, Traub L, Sitko N, Muyanga M, Yeboah FK, *et al.* 2016. Africa's changing farm size distribution patterns: the rise of medium-scale farms. *Agricultural Economics* 47: 197–214.
- Loehr D. 2012. Capitalization by formalization? – Challenging the current paradigm of land reforms. *Land Use Policy* 29: 837–845.
- López-Morales E. 2018. A rural gentrification theory debate for the Global South? *Dialogues in Human Geography* 8(1): 47–50.
- Mercoiret M-R. 2006. Les organisations paysannes et les politiques agricoles. *Afrique contemporaine* 217(1): 135–157.
- NEPAD. 2003. Comprehensive African agriculture development program. Pretoria, South Africa: New Partnership for African Development, 116 p.
- RCSA. 2017. Revue conjointe du secteur agricole 2017. Dakar, Sénégal: Direction de l'analyse, de la prévision et des statistiques agricoles (DAPSA), 128 p.
- Sitko N, Jayne TS. 2014. Structural transformation or elite land capture? The growth of “emergent” farmers in Zambia. *Food Policy* 48: 194–202.
- Sourisseau J-M, Bosc P, Fréguin-Gresh S, Bélières J, Bonnal P, Le Coq J, *et al.* 2012. Les modèles familiaux de production agricole en question. Comprendre leur diversité et leur fonctionnement. *Autrepart* 62(3): 159–181.
- Sourisseau J-M. 2014. Agricultures familiales et mondes à venir. Versailles, France: Quae, 360 p.

Citation de l'article : Bourgoïn J, Diop D, Dia D, Sall M, Zagré R, Grislain Q, Anseeuw W. 2020. Regard sur le modèle agricole sénégalais : pratiques foncières et particularités territoriales des moyennes et grandes exploitations agricoles. *Cah. Agric.* 29: 18.

Early effects of the COVID-19 outbreak on the African dairy industry: Cases of Burkina Faso, Kenya, Madagascar, and Senegal

Eric Vall^{1,16,*}, John Mburu², Asaah Ndambi³, Cheikh Sall⁴, Astou Diaw Camara⁴, Anna Sow^{5,16}, Koki Ba⁴, Christian Corniaux^{1,16}, Arona Diaw⁶, Djibril Seck⁷, Mathieu Vigne^{8,16}, Sarah Audouin^{9,16}, Lovaniaina Jean Elisée Rakotomalala¹⁰, Lynah Nirina Rakotonoely¹⁰, Flavio Dias Ferreira¹¹, Erica Véromalalanirina¹¹, Mahery Rajaonera¹², Souleymane Ouédraogo¹³, Etienne Sodrè¹³, Idrissa Tall¹⁴, Madeleine Diallo Ilboudo¹⁵ and Guillaume Duteurtre^{1,16}

¹ CIRAD, UMR SELMET, F-34398 Montpellier, France

² Department of Agricultural Economics, University of Nairobi, Nairobi, Kenya

³ Wageningen University & Research, Wageningen, The Netherlands

⁴ ISRA, LNERV, Front de Terre, Hann Mariste, BP 2057, Dakar, Senegal

⁵ CIRAD, UMR SELMET, Dakar, Senegal

⁶ Laiterie du Berger, BP 24001, Ouakam, Dakar, Senegal

⁷ Kirène, SIAGRO, BP 7020, Dakar, Senegal

⁸ CIRAD, UMR SELMET, Antsirabé 110, Madagascar

⁹ CIRAD, UMR INNOVATION, Antsirabé 110, Madagascar

¹⁰ FIFAMANOR, BP 198, Antsirabé 110, Madagascar

¹¹ SOCOLAIT, BP 206, Route Mandaniresaka, Antsirabé 110, Madagascar

¹² SODIMILK, Saharoalahoha, Antsirabé 1, Madagascar

¹³ INERA, Station de Farako-Bâ, 01 BP 910, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

¹⁴ Plateforme lait de Banfora, Banfora, Burkina Faso

¹⁵ Bonnet Vert, BP 179, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

¹⁶ Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

Abstract – This paper provides an early assessment of the effects of the COVID-19 outbreak and of subsequent response measures on milk production, collection, processing, marketing and consumption in Africa. We focus on the period surrounding the first wave of the outbreak (from February to June 2020), during which the number of cases surged and many steps were taken to curb the epidemic. The paper is based on reports from four countries covered by the Africa-Milk Research Project: Burkina Faso, Kenya, Madagascar and Senegal. Data was collected primarily from nine dairy processors located in those countries. Major conclusions of the study are: (1) Dairy farmers were negatively affected by COVID-19 measures when the health crisis coincided with the peak of the milk production season, and when governments did not take steps to support milk production. (2) Small and informal milk collectors were also affected by traffic restrictions as they could not obtain traffic permits. (3) Milk powder importation remained unaffected during the outbreak. (4) Dairy processors (particularly small ones) faced many challenges restricting their operation. Travel restrictions led to temporary interruptions of milk supply, and because of employee protection and safety measures, processing costs increased. (5) Many small retailers were affected by bans on public transport and reduced their purchases of artisanal dairy products; meanwhile, spoilage of dairy products increased during long curfews coupled with poor storage conditions. Supermarkets were able to increase their market share during the pandemic thanks to their connections with industrial dairy processors and wholesalers. (6) A majority of consumers decreased their consumption of dairy products due to a decrease of purchasing power. In some cases, an increase in consumption occurred (due to Ramadan month and dry season high temperatures) and consumption shifted towards long-life dairy products. (7) Overall, the consequences of the health crisis affected more small and informal dairy supply chains than the larger ones, which are more formal, better organised and finally more resilient to face this kind of global crisis.

