



**HAL**  
open science

# Risque trypanosomien et innovation : le cas des éleveurs d'Afrique de l'Ouest

Fanny Etienne Bouyer

► **To cite this version:**

Fanny Etienne Bouyer. Risque trypanosomien et innovation : le cas des éleveurs d'Afrique de l'Ouest. Médecine vétérinaire et santé animale. Université Montpellier, 2015. Français. NNT : 2015MONTTS107 . tel-01803756

**HAL Id: tel-01803756**

**<https://theses.hal.science/tel-01803756v1>**

Submitted on 30 May 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# THÈSE

Pour obtenir le grade de  
**Docteur**

Délivré par **UNIVERSITE MONTPELLIER II**

Préparée au sein de l'école doctorale **SIBAGHE**  
Et de l'unité de recherche UMR CIRAD-INRA **CMAEE**  
**« Contrôle des maladies animales exotiques et  
émergentes »**

Spécialité : MP - Microbiologie/ Parasitologie

Présentée par **Fanny Etienne Bouyer**

**Risque trypanosomien et innovation :  
le cas des éleveurs d'Afrique de l'Ouest**

Soutenue le 17 décembre 2015 devant le jury composé de

|   |                      |
|---|----------------------|
| M. François Bocquier, Pr, Montpellier Supagro                                 | Président            |
| M. Redginald de Deken, Pr émérite, Institut de<br>Médecine Tropicale d'Anvers | Rapporteur           |
| M. Pierre-Benoît Joly, DR, Directeur de l'UMR LISIS,<br>INRA                  | Rapporteur           |
| M. Eduardo Chia, DR, UMR Innovation, INRA                                     | Co-directeur         |
| M. Jérémy Bouyer, DR, UMR CMAEE, CIRAD  | Co-directeur, invité |
| M. Momar Talla Seck, DR, LNERV, ISRA  | Invité               |



UNIVERSITE MONTPELLIER II

**Ecole doctorale : SIBAGHE**

**THESE**

**Pour obtenir le grade de  
Docteur de l'Université Montpellier II**

Discipline : MP - Microbiologie/Parasitologie

Présentée et soutenue par  
**Fanny Etienne Bouyer**

**Risque trypanosomien et innovation:  
le cas des éleveurs d'Afrique de l'Ouest**

*Thèse dirigée par Jérémy Bouyer, CIRAD et Eduardo Chia, INRA*

Soutenue le 17 décembre 2015

**Composition du jury**

François Bocquier  
Redginald de Deken  
Pierre-Benoît Joly  
Eduardo Chia  
Jérémy Bouyer  
Momar Talla Seck

Montpellier Supagro  
Institut de Médecine Tropicale d'Anvers  
Directeur de l'UMR LISIS, INRA  
UMR Innovation, INRA  
UMR CMAEE, CIRAD  
ISRA-LNERV

Président du jury  
Rapporteur  
Rapporteur  
Examineur  
Invité  
Invité

## Résumé

Les trypanosomoses animales africaines transmises par les glossines sont une des principales contraintes pathologiques au développement et à l'intensification de l'élevage en Afrique subsaharienne. Leur contrôle repose sur deux grandes stratégies: la lutte autonome par les éleveurs qui vise à contrôler la maladie de manière à permettre une production rentable, et l'intervention étatique centralisée qui vise dans la plupart des cas l'éradication du vecteur et de la maladie. Cette seconde stratégie s'est amplifiée récemment dans le cadre de la campagne pan-africaine d'éradication des glossines et des trypanosomoses (PATTEC), coordonnée par l'Union Africaine.

Je me suis attachée à comprendre les capacités d'innovation des éleveurs face au risque de santé animale et réciproquement à l'effet du contrôle du risque sur les trajectoires d'innovation des éleveurs. Le terrain d'étude a concerné deux pays d'Afrique de l'Ouest: le Burkina Faso et le Sénégal. Au Sénégal, nous avons développé une approche coûts-bénéfices originale d'un projet d'éradication, et montré que les bénéfices attendus dépendent essentiellement de l'innovation, grâce aux gains de productivité dus à la transition des systèmes d'élevage utilisant la race Djakoré trypanotolérante vers des systèmes d'élevage améliorés utilisant des races plus productives trypanosensibles. Au Burkina Faso (bassin du Mouhoun), les objectifs étaient de caractériser la perception du risque par les éleveurs, les stratégies autonomes de lutte et leurs capacités à adopter une nouvelle méthode de lutte contre les glossines, le pédiluve insecticide. Enfin, pour comprendre et anticiper l'impact de l'évolution du risque trypanosomien sur les trajectoires d'innovation des éleveurs et améliorer l'évaluation économique de la campagne d'éradication au Sénégal, une analyse croisée de 10 études de cas a permis d'identifier puis caractériser les dynamiques locales d'innovation, les logiques d'action et les indicateurs de capacités d'innovation des différents groupes d'éleveurs.

Dans les deux sites d'étude, le dynamisme des réseaux socio-techniques auxquels appartiennent les éleveurs et leurs manières de le mobiliser permettent de comprendre l'impact de ce risque sanitaire sur les capacités d'innovation des éleveurs : ce risque constitue un verrou socio-technique qui lie les éleveurs aux races trypanotolérantes. Ces processus ont été étudiés en mobilisant une théorie de l'innovation, la SAR (sociologie de l'Acteur-Réseau) et en combinant des méthodes d'enquêtes par questionnaire, d'épidémiologie participative et une analyse compréhensive socio-technique inspirée de la méthode du GERDAL (Groupe

d'Expérimentation et de Recherche, Développement et Actions Localisées). En perspective, les avancées liées à ce travail dans le domaine de l'hybridation des sciences vétérinaires et sociales sont discutées, et des pistes d'amélioration possibles sont proposées. Un des principaux enseignements de cette thèse est d'ordre méthodologique: une piste est proposée pour l'hybridation de méthodes d'épidémiologie participative et d'une analyse compréhensive socio-technique basée sur les apports de la SAR et du GERDAL.

**Mots-clés** : innovation, Sociologie de l'Acteur-Réseau, lutte anti-vectorielle, épidémiologie participative, glossine.

## Summary

### **Trypanosomiasis risk and innovation: the case of livestock farmers in West Africa**

The African animal trypanosomosis transmitted by the tsetse flies is one of the main animal health constraints to the development and intensification of the cattle production in sub-Saharan Africa. Their control relies on two major strategies: the farmer-based control who aims for controlling the disease in order to allow a cost-effective production, and the centralized state intervention who mostly aims at the eradication of the vector and the disease. In the context of the Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (AU-PATTEC), coordinated by the African Union, this second strategy has recently increased in importance. I aimed to understand the innovation capacities of the livestock producers facing the animal health risk and vice versa the effect of the risk control on the innovation trajectories of the livestock producers. The study area concerned two countries of West Africa: Burkina Faso and Senegal. In Senegal, we developed an original cost-benefit approach of the eradication program and showed that the expected benefits mainly rely on innovation, thanks to the productivity benefits resulting from the shift from the livestock breeding systems using the trypanotolerant Djakoré breed toward improved livestock breeding systems using more productive trypanosensible cattle breeds. In Burkina Faso (Mouhoun basin), the goals were to characterize the risk assessment by the livestock producers, the farmer-based strategies and their capacities to adopt a new control method against tsetse flies, the insecticide footbath. At last, in order to understand and predict the impact of evolution of the trypanosomosis risk on the innovation trajectories of the livestock producers and to improve the economic analysis of the eradication campaign in Senegal, a cross-sectionnal analysis of 10 case studies allowed identifying and characterizing the local dynamics of innovation, the rationales for action and the indicators of innovation capacities of the different livestock producers groups.

In the two study areas, the dynamism of the socio-technical networks to whom the livestock keepers belonged and the ways how they were mobilized provided insight into the impact of this animal health risk on the innovation capacities of the livestock producers: this risk is a socio-technical lock-in which links farmers to trypanotolerant breeds. These processes have been studied using an innovation theory, the ANT (Actor Network Theory) and by combining survey methods based on questionnaires with methods of participatory epidemiology and a

comprehensive socio-technical analysis inspired by the GERDAL's method (Groupe d'Expérimentation et de Recherche, Développement et Actions Localisées). In perspective, the advances linked to this work in the field of the combination between veterinary and social sciences are discussed, and a few potential ways of improvement are proposed. One of the main lessons learned through this thesis is about methodology: a pathway is proposed to combine methods of participatory epidemiology with a comprehensive socio-technical analysis based on the inputs of the SAR and the GERDAL.