*Corresponding author: eric.vall@cirad.fr

Keywords: Milk production / milk collection / milk processing / COVID-19 / Africa

Résumé – Premiers effets de la pandémie de COVID-19 sur l’industrie laitière africaine : exemples du Burkina Faso, du Kenya, de Madagascar et du Sénégal. Cet article présente une évaluation préliminaire des effets de l’épidémie de COVID-19 et des mesures sanitaires mises en place sur la production, la collecte, la transformation, la commercialisation et la consommation du lait en Afrique. L’étude s’est concentrée sur la période correspondant à la première vague de l’épidémie (de février à juin 2020), au cours de laquelle le nombre de cas a augmenté et de nombreuses mesures ont été prises pour enrayer l’épidémie. L’article est basé sur des informations en provenance de quatre pays couverts par le projet de recherche *Africa-Milk* : le Burkina Faso, le Kenya, Madagascar et le Sénégal. Les données ont été collectées principalement auprès de neuf laiteries situées dans ces pays. Les principaux résultats sont les suivants. (1) Les producteurs de lait ont été gravement touchés par les mesures contre la COVID-19 lorsque la crise sanitaire a coïncidé avec le pic de la saison de production laitière et lorsque les gouvernements n’ont pas pris de mesures pour soutenir la production laitière. (2) Les petits collecteurs de lait informels ont été gravement touchés par les restrictions de déplacement car ils ne pouvaient pas obtenir de permis de circulation. (3) Aucun problème important n’a été signalé dans l’importation de lait en poudre pendant l’épidémie. (4) Les laiteries, en particulier les plus petites, ont dû faire face à de nombreux défis pour continuer à fonctionner pendant la crise sanitaire, en raison des contraintes de déplacement entraînant des interruptions temporaires de l’approvisionnement en lait, et en raison des mesures de protection et de sécurité de leurs employés qui ont augmenté les coûts de transformation. (5) De nombreux petits détaillants ont été touchés par l’interdiction des transports publics et ont réduit leurs achats de produits laitiers artisanaux ; leurs pertes de produits laitiers ont augmenté pendant les longs couvre-feux combinés à de mauvaises conditions de stockage. Les supermarchés ont pu augmenter leur part de marché pendant la pandémie en raison de leurs liens avec les circuits industriels et les grossistes. (6) Une majorité de consommateurs ont diminué leur consommation de produits laitiers en raison d’une perte de pouvoir d’achat. Dans certains cas, une augmentation de la consommation s’est produite (en raison du Ramadan et de la canicule) et la consommation s’est déplacée vers les produits laitiers de longue conservation. (7) Dans l’ensemble, les conséquences de la crise sanitaire ont plus durement touché les petites chaînes d’approvisionnement laitières informelles que les grandes chaînes d’approvisionnement laitières, mieux organisées et plus résilientes face à une telle crise.

Mots clés : Production du lait / collecte du lait / transformation du lait / COVID-19 / Afrique

1 Introduction

The milk industry is an important component of the agri-food economy in Africa. Over the last 50 years, the total consumption of milk products in Africa rose from 8.1 to 44.1 million tonnes of liquid milk equivalent (FAO, 2020). This growth is particularly pronounced in African cities where dietary habits are rapidly changing. Milk also represents an important part of small farmers’ livelihoods, in particular in pastoral and agro-pastoral regions (Richard *et al.*, 2019).

This sector, however, has been reported to suffer heavily since the first COVID-19 case was reported in Africa on the 14th of February, 2020. The continent recorded 201 157 confirmed cases by the 9th of June, 2020, including 5486 deaths. All countries on the continent were affected (WHO, 2020). Three months later, those figures had jumped to 1 314 148 confirmed COVID-19 cases and 31 706 deaths. In October 2020, the World Health Organisation (WHO) reported that the COVID-19 outbreak might have passed its peak in Africa, but warned governments not to be complacent as countries relaxed their restrictions.

The effects of the COVID-19 outbreak and of related measures taken from February to June 2020 to curb the pandemic occurred during different seasons in each country, and therefore impacted the milk sector differently. In most countries, administrative measures were taken to curb the spread of the pandemic. Those steps included closing borders,

imposing travel bans, dusk to dawn curfews, prohibiting mass gatherings, shutting down schools, and closing markets. However, in order to ensure food security for urban and rural populations, transportation of agricultural products was allowed at least during the day. Food production, processing, distribution and marketing have been preserved because they are considered as essential health care services. But despite the fact that transportation of agricultural products was allowed, restrictive measures taken during this state of emergency seriously affected all stakeholders in the milk value chain.

This paper is based on reports from four countries covered by the Africa-Milk Research Project (<https://www.africa-milk.org/>): Burkina Faso, Kenya, Madagascar, and Senegal. Those countries feature different agro-climatic conditions, from low-altitude savannah regions (Senegal, Burkina Faso) to high and medium altitude tropical areas (Madagascar, Kenya), and a large diversity of dairy sectors (Tab. 1). In the study countries, the situation of dairy supply chains before the COVID-19 crisis was described by many authors in Kenya (Makoni *et al.*, 2013; Kiambia *et al.*, 2020), Senegal (Corniaux *et al.*, 2014; Seck *et al.*, 2016; Corniaux and Duteurtre, 2018), Burkina Faso (Corniaux *et al.*, 2014; Corniaux and Duteurtre, 2018; GRET, 2019) and Madagascar (Penot *et al.*, 2016; Droy and Rasolofo, 2018).

In Senegal and Burkina Faso, the outbreak emerged in March 2020, at the end of the dry season, a period of low production of local milk in agro-pastoral systems and very high

Table 1. Schematic view of the domestic dairy sectors in the four countries studied as part of the Africa-Milk research project (source: FAOSTAT, years 2012 to 2017 depending on items).

Tableau 1. Données générales sur le secteur laitier dans les quatre pays étudiés participant au projet Africa-Milk (source : FAOSTAT, années 2012 à 2017 selon les indicateurs).

Countries		Senegal	Burkina Faso	Madagascar	Kenya
Domestic milk production					
Cattle	(heads)	3 547 777	9 459 172	10 288 740	19 198 692
Dairy cows	(heads)	642 904	1 543 333	1 864 264	6 100 000
Milk production	(ton/yr)	123 766	196 770	543 039	3 706 796
Milk yield	(kg/dairy cow/yr)	193	127	291	607
Milk processing					
Skimmed milk	(ton/yr)	9382	19 393	no data	623 422
Milk powder (dried)	(ton/yr)	0	0	0	4700
Condensed & evaporated milk	(ton/yr)	0	0	719	915
Other dairy products (*)	(ton/yr)	822	1043	no data	37 937
Imports					
Milk powder (dried)	(ton/yr)	13 744	8004	2378	9762
Condensed & evaporated milk	(ton/yr)	2226	13 040	2433	104
Milk (whole & skimmed)	(ton/yr)	5658	1359	2042	8225
Other dairy products (*)	(ton/yr)	4476	387	921	470
Food supply					
Milk equivalent consumption	(kg/capita/yr)	21.9	24.6	25.5	98.3

(*) cheese, butter, cream, yoghurts, etc.

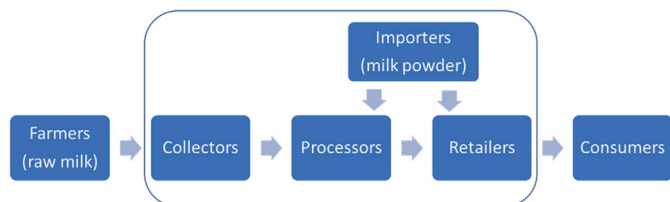


Fig. 1. Schematic view of dairy supply chains studied in this paper.
Fig. 1. Schéma des filières laitières étudiées dans cet article.

consumers’ demand due to the month of Ramadan (23 April–23 May, 2020). In Kenya, it was also the end of the dry season, but with production systems being less dependent on rainfall due to more intensive production techniques. In Madagascar, the outbreak came during the rainy season, at the peak of production, when milk collection systems were most vulnerable to restriction measures.

In those four countries, dairy industry players faced major challenges as a result of quarantines, curfews, restrictions on use of public transport for dairy product distribution, check points, reduced opening hours for shops, and border closures.

The main objective of this paper is to study the effects of the crisis due to COVID-19 on the milk sector in four countries of sub-Saharan Africa, as a whole and for each of the link within the national dairy supply chain.

2 Methodology

Our study explores the initial impact of the measures put in place in response to COVID-19 on dairy supply chains. The dairy supply chain (Fig. 1), covers each actors of flows starting from the raw milk production at farm level, going to milk

processing and to the consumers, including intermediaries in between (raw milk collectors and processed milk retailers).

Our paper builds on information gathered from nine dairy supply chains involved in the Africa-Milk Project, as well as some other dairy supply chains operating in the four selected countries. Each supply chain is centred around a dairy processor. The nine dairy processors involved in the study reflect a wide range of situations, from small-size to industrial-size operations (Tab. 2 and Fig. 2).

We also used some data published in newspapers or by NGOs and professional organisations.

Some milk value chains are based on mini-dairy-processors with relatively poorly organised collection and distribution systems (Bonnet Vert, Plateforme Lait de Banfora, Sodimilk), others are based on intermediate or industrial dairy processors equipped with more organised collection and distribution systems (Socolait, Laiterie du Berger, Kirène, Happy Cow, Mukuruweini Wakulima Ltd., NkCC).

In this paper we present the impact of the steps taken to curb the COVID-19 outbreak starting with dairy farmers, then following the dairy supply chain all the way to consumers. In each section we describe the stakeholders’ situation during the health crisis, country by country, and in the final section we offer a cross-cutting analysis of the consequences of the crisis at each stage of the dairy supply chain.

3 Results

3.1 Increased milk volumes and falling farm-gate prices for most countries

In Kenya, dairy animals’ productivity was not negatively affected by the crisis due to COVID-19. Milk production has

Table 2. Schematic view of Africa-Milk’s nine dairy processor partners (source: project data).

Tableau 2. Données générales sur les neuf laiteries partenaires du projet Africa-Milk (données du projet).

Type of dairy processor	Name (country)	L/day	Producers
Small-size	Bonnet Vert (BF)	300	30
	Plateforme Lait de Banfora (BF)	800	100
	Sodimilk (MD)	1000–1500	150
	Kirène (SN)	1500 (N)–300 (F)	5 (N)–100 (F)
Medium-size	Laiterie du Berger (SN)	4000	900
	Mukurweini Wakulima Dairy Ltd. (KE)	7000	7400
	Happy Cow Ltd. (KE)	9000	2000
Industrial-size	Socolait (MD)	11 000	2000
	New Kenya Co-operatives Creameries Ltd. (KE)	350 000	100 000

BF: Burkina Faso; KN: Kenya; MD: Madagascar; SN: Senegal; N: Niayes area; F: Fatick area.