**Keywords:** innovation, Actor network theory, vector control, participative epidemiology, tsetse.

« L'aphorisme le dit "Traduttore traditore", de la traduction à la trahison il n'y a souvent qu'un pas. » (Callon 1986).

## Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Eduardo Chia pour avoir accepté de codiriger cette thèse à distance. Une longue histoire depuis le Burkina! Je lui suis très reconnaissante pour m'avoir fait découvrir avec bienveillance la sociologie de l'innovation depuis l'époque où je travaillais dans des projets de développements et où une remise en question de nos actions était nécessaire pour avancer. Merci de m'avoir fait découvrir les sciences de gestion, pour toutes les lectures qui ont jalonné mon chemin initiatique...et qui me donnent un autre regard sur la manière de faire de la science! Merci pour les espaces de découverte et la supervision très complémentaire avec celle de mon autre co-directeur! ...

Mes remerciements vont à Pierre-Benoît Joly et Redginald de Deken pour avoir accepté de faire partie de mon jury en tant que rapporteurs, et à François Bocquier en qualité de président du Jury.

Merci à Christophe Soulard pour ses précieux conseils depuis l'atelier Innovation à Ouagadougou et dans le cadre du comité de thèse.

Merci à Charles-Henri Moulin, pour avoir accepté de faire partie de mon comité de thèse et avoir partagé sa précieuse expérience de la zootechnie en Afrique.

Merci à Abdrahmane Wane, pour les connaissances indispensables d'économiste apportées et pour la participation aux comités de thèse.

Merci à Patrick D'Aquino, pour les remises en cause et les précieuses recommandations au sujet de la participation... Tout ce que tu m'as dit s'est vérifié sur le terrain!

Je remercie tous les membres du service BEPP de l'ISRA-LNERV et à tous ceux qui contribuent à la réussite du projet d'éradication des glossines dans les Niayes!

Merci à Momar Talla Seck et Assane Gueye Fall pour l'accueil au sein de l'ISRA et le climat de travail exceptionnel... Merci pour les échanges passionnés autour du projet dans les Niayes... Je remercie Dr Seck pour la participation aux comités de thèse.

Merci à Yaya Thiongane, El-Hadji Traoré et le secrétariat. Merci pour l'accueil et la bonne ambiance de travail à Lamine Djiba, Moussa Fall, Mariam Sow Diarra, Saliou Niang, Idriss Sarr, Binetou Faye Traoré, Mireille Bassène.

Merci à l'AIEA et en particulier à Marc Vreysen pour avoir soutenu ce projet ambitieux et difficile d'éradication des glossines.

Je remercie les membres de la DSV du Sénégal,

Merci à Baba Sall pour avoir porté le projet d'éradication de sa naissance jusqu'à son terme avec toujours le souci de l'efficacité et de la concertation,

Merci à tous les agents de la DSV pour leur dévouement, le temps passé et le partage d'expérience! Une pensée particulière pour Alphonse Manga qui est décédé pendant le projet dans lequel il s'est investi avec passion. Merci à Abdou Mbaye, Awa Sarr, Demba Sy, Babel Sow, Ndeye Diack!

J'éprouve une immense gratitude envers les éleveurs qui ont accepté les multiples entretiens nécessaires aux études de cas, merci pour l'accueil et le temps consacré! Merci à Baye Fall Diop, Birame Ba, Birame Sow, Boubacar Sow, Daour Dramé, Djibi Ba, Djibi Sow, Ndiol Ba, Bathié Ka, Ablaye Diop et Aldiouma Ba.

Merci à Carole Nyonse et Iba Mall pour leur gentillesse et le travail accompli sur le terrain!

Merci à Henri Hocde, pour l'animation des ateliers participatifs, la bonne humeur et la passion pour la participation.

Je remercie Claire Ruault et Elisabeth Rasse-Mercat, pour l'apprentissage de l'entretien compréhensif sur le terrain et la pédagogie du GERDAL dans l'héritage de Jean-Pierre Darré...Un tournant dans ma thèse! ...

Je tiens à remercier l'unité CMAEE du CIRAD pour l'excellent encadrement scientifique, l'aide à l'organisation de la thèse et les nombreuses intractions positives. Merci à Nadège Cassese, Denise Bastron et Marie-Caroline Estienne pour votre aide et votre gentillesse.

Merci à Renaud Lancelot pour l'engagement indéfectible, le dynamisme, la rigueur, ainsi que la conciliation entre des démarches scientifiques différentes!

Je remercie les membres de l'équipe méthodologie du chantier ImpresS, en particulier Danielle Barret et Agathe Devaux Spartakis, pour la dynamique enthousiaste et l'appui méthodologique.

Merci à Sandrine Auzoux et Thierry Chapuset pour la formation en conception de bases de données, votre aide et votre gentillesse.

Merci à Ahmdou Dicko, notre geek préféré, pour le don qu'il a en code... et sa personnalité qui rend le travail en équipe toujours stimulant!

Je remercie tous les membres du CIRDES pour les travaux réalisés au Burkina, depuis mon DEA passé à l'université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

Je remercie chaleureusement le directeur du centre Pr Abdoulaye Gouro et Dr Issa Sidibé qui ont rendu possibles les travaux sur le pédiluve et l'enquête d'épidémiologie participative.

Un grand merci à Frédéric Stachurski, « le père du pédiluve », pour sa passion et toute la réflexion philosophique qu'il rend indissociable de la réflexion scientifique... Toujours je voudrais te lire!

Merci à Hamadou Seyni, pour avoir montré la voie en socio-économie de la trypano.

Je remercie Lassina Sanogo pour sa passion de la sociologie et tous les efforts consentis pour faire le meilleur travail dans des conditions de terrain difficiles.

Je remercie particulièrement Naférima Koné et Hervé Vitouley pour les travaux d'épidémiologie participative et pour votre opiniâtreté à les mener à bien!

Merci à Assane Adakal pour l'expertise, les corrections et la collaboration sur le pédiluve.

Je remercie Laure Guerrini avec qui nous avons passé ensemble de belles années à Bobo-Dioulasso, aussi bien au bureau qu'en brousse. J'ai tellement aimé son tempérament et sa philosophie de vie!

Merci à Félix et Sanaa pour m'avoir accompagnée dans la découverte de la brousse au Burkina!

Merci aux élèves de l'UEPL, les familles Diallo, Sangaré et Ba en particulier! Non seulement, j'ai toujours été magnifiquement accueillie au village mais j'ai aussi beaucoup appris... Il faut du temps et de l'amitié pour cela, merci!

Merci à tous les chercheurs de l'IRD à Bobo, en particulier Philippe Solano pour toutes les controverses animées au sujet de la trypano et les soirées ad hoc...

Merci au CIRAD pour l'encadrement scientifique, l'esprit de la maison, et les écoles-chercheurs si appréciées,

Je remercie mon deuxième co-directeur et mari, car il ose tout! Je sais que je peux toujours compter sur son analyse scientifique et son esprit critique très direct... La science est une aventure tout autant que la vie familiale!!

Je remercie mon oncle Henri, pour m'avoir donné l'envie de faire des études vétérinaires et mes parents pour m'y avoir encouragée et soutenue!

Je désire rendre hommage aux Trois Etienne, les "Boeufs" de Loudéac, ainsi que Victor et Michel Moisan pour la haute idée de la ruralité et du développement de l'élevage.

Je remercie Arthur, Léa et Capucine qui ont dû s'accommoder de mon manque de disponibilité et sur lesquels j'ai testé quelques méthodes participatives... Grâce à eux, j'ai compris qu'il fallait bien cerner ses objectifs avant de choisir ses méthodes et que le biais de suggestion est bien souvent utile!!