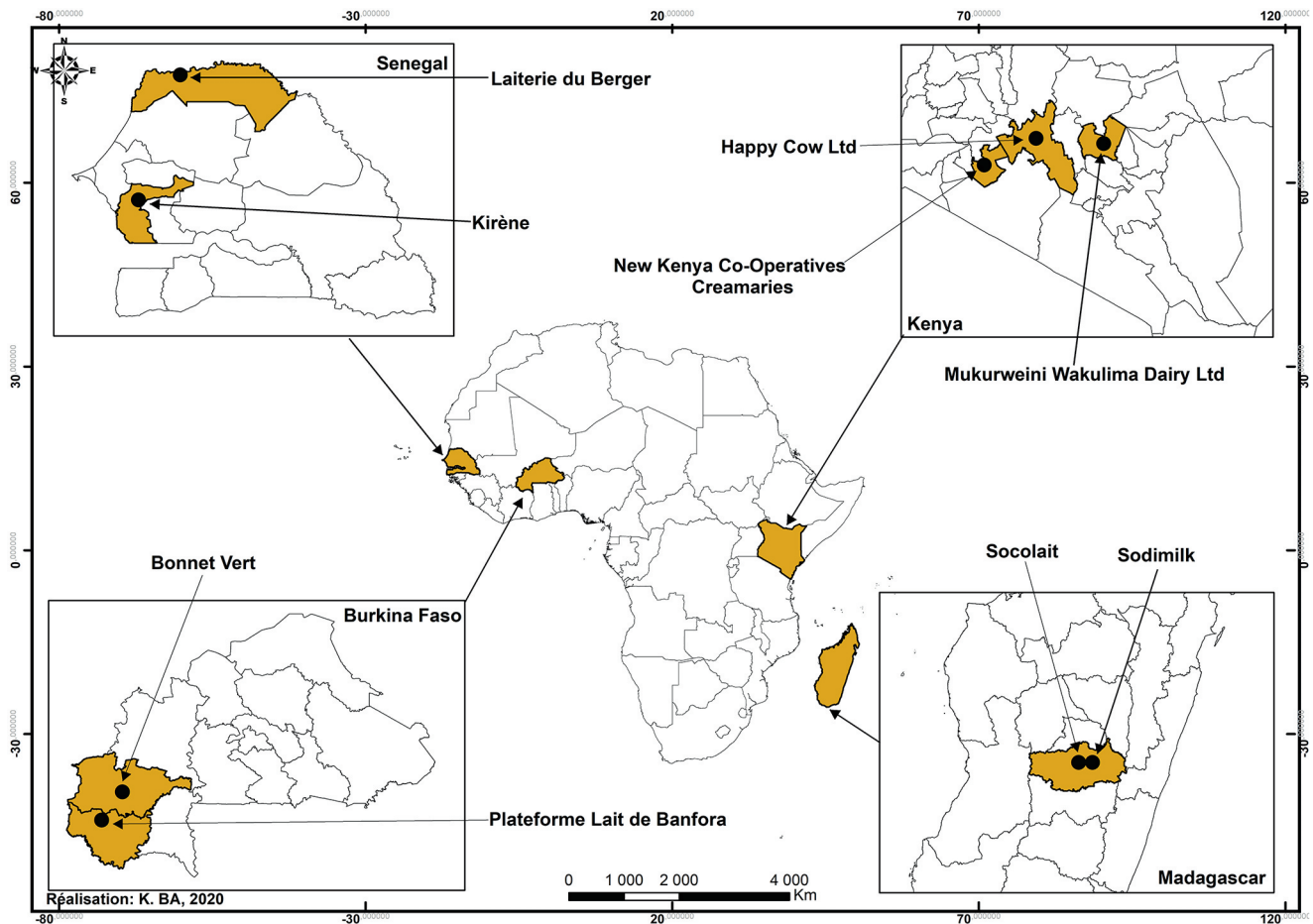


Fig. 2. Localization of the study sites and dairy processing partners of the Africa-Milk Project in each country.

Fig. 2. Localisation des sites d'étude et des laiteries partenaires du projet Africa-Milk dans chaque pays.

continued to increase since November 2019. In particular, COVID-19 infection rates were low in milkshed areas and agricultural activities did not changed much. Thus, with continued favourable weather conditions since November 2019, production costs per animal went down due to the availability of more fodder. Reduced availability of commercial feeds due to curtailed movement to Nairobi also

encouraged farmers to make greater use of locally available fodder which is abundant in all milksheds during this period of the year. Since home-grown feeds are cheaper than commercial ones, this momentum led to a further drop in production costs, while also reducing the income of commercial feed suppliers. In addition, the Kenyan government took swift action to support the farm-gate price of milk in order to support dairy

farmers. From the start of the COVID-19 outbreak, the Kenyan government had instructed its own processor (the NKCC) to buy milk from farmers at KES 33 (0.28 €) per litre. This order forced collectively-owned and private processors to raise their farm-gate prices. For example, according to the *Daily Nation Newspaper* (April 2020), “*Brookside Dairy, which controls 40% of the country’s raw milk market, adjusted farm-gate prices upwards, with an incentive of an extra shilling per kilogramme of raw milk to cushion farmers from the effects of the COVID-19 disease*”. The order remained in force during the COVID-19 period and all the processors bought milk at prices near or above the government set price. Since this price is well above the milk production cost per litre (which, depending on feeding regimes, ranges between KES 22–27 per litre – ~0.17 to 0.21 €), farmers’ prosperity continued to increase despite the increased supply. Due to a drop in supply later in the year, farm gate milk prices remained high while consumer prices rose in September 2020 (Andae, 2020).

In Senegal, dairy farmers established in the milk collection area of Laiterie du Berger, were not badly affected by the lockdown, thanks to Laiterie du Berger’s effective collection network and the provision of traffic permits for its collectors. Dairy farmers supplying Kirène were affected by mobility restrictions in various ways. In March, the Kirène collection centre in Fatick had to suspend milk collection for several weeks, for administrative reasons linked to COVID-19, whereas, paradoxically record levels of milk production were noticed. As a matter of fact, no official permits for transportation to the Kirène factory located near Dakar had been provided. Fatick milk producers, mostly small producers, were therefore badly affected by this measure. They ended up with unsold milk. On the other hand, these traffic restrictions led large dairy farmers established in Kirène second collection area, located in the Niayes region near the factory, to redirect all their production to the factory and to abandon the Dakar market. Indeed, before COVID-19, dairy farms favoured direct sales on the more profitable Dakar market. With traffic restrictions, this market has been suspended. Then, the dairy production of these farms was redirected to Kirène, located in the same area and therefore not constrained by mobility restrictions.

In Burkina Faso, some dairy farmers reported that COVID-19 had no direct impact on cow feeding strategies and consequently on cow productivity. Stocks of fodder and feed were already high enough at this time, and milk production was on track. However, in the Bobo-Dioulasso milkshed, during the first month of travel restriction measures taken by the government, dairy farmers could not sell their milk because collectors could no longer get through checkpoints in order to deliver milk to dairy processors in town. In Banfora, farmers accustomed to delivering milk during the dry season also had difficulties because dairies were no longer able to sell all their products. As a result, they had to reduce the volumes of milk collected and processed on a daily basis. A dairy farmer located in the peri-urban area of Banfora reported that, during the first two months of the pandemic, Plateforme Lait de Banfora could only purchase 8 to 10 litres of the 20 to 25 litres of milk produced (*i.e.* 40%). The rest was self-consumed by the farmer’s family and given to vulnerable people, in particular displaced populations fleeing from terrorism in the north of the country. This significantly reduced farmers’ incomes and thus

their ability to cover fixed costs such as herdsmen’s wages. This problem was mitigated by reducing the number of milking cows kept on the farm. Some of them were returned to the main herd kept by the herdsmen, who could then benefit from their milk as part of their salary.

In Madagascar, the period coincided with cows’ peak lactation season. At the beginning of the outbreak, the Midi Madagaskari newspaper reported on the 31th of March, 2020, that “processing cooperatives have reduced their purchases from farmers from 1000 litres to 600 litres a day, which represents a drop of 40%”, and as a consequence, milk farm-gate prices had fallen from 1600 to 1000 ariary per litre (~0.40 to 0.25 €). This was due to the decline in urban demand at the beginning of the crisis which forced many small-scale milk processors to shut down. Indeed, in the same newspaper, a dairy industry operator in the Vakinankaratra region reported: “*In addition to transportation problems, we can only sell in the morning until noon (due to curfew). As a result, we only sell 300 litres a day instead of 700 litres before lockdown*”. Dairy farmers had large quantities of unsold milk, especially afternoon milk, and therefore had to sell it door-to-door or by the roadside. The dairy industry had already experienced several crises in the years 2001–2009 (Penot *et al.*, 2016), from which it recovered in recent years. But there is still a risk of weariness amongst small-scale dairy farmers about remaining involved in the milk business. It is likely that, in the longer term, small-scale dairy farmers will be tempted to give up the dairy business and destock their dairy herd, leading to a reduction in milk production. This situation could potentially affect local processors in the medium term, and in particular large operators such as Socolait.

3.2 Disruptions in milk collection and dairy processor supply

In Kenya, milk collection channels were not heavily affected by the pandemic and experienced an oversupply of milk. The flow of the commodity was uninterrupted since it had been classified as an essential service. However, according to the *Daily Nation Newspaper* (2 June, 2020), farmers who were selling their milk through hawkers in the informal market were adversely affected and their milk sales decreased.

In Senegal, Laiterie du Berger reported on the 22nd of April: “*We reached our targets in terms of turnover, and local milk sourcing is going well too: 100 tonnes in March 2020!*” (according to Laiterie du Bergerhead of milk collection). For Kirène, the situation was not as straightforward. The head of milk collection at Kirène reported that the large intensive dairy farms established in the Niayes region (which do not depend on natural pasture to produce milk during the dry season) were struggling to sell their products on the local market, and had turned to the Kirène factory to sell all their production. On the 14th of April, milk collection quantities doubled overnight, raising the monthly sourcing forecast from 50 000 to 100 000 litres. Kirène warned of a risk of exceeding the plant absorption capacity, and so decided to introduce delivery quotas to manage this flow. The situation was quite different in Fatick where milk collection had been suspended due to traffic bans.

In Burkina Faso, the manager of Plateforme Lait de Banfora expressed real concern in April about the possible consequences of the current situation, saying: *“Here we are in quarantine. No one enters or leaves the town. Processors can no longer deliver products to customers. Collectors no longer have access to milk processing units”* (2nd of April, 2020). Other managers of small dairies indeed witnessed a drop in collection during the health crisis. The manager of Bama’s milk collection centre (Burkina Faso), who usually collects 100 litres of milk per day at this time of year, reported collecting 50 to 55 litres per day in mid-April. However, some dairy managers reported that official steps had been taken by the authorities to allow collectors to travel again. Bonnet Vert manager stated: *“The regional department of the Ministry in charge of livestock production sent letters to the various police stations located at the city gates of Bobo-Dioulasso, along with details of the main collectors from the various milk collection centres. This enabled deliveries to resume after more than three weeks of interruption.”* A collector operating in the Banfora area admitted that it was still possible to deliver milk to Banfora, despite the low availability of milk during this dry season. According to him, low milk availability stemmed far more from the dry season than from COVID-19 restrictions. This collector usually collects 30 to 40 litres of milk per day in the dry season compared to more than 100 litres per day in the rainy season.

In Madagascar, it seems that milk collection was badly affected by the COVID-19 crisis. Traffic restriction measures subsequently reduced this flow. Many collectors complained about the long waiting time at roadside checkpoints, sometimes up to two hours, which of course resulted in milk losses (Midi Madagasikari, 31 March, 2020). In the same paper, it was reported that: *“At least 50% of milk production is thrown away every day in highly productive areas such as Analamanga, Itasy and Vakinankaratra, because most of the collectors or processors no longer collect the product. Some still do, but after two days and in reduced quantities”*. Some even stopped collecting and processing milk for several weeks. Some dairies totally stopped buying and processing milk for 2 to 3 weeks. In the same region, many operators declared: *“We do not have enough time to sell our stocks because retail points have to close before noon. This is a big loss, as it represents 75% of our production collected during the day”*. For Spring (another small dairy), milk collection dropped from 600 to 150 litres per day. Socolait, during the first few weeks of the health crisis, faced a large influx of milk because it benefited from other milk collectors that could no longer sell their milk to their usual processors (mainly small artisanal processors). However, Socolait was impacted negatively by the low demand in the following weeks and had to reduce milk collection.

3.3 Imports of dairy products

The share of imported dairy products is particularly high in West Africa (FAOSTAT data 2017; Chatellier, 2020): around 45% for Senegal (in milk equivalent), 25% for Burkina Faso, against only 12% for Madagascar and 6% for Kenya (based on the figures displayed in Tab. 1).

In Kenya, with curtailed movements from neighbouring countries and increased red tape in freight transportation, the

country witnessed a decline in the flow of imported milk, particularly from Uganda. This benefited Kenyan producers through price stabilisation since the only supply of raw milk in the country at this time was from local farmers.

In Senegal, imports of milk powder did not stop. However, some delivery delays occurred owing to upstream disruptions in shipping logistics. For Senegalese dairy processors, maintaining imports of powdered milk was also decisive in safeguarding activity.