## Liste des publications

**Bouyer, F., A. Belem, H. Seyni, H. Adakal, R. Lancelot, F. Stachurski, and J. Bouyer.** 2011. Adoption du pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 64: 21-32.

**Bouyer, F., S. Hamadou, H. Adakal, R. Lancelot, F. Stachurski, A. M. G. Belem, and J. Bouyer.** 2011. Restricted application of insecticides: a promising tsetse control technique, but what do the farmers think of it? *PLoS Negl Trop Dis* 5: e1276.

**Koné, N., F. Bouyer, H. Vitouley, I. Sidibé, E. Ngoran, L. Vial, T. Balenghien, and J. Bouyer.** 2012. Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun, au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures* 21: 404-416.

**Bouyer, J., F. Bouyer, M. Donadeu, T. Rowan, and G. Napier.** 2013. Community and farmer-based management of animal African trypanosomosis in cattle. *Trends in Parasitology* 29: 519-522.

**Bouyer, F., M. T. Seck, A. Dicko, B. Sall, M. Lo, M. J. B. Vreysen, E. Chia, J. Bouyer, and A. Wane.** 2014. Ex-ante Benefit-Cost Analysis of the Elimination of a *Glossina palpalis gambiensis* Population in the Niayes of Senegal. *PLoS Negl Trop Dis* 8: e3112.

**Bouyer, F., J. Bouyer, M. T. Seck, B. Sall, A. H. Dicko, R. Lancelot, and E. Chia.** 2015. Importance des infections à transmission vectorielle selon le système de production : trypanosomose bovine et dynamique d'innovation des éleveurs au Sénégal. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 34: 199-212.

## Liste des présentations dans des conférences internationales

**Bouyer, F., A. Belem, H. Seyni, H. Adakal, R. Lancelot, and J. Bouyer.** 2009. Adoption du pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso, pp. 18-35. In, Evaluation des impacts des innovations dans les systèmes de production et les territoires agropastoraux d'Afrique de l'Ouest : quelles méthodes, quels indicateurs ? 1-4 décembre, Ouagadougou. CIRAD, CIRDES, Agence Universitaire de la Francophonie, Corus.

**Bouyer, F., A. M. G. Belem, H. Seyni, H. Adakal, R. Lancelot, and J. Bouyer.** 2010. Adoption d'une nouvelle méthode de lutte sanitaire en milieu paysan au Burkina Faso : le pédiluve acaricide/insecticide, p. 22. In, Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food, 28 June - 1 July 2010, Montpellier. ISDA.

**Bouyer, F., N. Koné, H. S. Vitouley, H. Adakal, R. Lancelot, F. Stachurski, L. Vial, T. Balenghien, M. T. Seck, and J. Bouyer.** 2012. Pratiques ancestrales, actuelles ou innovations : comment les éleveurs gèrent-ils le risque trypanosomien au Burkina Faso?, p. 138. In, 6ème conférence de la Société Ouest Africaine de Parasitologie: Actualités sur les parasites et les parasitoses en Afrique à l'aube du 21ème siècle, 18-20 décembre, Dakar.

**Bouyer, F., A. Dicko, M. T. Seck, B. Sall, M. Lo, M. Vreysen, J. Bouyer, E. Chia, and A. Wane.** 2013. A cost-benefit analysis of tsetse eradication in the Niayes area of Senegal, 32nd ISCTRC Conference, Khartoum, 8-12 Septembre, Khartoum.

**Bouyer, F., J. Bouyer, M. T. Seck, B. Sall, A. H. Dicko, R. Lancelot, and E. Chia.** 2015. Impact des trypanosomoses bovines sur les dynamiques d'innovation des éleveurs au Sénégal. 33rd ISCTRC conference, 14-18 Septembre, Ndjamena.

# Table des matières

|  |     |
|--|-----|
| Résumé .....   | i   |
| Summary .....  | iii |
| Remerciements .....  | vi  |
| Liste des publications .....   | x   |
| Liste des présentations dans des conférences internationales .....   | xi  |
| Table des acronymes .....  | xiv |
| 1. Introduction .....  | 1   |
| 2. Synthèse bibliographique .....  | 8   |
| 2.1. Importance des trypanosomes animaux pour le développement de l'élevage en Afrique .....                             | 8   |
| 2.1.1 Epidémiologie des trypanosomoses animales .....  | 8   |
| 2.1.1.1 Les glossines, vecteurs cycliques des trypanosomoses animales Africaines ..                                      | 8   |
| 2.1.1.2 Principales espèces de trypanosomes pathogènes pour le bétail en Afrique.  | 12  |
| 2.1.1.3 Pathogénie et signes cliniques .....   | 14  |
| 2.1.1.4 La trypanotolérance .....  | 15  |
| 2.1.1.5 Choix des races et amélioration génétique .....  | 21  |
| 2.1.1.6 Changements environnementaux et cycles épidémiologiques .....  | 23  |
| 2.1.2 Lutte intégrée contre les trypanosomoses animales .....  | 26  |
| 2.1.2.1 Historique .....   | 27  |
| 2.1.2.2 Les apports de l'épidémiologie participative à la lutte contre les TAA .....                                     | 34  |
| 2.1.2.3 Développements récents de la lutte contre les TAA .....  | 36  |
| 2.1.3 Importance socio-économique des trypanosomoses animales .....  | 40  |
| 2.2. Etat de l'art de méthodes pour étudier l'impact du risque sanitaire sur l'innovation                                | 46  |
| 2.2.1 L'approche et les méthodes d'épidémiologie participative .....   | 46  |
| 2.2.2 Apports théoriques et méthodologiques des sciences sociales à l'étude de l'innovation .....                        | 54  |
| 2.2.2.1 Les apports généraux des sciences de gestion .....   | 55  |
| 2.2.2.2 L'entretien compréhensif .....   | 60  |
| 2.2.2.3 La Sociologie de l'Acteur Réseau (SAR) ou sociologie de la traduction .....                                      | 61  |
| 2.2.2.4 Les apports du GERDAL à l'analyse socio-technique .....  | 66  |
| 2.3. Conclusion .....  | 69  |
| 3. Résultats .....   | 72  |
| 3.1. Analyse coûts-bénéfices ex-ante de la campagne d'éradication des glossines dans la zone des Niayes du Sénégal ..... | 72  |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2. Application ciblée des insecticides par pédiluves : une technique de lutte prometteuse contre les glossines, mais qu'en pensent les éleveurs ? .....              | 88  |
| 3.3. Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun, au Burkina Faso .....                                 | 107 |
| 3.4. Importance des infections à transmission vectorielle selon le système de production : trypanosomose bovine et dynamique d'innovation des éleveurs au Sénégal..... | 124 |
| 4. Discussion et perspectives.....   | 147 |
| 4.1. Synthèse: les capacités d'innovation des éleveurs en relation avec le risque trypanosomien .....  | 147 |
| 4.2. Hybrider sciences sociales et sciences vétérinaires pour comprendre et accompagner les éleveurs dans les processus d'innovation .....                             | 156 |
| 4.3. Contribution à l'étude in itinere de l'impact du programme d'éradication des glossines au Sénégal.....  | 182 |
| 4.3.1 Canevas de l'étude de cas ImpresS .....  | 183 |
| 4.3.2 Les résultats de l'étude de cas .....  | 184 |
| 4.3.2.1 Le périmètre de l'innovation .....   | 184 |
| 4.3.2.2 Le récit de l'innovation .....   | 186 |
| 4.3.2.3 Le chemin de l'impact.....   | 187 |
| 4.3.2.4 L'atelier participatif et la suite du processus d'enquête .....  | 189 |
| 5. Conclusion : Risque trypanosomien et innovation, le cas des éleveurs d'Afrique de l'Ouest .....   | 193 |
| 6. Références .....  | 196 |
| Annexe 1 .....   | 210 |
| Annexe 2 .....   | 232 |
| Annexe 3 .....   | 246 |
| Annexe 4 .....   | 253 |
| Annexe 5 .....   | 255 |
| Annexe 6 .....   | 259 |
| Annexe 7 .....   | 265 |
| Annexe 8 .....   | 267 |
| Annexe 9 .....   | 268 |