In Madagascar and Burkina Faso, we found no data indicating an increase or decrease in imports of milk powder and various dairy products since the start of the COVID-19 crisis.

Changes are most likely to occur in the medium to long term period of the crisis. In the short term, as local production seems to be more deeply impacted by the COVID-19 crisis than dairy imports in Western Africa and Madagascar, dairy imports could increase. Furthermore, in order to preserve its own currently oversupplied dairy sector (situation unrelated to the COVID-19 crisis), the EU is encouraging storage of milk powder, cheese and butter. Substantial volumes of cheap milk powder are therefore likely to be released on the world market in the coming months.

3.4 Disruption of working arrangements in dairy processing units

In Kenya, processors had to take precautionary measures in line with government guidelines, including employing more staff and increasing the number of work shifts in order to have fewer workers during each shift. This was brought about not only by physical distancing requirements, but also by the increase in the supply of milk to processing plants and in deliveries to consumer markets. However, according to the *Daily Nation Newspaper* (2 June, 2020), *“all the dairy processors have been affected as the purchasing power of their customers has gone down due to many job cuts”*.

In Senegal, Laiterie du Berger had to look after its 400 or so employees. In consultation with its occupational health and safety committee, the company implemented official recommendations such as mask wearing, hand washing, social distancing between employees, working from home and bans on physical greetings. The company also decided to postpone recruitment, training, commercial events and marketing campaigns in order to restrict staff movements between the Dakar and Richard-Toll sites. In addition, the company decided to freeze investment projects, allocate additional funds to the fight against the pandemic, provide mobile washbasins and hand sanitizer dispensing points, and extend the use of masks for employees and communities near the processing plant. It has also recruited two doctors for the initial diagnosis of employees with symptoms or who feel exposed to the virus. All these measures affected the company’s operations and impeded planning for more than a month.

In Burkina Faso, small dairy processing units have been operating at a slower pace since the emergence of COVID-19, as reported by the manageress of Bonnet Vert who is also Chairwoman of the dairy processors cooperative in Bobo-Dioulasso. According to her estimate, dairies reduced their operations by 25%. Dairies using imported milk powder were

also affected, because processing activities could no longer be carried out after curfew hours (from 7 pm to 5 am).

In Madagascar, the main consequence of the crisis for the dairy sector was the closure of artisanal cheese dairies, which accounted for 70% of processed milk. In most cases, employees were not paid, thereby exacerbating the social and economic crisis. The sudden temporary closure of these small businesses was partly linked to the difficulty in transporting processed products to consumers due to the traffic ban on public transporters, but also to the drop in demand stemming from the compulsory closure of shops in the afternoon, combined with the general fall in the standard of living as the crisis affected the country's economy as a whole. However, the influx of milk on the market led to an increase in milk quality reaching the gates of large dairy processors such as Socolait. Socolait was confronted with the challenge of quality control during the first weeks of the crisis, following a large influx of milk from producers unable to sell their milk through their usual collectors, and ignorant of the industrial quality standards.

3.5 Disruptions in dairy market channels

In Kenya, processors felt that the increase in milk production at farm level did not have a huge impact on their operations since, with children staying at home following school closures, their consumption of unprocessed milk increased significantly. Nevertheless, with the general public practicing self-isolation and social distancing, some buyers such as restaurants and local eateries that used to buy unprocessed milk, no longer did so. Therefore, this excess share of milk most likely ended up being sold directly to rural households. It was noted that consumer prices of milk went up by 7% in September 2020 (Andae, 2020) as production started declining due to drought. However, there were no promotion campaigns to increase milk consumption or prices since demand was already quite high.

In Senegal, shops had to close during curfew from 8 pm to 6 am in April, and then from 9 pm to 5 am in May during Ramadan. In addition, shops suffered from lack of consumer confidence since many traders were affected by COVID-19, especially in Dakar. This undoubtedly benefited supermarkets. They quickly complied with COVID-19 containment measures in order to reassure customers. However, the rise of supermarkets in the food retail sector had begun a few years ago, far before the onset of the pandemic.

In Burkina Faso, the manager of Labanko, a small dairy processor belonging to Plateforme Lait de Banfora, considered at the beginning of the health crisis that: *“It is the distribution of processed products to customers that is most affected by the COVID-19 situation. Labanko normally markets its products over a large part of the country (from Bobo-Dioulasso to Ouagadougou) as well as in Korogho, in Ivory Coast. This is essentially carried out through public passenger transport companies. Since public transport has stopped, it has become impossible for Labanko to deliver its products to customers through this channel.”* In the Bobo-Dioulasso area, dairy processors complained about increasing losses of dairy products due to poor storage by distributors. Forced to close their shops earlier and accustomed to turning off their

refrigerators overnight, distributors often found spoiled dairy products in the morning, which they returned to processors.

In Madagascar, the compulsory afternoon closing of retail stores and local markets considerably slowed down the sale of dairy products. As a result, sales dropped. But most importantly, the traffic ban affected transport to Antananarivo, a city that accounts for half of domestic consumption.

3.6 Changes in consumer preferences

In Kenya, demand for long life dairy products increased. Dairy product outlets such as supermarkets bought large quantities of long-life products and especially ultra-high temperature processed milk. This induced demand shock may be due to the fact that, with uncertainties in the dairy market, buyers and consumers sought to minimise spoilage. In particular, there was buying and hoarding of milk products by most retailers, though prices had not changed as shortages had not yet been experienced. Similarly, there was an increased demand for value-added products such as yoghurt and fermented milk because consumers wanted products they would store for longer periods without having frequent visits to supermarkets. This greater demand was a blessing for processors as value-added products also generate higher profits than fresh milk.

In Senegal, Laiterie du Berger and Kirène had anticipated an increase in demand for dairy products due to the month of Ramadan and the hot season. Overall, supermarkets and shops had built up large stocks of dry milk powder and long-life milk. Despite rumours of shortages, no shortage in milk supply was reported in Senegal.

In Burkina Faso, at the beginning of the crisis, the manager of Plateforme Lait de Banfora reported a drop in purchases from the local Banfora market. He attributed it to the curfew enforced from 7 pm to 5 am as well as to the decline in consumer buying power as a result of the general economic downturn in the country.

In Madagascar, demand for fresh dairy products (fresh milk and yoghurt) fell rapidly with the loss of purchasing power caused by the partial lockdown restrictions on the capital and main cities' major businesses, which also had an impact on informal sectors. However, consumers turned to long-life products such as powder and condensed milk.

4 Crosscutting analysis and conclusion

Fresh milk, like market garden products, is a highly perishable product. The milk supply chain is therefore very sensitive to any form of disturbance relating to the circulation of fresh milk and dairy products, the operation of processing units, the preservation of products in larger or smaller shops, as well as to all neglect of quality at all levels of the chain.

This paper shows that the impact of the COVID-19 outbreak on the four countries' economies and subsequent measures taken by governments to curb high levels of contamination among the public, had mixed effects on dairy supply chains.

At farm level: The consequences of COVID-19 measures were more pronounced when the health crisis coincided with the peak of the milk production season, and when governments

did not take steps to support milk production, which was the case in three of the four countries studied. In Kenya, however, the government took measures to support the farm-gate price of milk, which helped curb the effects of containment policies at farm level. In Senegal and Burkina Faso, the dry season, during which milk production is generally low, somewhat concealed the impact of lockdown on dairy production and sales. In Madagascar, the COVID-19 outbreak occurred when milk production was at its peak. As a result, there was a sharp drop in the urban milk demand and in the farm-gate price of milk. Dairy farmers were hard hit by the containment measures taken to curb the outbreak. Part of the production could not be sold and was partly consumed by the producers or discarded.

At milk collection system level: The effects of traffic restrictions were quickly felt by small informal collectors who could not obtain traffic permits. Within the larger and more formal collection networks acknowledged by the authorities, collectors were granted the necessary licences to continue trading and to allow dairy products to move freely. In the large and well-established Kenyan and Senegalese milk collection networks, supply of milk from dairy farms to dairy processors was maintained during the health crisis. Some large dairy processors even benefited from an influx of milk, at least at the beginning of the crisis, as a result of the difficulties encountered in transporting milk through informal channels. In the small and relatively informal milk collection networks common in Burkina Faso and Madagascar, milk collection was quickly and severely affected by COVID-19 containment measures such as traffic bans. In these cases, health measures seriously disrupted the supply of milk from farms to processing units.

With regard to milk powder imports: No significant problem was reported in the import channels during the COVID-19 outbreak, especially in countries highly dependent on imports to supply their demand for milk such as Senegal and Burkina Faso. In African countries highly dependent on imports for their consumption of milk products, the authorities took measures ensuring that imports of these products would not be heavily affected. Import deadlines for milk powder were extended, but deliveries were not interrupted as all these countries have a stock of powdered milk at wholesalers' level corresponding to several months of consumption.

At dairy processor level: The COVID-19 crisis and containment measures to curb the pandemic disrupted working arrangements and somewhat increased processing costs. Dairy processors faced many challenges to keep operating during the state of emergency, with constraints on traffic, employee protection and safety, etc. The impact of the COVID-19 crisis seems to have been greater on small milk processing units, due to temporary interruptions of milk supply resulting from traffic constraints for small informal collectors and difficulties in shipping dairy products by public transport.

With respect to dairy product distribution channels: The shock from COVID-19 was more pronounced among small retailers. Bans on public transport, routinely used to supply small dairy retailers, severely affected their business. Many small retailers reduced their purchases of artisanal dairy products. Losses of dairy products tended to increase with long curfews combined with poor storage conditions. Consumers also became wary of artisanal products and worried about health risks. This led to a sharp reduction in the number of

processors' outlets, in particular retail stores and local markets. Supermarkets, on the other hand, were able to increase their market share during the pandemic thanks to their reliance on industrial channels.

At consumer level: Dairy consumption tended to decrease due to declining purchasing power. Consumers reduced their purchases of artisanal products. However, there was no collapse in consumption. In some situations, an increase in consumption occurred (in confined rather well-off urban families, in households of producers unable to sell their milk, during the month of Ramadan, etc.). During the first few months of the COVID-19 outbreak, a drop in milk consumption was reported by processors in Burkina Faso and Madagascar. In Kenya and Senegal however, dairy consumption does not seem to have been overly affected by the health crisis. In those two countries, consumption shifted towards long-life dairy products. In Senegal and Burkina Faso, dairy consumption increased despite the health crisis because this crisis occurred during the hot dry season and during the month of Ramadan.

Overall: Dairy supply chains appear to have suffered differently in each of the four countries, largely due to differences in the development of the local dairy industry. In most of our case studies, formal dairy supply chains (based on large and medium-sized milk processing companies) were more resilient than informal channels (based on small artisanal milk processors). Small and informal dairy supply chains were badly affected by the consequences of the health crisis. Large and more formal dairy processors were able to buy more milk from farmers in order to make up for the collapse of small processors and collectors. In most cases, dairy industries and supermarkets appeared to have played a major role during this period, thanks to their ability to reorganise their working procedures.

In Kenya, where the dairy industry boasts of a multitude of farm families, with a processing industry established for decades and a per capita consumption of dairy products three to four times higher than in the other countries under study, the government quickly took steps to support the dairy sector to preserve jobs and consumer supplies. These measures seem to have had the desired effects. In the other countries covered by the study, the dairy sector, whose contribution to the domestic economy is less significant, did not benefit from such support measures to the same extent. When such a crisis occurs, emergency support programs are needed, in addition to development programs that have already been well documented by many authors (Van der Lee *et al.*, 2014), to revive local milk supply chains, in particular public support programs consistent with private strategies in order to strengthen connections and equity amongst value chain players. At the end of this study, we propose two types of recommendations to strengthen the resiliency of dairy supply chains:

First, for the "Large dairy supply chains", who have better withstood the first wave of the COVID-19 crisis, the measures which have worked and which could be strengthened are as follows: (1) supporting the milk price at farm gate; (2) providing authorizations for the circulation of dairy products, with appropriate controls; (3) maintaining product quality control all along the dairy supply chain to reassure consumers.