## Table des acronymes

ACIAR : Australian Centre

AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique

ANIPL : Association Nationale pour l'Intensification de la Production Laitière (Sénégal)

AVSF : Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières

AW-IPM : Area Wide- Integrated Pest Management

CGIAR : Consultative Group on International Agricultural Research

CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique pour le Developpement (France)

CIRDES : Centre International de Recherche-Developpement sur l'Elevage en zone Sub-humide (Burkina Faso)

CRTA : Centre de Recherche sur les Trypanosomoses Animales (Burkina Faso)

DNCB : Dermatose Nodulaire Contagieuse Bovine

DSV : Direction des Services Vétérinaires

ELAT : Ecole de Lutte Anti-Tsetse (Burkina Faso)

EP : Epidémiologie Participative

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (Roma)

FVR : Fièvre de la Vallée du Rift

GERDAL : Groupe d'Expérimentation et de Recherche, Développement et Actions Localisées

GOANA : La Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance (Sénégal)

GPL : Groupe de Pairs Localisé

GPS : Global Positioning System

HIV : Human Immunodeficiency Virus

IA : Insémination Artificielle

ICIPE : International Centre of Insect Physiology and Ecology (Kenya)

IIED : International Institute for Environment and Development (Londres)

ILCA : International Livestock Centre for Africa

ILRAD : International Laboratory for Research on Animal Diseases

ILRI : International Livestock Research Institute

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique (France)

ISCTRC : International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (Sénégal)

ISS : Interviews Semi-Structurées

ITC : International Trypanotolerance Centre (Gambie)  
ITC: Insecticide Treated Cattle (bétail traité de manière épicutanée par insecticide)  
ITK : Indigenous Technical Knowledge  
ITT: Insecticide Treated Targets  
KAP : Knowledge Attitude and Practice  
KETRI : Kenya Trypanosomiasis Research Institute (Kenya)  
L-IPM : Localized Integrated Pest Management  
MARP : Méthode Accélérée de Recherche et de Planification  
NITR : Nigeria Institute for Trypanosomiasis and onchocerciasis Research (Nigeria)  
OIE : Organisation mondiale pour la Santé animale  
ONG : Organisations Non Gouvernementales  
PARC : Pan African Rinderpest Campaign  
PATTEC : Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign  
PDS : Participatory Disease Searching  
PIB : Produit Intérieur Brut  
PLA : Participatory Learning and Action  
PPCB : Péri-Pneumonie Contagieuse Bovine  
PPO : Points de Passages obligés  
PRA : Participatory Rural Appraisal  
PROGEBE : Projet Régional de Gestion Durable du Bétail Endémique  
RRA : Rapid Rural Appraisal  
SAR : Sociologie de l'Acteur-Réseau ou sociologie de la traduction ou Théorie de l'Acteur-Réseau  
SIT : Sterile Insect Technique  
TAA : Trypanosomoses animales africaines  
THA : Trypanosomose Humaine Africaine  
TIS : Technique de l'Insecte Stérile (traduction française de la SIT)  
UA : Union Africaine  
UTRO : Uganda Trypanosomiasis Research Organization (Ouganda)  
VPN : valeur prédictive positive

## 1. Introduction

Les pays dits en voie de développement, sous-développés ou émergents ont besoin de développer leur agriculture et leur élevage pour contribuer au développement économique et à la sécurité alimentaire de leurs populations. Cependant, dans le cas de l'élevage en Afrique, les éleveurs doivent lutter contre des maladies tropicales qui les empêchent de développer leurs élevages, d'augmenter la productivité de leurs troupeaux et d'investir. Ces maladies constituent des contraintes majeures pour les éleveurs. Parmi les risques sanitaires, le risque trypanosomien est l'un des plus importants. Alors que des stratégies de lutte ont été mises en œuvre par les populations depuis le début de l'élevage en Afrique subsaharienne, une lutte dirigée par les scientifiques a été mise en place depuis le début du 19<sup>ème</sup> siècle avec un foisonnement de solutions techniques. Alors que les stratégies de lutte établies par les scientifiques étaient initialement en rupture totale avec les pratiques des populations, un retour récent vers celles-ci en vue de les intégrer s'opère et cette troisième voie nous intéresse particulièrement.

Les Trypanosomoses Animales Africaines (TAA) sont décrites comme la principale contrainte sanitaire à l'élevage en Afrique subsaharienne par les scientifiques, par les organisations africaines (à travers l'Union Africaine (UA) en particulier) et par les producteurs des zones endémiques étudiées (Swallow 2000, Catley et al. 2002, Itard et al. 2003, Hendrickx et al. 2004, Bouyer 2006b, Grace 2006, Sow et al. 2010, Vreysen et al. 2013). Leurs vecteurs, les glossines ou mouches tsé-tsé, sont présents sur 8,5 millions de km<sup>2</sup> dans 37 pays, dans lesquels 46 millions de bovins sont exposés aux TAA qui affectent directement la santé du bétail, les capacités agricoles et l'utilisation des terres (Swallow 2000, Itard et al. 2003, Alsan 2015). A l'échelle du continent, les pertes annuelles directes pour l'élevage ont été estimées à 1340 millions US\$ (Kristjanson et al. 1999) et les pertes globales pour l'agriculture et l'élevage s'élèveraient à 4750 millions US\$ (Vreysen et al. 2013). Ces pertes sont d'autant plus importantes que l'aire de répartition des glossines se situe dans les zones les plus fertiles (Alsan 2015). De plus, l'épidémiologie des TAA et celle des trypanosomoses humaines, létales en absence de traitement, sont intimement liées puisque elles partagent des vecteurs et des agents pathogènes et que le statut de zoonoses (des trypanosomoses à *Trypanosoma brucei rhodesiense* et *Trypanosoma brucei gambiense*) augmente l'importance sanitaire, sociale et économique des glossines et de leur contrôle.

Un trypanosome (*Trypanosoma brucei brucei*) a été décrit comme l'agent pathogène qui a protégé les africains des invasions et la faune sauvage africaine de la destruction (Maudlin 2006). Alsan a montré que les glossines ont affecté depuis la période pré-coloniale le développement de l'Afrique en induisant, via le rôle négatif sur la domestication animale et les technologies associées, de faibles capacités à produire un surplus agricole, de faibles capacités de transport, une densité humaine faible et un effet institutionnel par une faible centralisation et la pratique de l'esclavage (Alsan 2015). Après plus d'un siècle d'efforts de lutte, le contrôle des trypanosomoses reste un sujet non épuisé de controverses socio-techniques (Maudlin 2006).

De par leur histoire et leur épidémiologie, les TAA apparaissent comme un modèle intéressant pour étudier l'innovation en relation avec un risque sanitaire.

On peut s'interroger sur les stratégies développées par les producteurs ainsi que par les gouvernements et la communauté internationale pour diminuer l'impact de ce fléau. Comment se décident les actions de lutte ?

En Afrique de l'Ouest, la recherche a accumulé une grande expérience sur la lutte contre les trypanosomoses avec la création de centres de recherche internationaux (le Centre de Recherche sur les Trypanosomoses Animales (CRTA) devenu Centre International de Recherche-Developpement sur l'Elevage en zone Sub-humide (CIRDES) et l'International Trypanotolerance Centre (ITC)) et d'un centre de formation pour la lutte (Ecole de Lutte Anti-Tsetse, ELAT) au Burkina Faso à partir des années 70 (Sow et al. 2010).

Suite à une décision historique des gouvernements africains au sommet de l'Union Africaine à Lome (Togo, July 2000), une initiative politique à l'échelle du continent a été prise en 2001 afin d'éradiquer les glossines et les trypanosomoses humaine et animales : il s'agit de la « Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign » (PATTEC) (<http://pattec.au.int/>). De nombreuses initiatives nationales s'inscrivent dans le cadre de la PATTEC : en particulier, le Burkina Faso et le Sénégal ont initié leurs campagnes de lutte en 2005 ; il s'agit du « Projet de Création de zones libérées durablement de la mouche Tsé-Tsé et de la Trypanosomose » pour le Burkina (<http://www.pattec.bf/>) et du « projet de lutte contre la mouche tsetse dans les Niayes » pour le Sénégal, ce dernier mettant en place une lutte intégrée à l'échelle des populations totales «AW-IPM (area wide- Integrated Pest Management) » en vue de l'éradication (<http://www.elevage.gouv.sn/index.php/2014-06-23-18-33-35/projet-de-lutte-contre-la-mouche-tse-tse-dans-la-zone-des-niayes>).