For the "Small dairy supply chains", which have been the most affected by the COVID-19 crisis, but which represent

many small jobs, lower production costs under normal circumstances and consequently cheaper dairy products for consumers, their professionalization seems to be a priority in order to prevent their disappearance in case of recurrence of such crises in the future. The following axes could be proposed to support their professionalization: (1) the establishment of cross-cutting organizations integrating the different links of dairy supply chains (processors, producers, collectors, traders); (2) the recognition of a professional status for collectors and small dairy processors to enable them to obtain traffic authorizations in the event of similar crises; (3) the implementation of milk quality control at key points in the supply chain (at the entry docks of collection centres and dairies); (4) support through tax incentive mechanisms for small dairy processors and milk collection centres as for other sectors of the economy supported during this crisis.

References

- Andae G. 2020. Kenya: Milk Prices Go Up Amid Supply Fall. *Daily Nation*. [30 September 2020]. <https://allafrica.com/stories/202009300236.html>.
- Chatellier V. 2020. La dépendance de l'Afrique de l'Ouest aux importations de produits laitiers. *INRAE Productions Animales* 33: 125–140. DOI: [10.20870/productions-animales.2020.33.2.4027](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.2.4027).
- Corniaux C, Duteurtre G, Broutin C. 2014. Filières laitières et développement de l'élevage en Afrique de l'Ouest. L'essor des mini-laiteries. Paris (France): Karthala, Coll. Homme et sociétés, 252 p.
- Corniaux C, Duteurtre G. 2018. Étude relative à la formulation d'un programme régional de promotion des chaînes de valeur lait local au sein de la CEDEAO, de la Mauritanie et du Tchad. Rapport final. Étude réalisée par le CIRAD pour le compte du Hub Rural, Dakar, Sénégal, 105 p. + annexes.
- Daily Nation Newspaper of June 2020. Dairy sector braves COVID-19 disruption. Nairobi, Kenya. <https://www.nation.co.ke/kenya/business/dairy-sector-braves-covid-19-disruption-354334>.
- Daily Nation Newspaper of April 2020. Dairy Brookside Dairy increases producer milk prices. <https://www.nation.co.ke/business/Brookside-Dairy-increases-producer-milk-prices-/996-5509066-k2gt4kz/index.html>.
- Droy I, Rasolofo P. 2018. Crise du lait et trajectoires de résilience des petits producteurs à Madagascar. *Revue internationale des études du développement* 3(235): 91–115. DOI: [10.3917/ried.235.0091](https://doi.org/10.3917/ried.235.0091).
- FAO. 2020. FAOSTAT data on production, trade and consumption. <http://www.fao.org/faostat/en/>.
- GRET. 2019. Étude filière lait dans les Bassins Laitiers de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. GRET, Rapport définitif, 64 p.
- Kiambia S, Orungo Ononoa J, Kang'ethea E, Abogea GO, Murungib MK, Muindeb P, *et al.* 2020. Investigation of the governance structure of the Nairobi dairy value chain and its influence on food safety. *Preventive Veterinary Medicine* 179: 105009. DOI: [10.1016/j.prevetmed.2020.105009](https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105009).
- Makoni N, Mwai R, Redda T, Van der Zijpp A, Van der Lee J. 2013. White Gold; Opportunities for Dairy Sector Development Collaboration in East Africa. Wageningen: Centre for Development Innovation, Wageningen UR. CDI Report CDI-14-006, 203 p.
- Madagaskari M. 2020. Filière Or blanc: «Au moins 50% de la production laitière est jetée chaque jour» dénonce Haingotiana Razafindrainibe, PCA de MDB. <http://www.midi-madagasikara.mg/economie/2020/03/31/filiere-or-blanc-au-moins-50-de-la-production-laitiere-est-jetee-chaque-jour-denonce-haingotiana-razafin-drainibe-pca-de-mdb/>.
- Penot E, Duba G, Salgado P, Dugué P. 2016. Capacités d'adaptation des exploitations laitières des hautes terres de la province du Vakinankaratra à Madagascar: impacts de la crise de 2009. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 69(1): 19–31. DOI: [10.19182/remvt.31168](https://doi.org/10.19182/remvt.31168).
- Richard D, Alary V, Corniaux C, Duteurtre G, Lhoste P, (Coord.). 2019. Dynamique des élevages pastoraux et agropastoraux en Afrique intertropicale. Versailles (France): Quae, 268 p. DOI: [10.35690/978-2-7592-2895-9](https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2895-9).
- Seck M, Marshall K, Fadiga ML. 2016. Cadre de politique pour le développement de la filière laitière au Sénégal. ILRI Project Report. Nairobi, Kenya: Institut International de Recherche sur l'Élevage.
- Van der Lee J, Zijlstra J, Wouters AP, Van Vugt SM. 2014. Milking to Potential: Strategic Framework for Dairy Sector Development in Emerging Economies. Discussion paper. Wageningen UR, Wageningen: Centre for Development Innovation and Livestock Research, 30 p.
- WHO. 2020. COVID-19 Outbreak situation reports n° 15 [10 June 2020], n° 28 [9 September 2020] and n° 32 [07 October 2020]. <https://www.afro.who.int/health-topics/coronavirus-covid-19>.

Cite this article as: Vall E, Mburu J, Ndambi A, Sall C, Camara AD, Sow A, Ba K, Corniaux C, Diaw A, Seck D, Vigne M, Audouin S, Rakotomalala LJE, Rakotoonely LN, Ferreira FD, Véromalalanirina E, Rajaonera M, Ouédraogo S, Sodrè E, Tall I, Ilboudo MD, Duteurtre G. 2021. Early effects of the COVID-19 outbreak on the African dairy industry: Cases of Burkina Faso, Kenya, Madagascar, and Senegal. *Cah. Agric.* 30: 14.