Après une longue histoire de programmes de lutte et de controverses socio-techniques alimentées par les nombreux échecs de ceux-ci, le contrôle des TAA représente plus que jamais des enjeux importants en Afrique tant du point de vue économique, social, scientifique et politique (Itard et al. 2003, Okhoya 2003, Sow et al. 2010). Les principales controverses portent d'une part sur la désirabilité et faisabilité de l'éradication et d'autre part sur la pertinence des méthodes de lutte en vue de l'éradication ou du contrôle des TAA (Bouyer et al. 2013c). Face aux défis alimentaires et économiques auxquels l'Afrique est confrontée, l'amélioration du contexte sanitaire par la lutte contre les TAA est vue comme indispensable pour améliorer et intensifier les productions animales, ce qui nécessite d'innover, aussi bien pour la lutte que pour l'amélioration des productions animales. Dans ce sens, l'innovation s'inscrit alors dans un processus d'intensification. Pour Couty, l'intensification est vue comme un investissement en travail et/ou en capital par unité de surface permettant d'atteindre une amélioration de la production, de la productivité de la terre et du travail (Couty 1989). Des effets bien plus larges sont attendus, en particulier sur les productions végétales à travers la traction animale et la santé humaine par l'amélioration de l'alimentation.

L'hypothèse posée par les partenaires du projet d'éradication des glossines dans les Niayes est que le contrôle des TAA va favoriser l'innovation, en particulier dans les systèmes de production animale. En effet, nous pouvons imaginer que son impact sera d'autant plus important que les politiques publiques mises en place pour améliorer la production tiendront compte des objectifs et des pratiques des agriculteurs, et en particulier de leur capacité à innover individuellement mais surtout collectivement. De quoi parle-t-on ? Qu'est-ce que l'innovation ?

L'innovation est une invention ou une nouvelle pratique qui a réussi (Chia 2004) ! « L'innovation est une invention qui s'est répandue », qui a été adoptée par et dans un milieu social (Gaglio 2011). Cette invention peut être un nouveau produit, un nouveau procédé, une nouvelle manière d'accéder à des services, une nouvelle manière de s'organiser, ou une nouvelle manière de commercialiser des produits ou des services (Schumpeter 1935) ; la notion de nouveauté est relative au groupe social. L'innovation désigne aussi bien le résultat que le processus pour obtenir un changement grâce à une « destruction créatrice » (Schumpeter 1935) qui peut être linéaire ou tourbillonnaire (Callon 1986, Akrich et al. 2006).

De nombreux projets de développement veulent améliorer la productivité des systèmes d'élevage et favoriser l'intensification par le contrôle des TAA. L'amélioration de la productivité grâce à la lutte contre les TAA (par le contrôle ou l'éradication) semble prévisible

à système d'élevage constant et fait l'objet de simulations grâce à des modèles et à des études socio-économiques (cas de l'éradication à Zanzibar). En revanche, les dynamiques d'innovation et les logiques d'action des éleveurs sont mal connues et non prises en compte par les concepteurs des politiques publiques ou de projets de développement en raison des méthodologies employées ou par manque d'intérêt. Elles sont constatées a posteriori mais le processus reste dans une boîte noire.

Pour prévoir les effets du contrôle des TAA sur l'innovation et mieux l'accompagner, nous proposons d'étudier spécifiquement la manière dont les éleveurs intègrent le risque trypanosomien dans leurs logiques d'action mais aussi d'appréhender l'évolution des stratégies lorsque la situation sanitaire change pour contribuer à étudier l'impact du risque sur l'innovation. Le modèle choisi pour circonscrire le domaine étudié est l'élevage bovin, en raison de l'impact médical et économique plus important des TAA sur les bovins par rapport aux autres espèces domestiques (Seck et al. 2010b, Sow et al. 2013, Shaw et al. 2014), en particulier dans l'Ouest du Burkina et dans la zone des Niayes au Sénégal.

En épidémiologie, le risque trypanosomien est la probabilité qu'un animal soit infecté par un trypanosome dans un site donné (Cuisance et al. 2003a). Le terme de pression trypanosomienne est quelquefois utilisé. De nombreux facteurs influencent ce risque. Les trois principaux sont la densité relative des glossines, leur taux d'infection et la proportion de repas pris sur le bétail (Cuisance et al. 2003a). En zone d'endémie, on peut considérer que ce risque est généralement corrélé linéairement à la densité des vecteurs cycliques des trypanosomes, les glossines. Il a été l'objet de nombreuses études entomologiques et parasitologiques (Cuisance et al. 2003a, Seck et al. 2010b, Sow et al. 2013) ainsi que d'études d'épidémiologie participative (Snow and Rawlings 1999, Catley and Irungu 2000, Catley et al. 2002, Machila et al. 2003, Grace 2006, Ohaga et al. 2007). Les études d'impact sont essentiellement des analyses économiques ou socio-économiques de l'effet des TAA sur la productivité (Kristjanson et al. 1999, Kamuanga et al. 2001a, Kamuanga 2003, Shaw et al. 2013, Shaw et al. 2014). Les enquêtes d'épidémiologie participative ont été utilisées dans le but d'analyser la perception de la contrainte liée aux TAA et de relever les pratiques sanitaires concernant leur contrôle. Des enquêtes de perception et sur la gestion du risque trypanosomien sont aussi réalisées par questionnaire (Soudré et al. 2013). Il est nécessaire de connaître la perception de ce risque trypanosomien et les conceptions associées de manière adéquate puisque nous nous intéressons aux logiques d'innovation en relation avec le contexte sanitaire.

Ces études ont deux hypothèses qui induisent des biais majeurs : d'une part, l'effet sur la productivité est prévu à système d'élevage constant, sans innovation. De plus, des comparaisons économiques sont réalisées entre stratégies qui ont des effets différents. Il est alors nécessaire de savoir comment les éleveurs innovent en fonction de l'importance de risque.

Comment étudier la manière dont les éleveurs prennent en compte le risque trypanosomien dans leurs logiques et/ou stratégies d'action ?

Au Burkina Faso, la région de la boucle du Mouhoun est une zone propice à l'étude des stratégies de contrôle des TAA par les éleveurs (Fig.1). C'est une zone de risque trypanosomien endémique où l'élevage est important et les données sanitaires sont nombreuses. Dans cette zone, on trouve des sites où le risque est géré par les éleveurs sans intervention extérieure et d'autres où il y a intervention de projets de développement pour favoriser l'innovation dans les stratégies de contrôle.

Au Sénégal (Fig. 1), le projet d'éradication dans les Niayes permet d'appréhender le processus même de changement. Au lieu d'envisager le changement de contexte sanitaire comme un déterminant des pratiques à l'insu des éleveurs, notre démarche est de comprendre au sens wébérien ce qui explique et justifie les actes selon le point de vue des acteurs, selon le sens qu'ils donnent à la réalité (Weber 1971). Il y a d'une part l'impact du projet d'éradication et d'autre part l'effet de l'éradication qui a une valeur plus générique. L'effet du projet d'éradication englobe l'effet de l'éradication mais est dépendant du processus particulier mis en place. L'impact complet sur l'innovation étant généralement mesurable sur un temps assez long (Colinet et al. 2014) et avec des ramifications complexes, nous avons choisi de circonscrire l'analyse à la composition des troupeaux comme entrée sur les trajectoires d'innovation. Les représentations des troupeaux et des races donnent ainsi des clés de lecture de gestion des ressources animales et des dynamiques d'innovation.

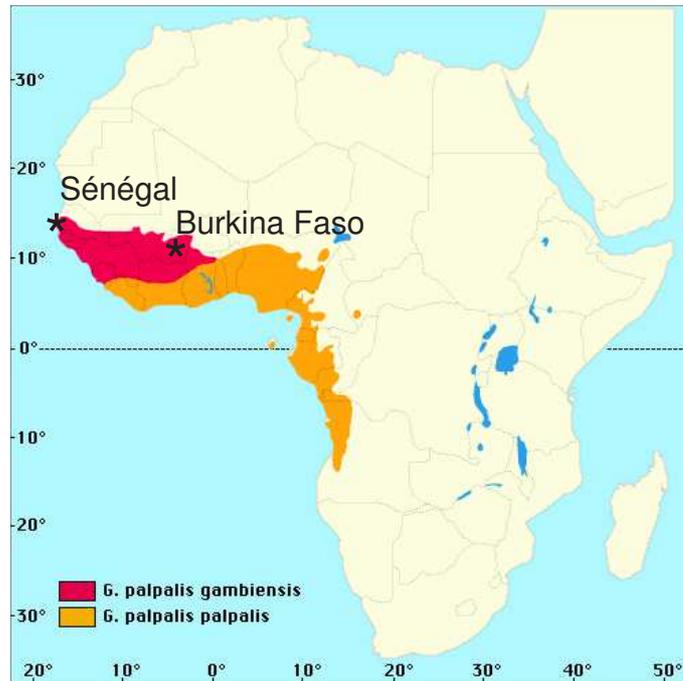


Fig. 1. Localisation des deux sites d'étude (la zone des Niayes au Sénégal et le bassin du Mouhoun au Burkina Faso) en limite nord de la distribution des glossines. Source de la distribution des glossines : « Les Glossines ou mouches tsé-tsé », Logiciel d'identification et d'enseignement, Orstom / Cirad.

Notre objectif global est de comprendre comment le risque trypanosomien est intégré dans les logiques d'innovation. Pour cela, nos questions de recherche intermédiaires sont :

- Quelle est l'importance de l'innovation dans l'impact d'un programme d'éradication des TAA ?
- Quels sont les déterminants d'un processus d'innovation concernant la lutte antivectorielle ?
- Quelle est la perception de l'intensité du risque trypanosomien et comment l'évaluer ? Quelles sont les pratiques associées ?
- Comment évaluer les dynamiques d'innovation en relation avec l'évolution du risque trypanosomien ?

Dans un premier temps, nous ferons un état de l'art sur l'importance des TAA pour le développement de l'élevage en Afrique et les méthodes disponibles pour étudier l'impact du risque trypanosomien sur l'élevage. Dans les résultats, nous présenterons une analyse coûts-

bénéfices du projet d'éradication des glossines dans les Niayes qui montre l'importance de prendre en compte l'innovation pour évaluer l'impact économique de la lutte contre les TAA (partie 3.1). Puis, nous analyserons les déterminants du processus d'innovation qui concerne une méthode de lutte innovante, le pédiluve, au Burkina Faso, dans une démarche hypothético-déductive (partie 3.2). Ensuite, nous présenterons l'intérêt de l'épidémiologie participative pour l'étude des perceptions du risque et les pratiques associées et situer l'importance des pratiques ancestrales, actuelles et innovantes en zone d'endémie (partie 3.3). Enfin, nous proposerons une méthodologie pour aborder les logiques d'action des éleveurs et leurs capacités d'innovation en relation avec le changement de contexte sanitaire (partie 3.4).

Les textes encadrés correspondent à des éléments de synthèse.

## 2. Synthèse bibliographique

### 2.1. Importance des trypanosomes animaux pour le développement de l'élevage en Afrique

#### 2.1.1 Epidémiologie des trypanosomoses animales

##### 2.1.1.1 Les glossines, vecteurs cycliques des trypanosomoses animales Africaines

###### Position taxonomique et distribution géographique

Les glossines sont les vecteurs cycliques des TAA. Ce sont des insectes diptères cyclorraphes appartenant à la famille des Glossinidae et au genre *Glossina* que l'on ne trouve qu'en Afrique subsaharienne. Il existe 31 espèces et sous-espèces de glossines appartenant à 3 sous-genres (*Nemorhina*, *Glossina s. str.*, *Austenina*) mais l'on ne rencontre que deux espèces de glossines dans nos zones d'étude au Burkina Faso : *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 et *Glossina tachinoides* Westwood, 1850 qui appartiennent au même sous-genre (*Nemorhina*). L'écologie de ces deux espèces est cependant très différente : les *G.p.gambiensis* vivent dans la végétation riveraine de type guinéenne (associée à des inondations de courte durée) et dans les mangroves de la zone de savanes, alors que les *G. tachinoides* vivent dans les cordons ripicoles soudaniens, avec des densités maximales en zone de lisière (Bouyer 2006b). Au Sénégal, on trouve dans les Niayes une population isolée de *Glossina palpalis gambiensis*. Bien que l'on parle de glossines riveraines, elles sont davantage inféodées à un type de végétation plutôt qu'à la présence de cours d'eau (Bouyer 2006b), ce qui est particulièrement important pour la zone des Niayes où la distribution des glossines est extrêmement fragmentée et hétérogène (Touré 1973b).

###### Ecologie

Les glossines ont un cycle reproductif très particulier : elles appartiennent au groupe des pupipares (avec les Hyppoboscidae, les Strebliidae et les Nycteribiidae) (Itard and Cuisance 2003) ; chaque femelle ne porte qu'une seule larve pendant « la gestation », qu'elle nourrit grâce à des glandes lactifères utérines et, à la naissance (larviposition), la larve s'enfouit dans le sol sans se nourrir dans le milieu extérieur pour se transformer en puce puis se métamorphoser en adulte, après nymphose. Ceci est rendu possible grâce au régime alimentaire hématophage très nutritif des adultes (Bouyer 2006b).

Les glossines ont un cycle de vie long et complexe : la phase larvaire intra-utérine comprend 3 stades et dure environ 10 jours ; après la larviposition et transformation en larve

L'IV la phase larvaire au sol est très brève tandis que le stade pupale dure entre 30 et 80 jours selon la température; enfin le stade imago est de 30 j en moyenne à 25°C, en fonction de l'espèce et de la température.

La connaissance de l'histoire de vie des glossines permet de comprendre sa stratégie démographique. Leur faible fécondité, leur faible aptitude à la dispersion et leur forte compétitivité font d'elles des espèces à forte composante K (Bouyer 2006b). Leur biologie est adaptée à des milieux peu variables. Leur mortalité densité dépendante est un régulateur important des populations. Leur cycle de développement est long (de 40 à 100 jours) et leur taux de reproduction est très bas (10 descendants au maximum par femelle) alors que les imagos ont une durée de vie longue (jusqu'à 100 jours) (Rogers and Randolph 1985).

La femelle s'accouple au cours des 4 premiers jours de sa vie adulte (avec généralement un seul mâle) et stocke le sperme dans deux spermathèques. Les intervalles entre les larvipositions sont en moyenne de 10 à 11 jours et diminuent avec la température. Les glossines sont très sensibles aux conditions thermiques qui doivent être comprises entre 16 et 36°C (pour des sites dont la température moyenne annuelle est supérieure à 20°C), avec un optimum à 25°C ainsi qu'aux conditions hygrométriques avec des optimums comprises entre 50-60% d'humidité relative pour les glossines de savane et entre 65 à 85% pour les espèces forestières (Itard and Cuisance 2003). Les stress thermiques et hygrométriques augmentent le taux d'avortement et diminuent la durée de vie des adultes. Les durées de vie sont généralement inférieures à 80 j et le nombre de descendants par femelle est en moyenne de 5 à 6, ce qui est très faible.

Les densités apparentes de glossines suivent de fortes variations saisonnières, en relation avec ce cycle de vie influencé par les conditions thermiques et hygrométriques. Ainsi au Burkina Faso et au Sénégal, les densités de glossines sont maximales en saison des pluies et minimales en saison sèche froide. Ces tendances varient bien sûr selon les conditions locales (Cuisance 2001).

Les facteurs de mortalité densité dépendants sont la prédation, les maladies des stades larvaires et la compétition pour la nourriture (Vale 1977, Rogers and Randolph 1985), dont l'intensité diminue avec les densités de mouches. Cette régulation fine des densités de glossines par des facteurs densité dépendants explique l'efficacité en vue de l'éradication de la technique de males stériles sur les populations de glossines par rapport aux autres méthodes de lutte antivectorielle car l'efficacité de la lutte par males stériles augmente lorsque les densités de glossines diminuent.

De nombreux modèles de dynamique des populations de glossines ont été élaborés et utilisés pour comparer les effets et les coûts des différentes méthodes de lutte (Peck and Bouyer 2012). Ces modèles très complexes et polymorphes ont alimentés de nombreuses controverses, entre partisans des différentes méthodes conventionnelles et de la SIT et aussi selon le modèle étudié (glossines savaniques versus riveraines).

### Alimentation

Les deux sexes sont hématophages avec un spectre d'hôtes variable selon les espèces. *G. palpalis gambiensis* et *G. tachinoides* sont des prédateurs opportunistes et donc adaptables: leur gamme d'hôtes est très large et comprend entre autres les reptiles, les bovins, les chevaux, les suidés et les hommes (ainsi que la faune sauvage) (Weitz 1963, Bouyer 2006b). En relation avec un taux de reproduction particulièrement bas, les glossines ont des stratégies trophiques qui diminuent le risque de mortalité lié à la prise de repas en dessous de 3% (Hargrove 1988). Ces stratégies influencent le choix de l'hôte selon son espèce et son statut physiologique : les animaux en densité suffisante et ne présentant pas de comportement défensif sont préférés. Ainsi il a été observé que les bovins âgés, de grand format, sont plus attractifs que les veaux (Dayo et al. 2010). De plus, il y a une préférence pour les parties anatomiques des hôtes faciles d'accès et minimisant les réactions de défense : pour les bovins il s'agit de la partie distale des membres (Bouyer 2006b). Enfin, la préférence d'hôte par espèce permettrait une réduction des efforts de prédation par apprentissage puisque les zones d'attaque sont différentes d'une espèce à une autre. Il a été démontré que cette préférence, chez les espèces à large spectre de prédation, découle principalement de l'imprégnation des glossines à l'espèce hôte choisie pour leur premier repas, choix lié aux préférences trophiques innées et à la biodisponibilité de l'hôte (Challier 1973, Bouyer 2006b).

La présence de nombreux vecteurs mécaniques augmente la probabilité d'interruption du repas sanguin des glossines et de changement d'hôte, ce qui a pour conséquence d'augmenter le rôle de vecteur mécanique des glossines (en plus de leur rôle cyclique) et donc la manifestation épidémique des TAA, particulièrement importante au niveau épidémiologique dans les zones à faible risque trypanosomien.

Pour trouver les proies, les glossines de savane suivent d'abord un gradient olfactif (CO<sub>2</sub>, phénols, corps cétoniques et alcools indiquant la présence d'animaux) puis les stimuli visuels deviennent prépondérants à faible distance ; chez les glossines riveraines, les stimuli visuels ont globalement beaucoup plus d'importance. Les pièges et les écrans (de couleur bleu roi et noir), placés par un technicien expérimenté sur une zone de prédation et de circulation

des glossines sont repérés à une distance relativement importante de 300 m lorsque la végétation est clairsemée.

### Dispersion

Les glossines se déplacent en permanence pour la prédation et pour la reproduction (recherche de partenaire pour les mâles, recherche de sites de ponte pour les femelles) ainsi que pour la recherche de sites de repos à des conditions idéales de température et d'hygrométrie. Leur dispersion est influencée par leur densité (quand elle augmente, leur dispersion augmente), les facteurs environnementaux ( $T^{\circ}$ , hygrométrie relative, lumière, pluie et vent) et la fragmentation de leur habitat (Bouyer et al. 2009). Ainsi lorsqu'il n'y a pas de barrière naturelle ou artificielle contre la ré-invasion, l'éradication d'une population de glossines est suivie d'une recolonisation par les populations adjacentes. La dispersion des glossines riveraines en saison des pluies dans un périmètre jusqu'à 2 Km autour du cordon ripicole peut être rapprochée d'un phénomène de migration car il y a un retour au cordon ripicole en saison sèche.

### Génétique des populations et morphométrie

Les études de génétique des populations remplacent les études de dispersion classiques et sont particulièrement utiles dans les paysages fragmentés pour la mise au point de programmes de lutte et l'établissement de barrières contre la ré-invasion lorsque les barrières naturelles sont insuffisantes (Koné et al. 2011, Adam et al. 2014). La morphométrie géométrique, qui combine une analyse de la taille et de la forme des ailes de glossines, est un outil complémentaire de la génétique des populations : les distances entre groupes calculées par ces méthodes peuvent être comparées.

### Prédiction des densités grâce à l'analyse paysagère par télédétection

De nombreuses controverses ont été soulevées comme la question de l'échelle de travail et les méthodes d'analyse ont beaucoup progressé. Elles permettent de faire des prédictions précises des densités grâce à l'analyse d'images de télédétection paramétrées (Fig. 2). Les données devant être récoltées sur le terrain pour le calibrage sont des données de piégeages et des analyses de la végétation. L'enjeu est de pouvoir cibler la lutte, d'en réduire les coûts et de mettre en place un suivi à bas coût grâce à un échantillonnage stratifié (de la Rocque et al. 2001, Bouyer et al. 2006).

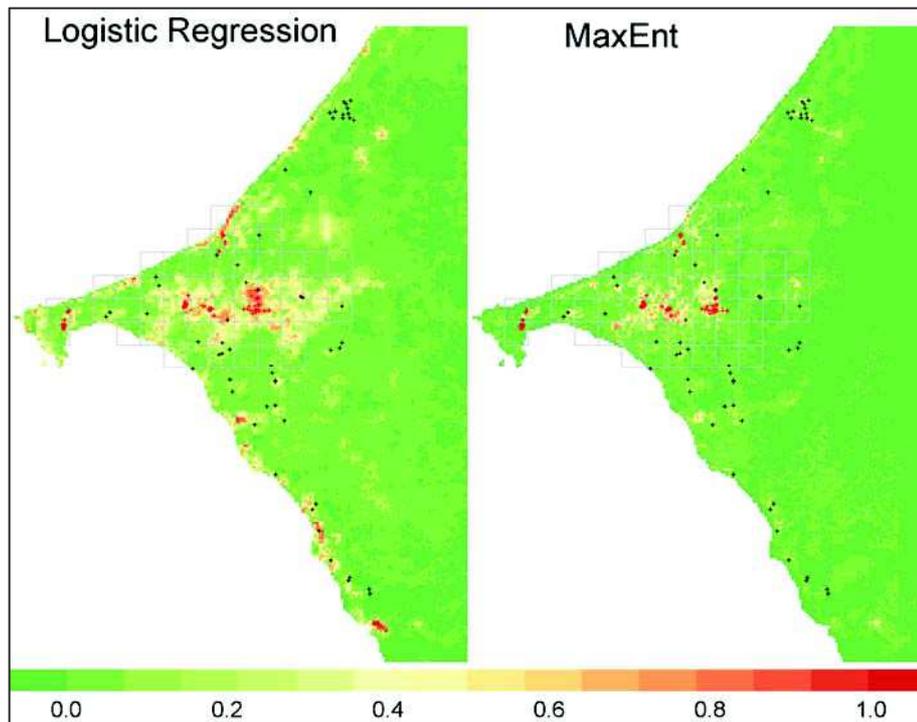


Fig. 2. Utilisation de modèles de distribution pour optimiser la lutte au Sénégal (source: (A. H. Dicko et al., 2014)).

### 2.1.1.2 Principales espèces de trypanosomes pathogènes pour le bétail en Afrique

Les trypanosomes, leurs vecteurs et les maladies associées sont entrés progressivement dans le champ scientifique : depuis leur première observation sous le microscope en 1680 (par Anthony Van Leeuwenhoek), il y eu plusieurs descriptions d'organismes flagellés et mobiles (chez des taons et des batraciens) avant que ceux-ci reçoivent le nom de genre *trypanosoma* par Gruby, en 1843 (Itard et al. 2003). Puis ces trypanosomes ont été trouvés chez un grand nombre d'espèces d'hôtes animaux (poissons, reptiles, oiseaux, mammifères), chez des plantes, ainsi que chez leurs vecteurs (insectes, sangsues, vampires). En 1880, 200 ans après la première observation, ceux-ci ont été identifiés en tant qu'agents pathogènes, en 1880 par Griffith Evans, officier vétérinaire britannique de l'armée des Indes. A la demande des administrations coloniales, confrontées aux fortes mortalités des équidés entravant les capacités de transport, des médecins et vétérinaires des armées ont été chargés de trouver les agents pathogènes du « surra » des chevaux et chameaux en Inde (*Trypanosoma evansi* en 1880), du « nagana » des animaux domestiques dans le Zoulouland (*Trypanosoma brucei* en 1899), faisant ainsi le lien, rapporté par les populations et les explorateurs, entre l'exposition aux mouches tsetse et la maladie (Itard et al. 2003, Maudlin 2006). Ce n'est que 7 ans plus tard que des « vermicules » ont été observés dans le sang d'un humain en Gambie et qu'en

1902 que *trypanosoma gambiense* a été décrit ; la transmission de *T. gambiense* par les glossines fut démontrée l'année suivante. Entre 1905 et 1913, la découverte de l'épidémiologie des trypanosomoses s'accélère : les cycles évolutifs des trypanosomes dans le tube digestif des glossines font l'objet de travaux (par Gray, Tulloch, Koch, Stulmann, Kleine, Roubaud et Bouet) ; puis de nombreuses espèces sont décrites : *T. congolense*, *T. dimorphon*, *T. suis*, *T. vivax*, *T. rhodesiense*, *T. uniforme* et *T. simiae* (Itard et al. 2003). Sur le continent sud-américain, *T. cruzi* est découvert en 1909.

Les agents responsables des TAA sont des protozoaires sanguins du genre *Trypanosoma* Gruby, 1843 qui sont des parasites obligatoires des vertébrés. Ils appartiennent tous à la section des *salivaria* et ce sont des trypanosomes à développement antérograde (transmis par inoculation de salive à l'exception de *T. equiperdum*) par opposition à ceux de la section des *stercoraria* qui sont des trypanosomes à développement postérograde (transmis par des déjections contaminantes), comme c'est le cas pour la maladie de Chagas (Bouyer 2006b). En Afrique, les glossines sont les vecteurs cycliques de ces parasites, c'est-à-dire que les trypanosomes passent par le stade épimastigote avant de se transformer en métatrypanosomes infectants et ils se multiplient dans les portions antérieures ou moyennes du tube digestif des glossines. Certaines espèces peuvent aussi être transmises mécaniquement, en particulier par les tabanides, les Stomoxes, ou par les glossines lorsque le repas sanguin est fractionné et pris sur plusieurs hôtes successifs (Desquesnes and Dia 2004).

La pathogénicité des trypanosomes dépend de l'espèce et de la souche parasitaires, de l'espèce de l'hôte vertébré, de sa trypanotolérance ainsi que de son état sanitaire, ses statuts nutritionnel et physiologique (Cuisance et al. 2003a). La faune sauvage constitue un réservoir important de parasites car elle est porteuse saine de trypanosomes, à des prévalences généralement élevées, dont les souches sont souvent plus pathogènes pour les animaux domestiques que celles qui sont transmises par ceux-ci (Van den Bossche et al. 2003). Ceci est important pour l'épidémiologie des TAA dans les zones d'interface (voir 2.1.1.6).

Les trypanosomes infectant les bovins au Burkina Faso et au Sénégal sont *Trypanosoma (Nannomonas) congolense* (Brodén, 1904), *T. (Duttonella) vivax* (Ziemann, 1905) et *T. (Trypanozoon) brucei brucei* (Plimmer et Bradford, 1899)). Au niveau épidémiologique, *T. vivax* a une importance particulière puisqu'il est facilement transmis mécaniquement (Desquesnes and Dia 2004) et que sa répartition est bien plus large que celle des glossines (il est rencontré sur plusieurs continents). Il atteint principalement les ruminants domestiques, les équidés et les camélidés mais aussi les suidés (Cameroun, Ouganda, RDC).

*T. congolense* a un spectre d'hôtes plus large : ruminants, équidés, camélidés ainsi que les carnivores domestiques et les suidés. Il est le plus pathogène pour les ruminants domestiques. En effet, il n'est pas confiné au système vasculaire et peut envahir d'autres tissus, en particulier le liquide céphalo-rachidien, et provoquer des lésions cérébrales. Par contre, bien que transmis lui aussi par les tabanidés, son aire de répartition est limitée à celle des glossines, comme *T. brucei brucei* (Itard et al. 2003). Celui-ci est bénin pour les ruminants et les suidés, mais il est virulent chez les équidés, les camélidés et les carnivores.

Au Burkina Faso, *T. vivax* a la prévalence la plus élevée alors que *T. congolense* avait la prévalence la plus importante il y a 20 ans (Dayo et al. 2010). Dans la zone des Niayes au Sénégal, c'est aussi *T. vivax* qui prédomine sur *T. congolense* et *T. brucei* avec respectivement 28,3%, 4,4% et 0,3% de prévalence sérologique intra-troupeau chez les bovins (Seck et al. 2010b). La prévalence sérologique de *T. vivax* est positivement corrélée à la densité de glossines (Seck et al. 2010b) : elle est 3 fois plus importante dans les zones infestées par les glossines dans les Niayes (Seck et al. 2010b).

*T. brucei gambiense* Dutton 1902 est le parasite responsable de la trypanosomose humaine (THA) en Afrique de l'Ouest. Cette maladie ait été éradiqu

ée au Sénégal et au Bukina Faso. Des cas importés sont détectés au Burkina Faso et le risque de ré-émergence doit donc être surveillé. Cependant en raison du rôle probable du réservoir animal dans la transmission de la maladie, en particulier à partir des suidés domestiques (Sané et al. 2000), l'ISCTRC (International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control) a recommandé une plus grande collaboration entre les équipes de santé animale et humaine en ce qui concerne la recherche et la lutte.

### **2.1.1.3 Pathogénie et signes cliniques**

Les affections dues aux trypanosomes typiquement africains (*T. vivax*, *T. congolense*, *T. b. brucei*) sont transmises par les glossines et sont désignées par le terme de Nagana. Le Surra, qui est dû à *T. evansi* et qui affecte habituellement les camélidés, peut être transmis par des vecteurs mécaniques aux bovidés, mais ils y sont peu sensibles (Itard and Frézil 2003). Nous parlerons donc par la suite essentiellement du Nagana. Les signes majeurs des trypanosomoses animales sont l'anémie, la leucopénie, l'hypocomplémentémie (Authié et al. 2003).

En Afrique de l'Ouest, les infections à *T. vivax* sont les plus fréquentes et les zébus (*Bos indicus*) y sont très sensibles (Itard and Frézil 2003). La période prépatente peut être courte (environ une semaine). La parasitémie est persistante et forte en primo infection. Dans

la forme aiguë, la létalité est importante et survient dans un délai de 2 à 3 semaines après le début des symptômes qui sont similaires à ceux d'une septicémie. La forme chronique évolue sur deux à trois mois, avec une fièvre élevée (40 à 41°C), un amaigrissement progressif jusqu'à la cachexie, une asthénie, un poil piqué, du larmolement, des muqueuses pales à cause de l'anémie, une hypertrophie des ganglions lymphatiques préscapulaires et précuraux. La dyspnée et la tachycardie sont observées pendant les épisodes fébriles. Chez les races sensibles, l'évolution de la maladie en l'absence de traitement conduit à la mort de l'animal par hypothermie (Itard and Frézil 2003).

*T. congolense* est l'espèce la plus pathogène pour les bovins (Itard and Frézil 2003). Les zébus y sont aussi les plus sensibles, les métis entre zébus et taurins développent généralement une forme chronique de la maladie tandis que les taurins en race pure ont une bonne résistance à la maladie. La période de prépatence dure quinze jours environ. La fièvre se manifeste par des accès fébriles plus ou moins importants (fièvre fréquemment supérieure à 40°C). Les bovins atteints sont faibles, prostrés (avec la tête basse); ils présentent un amaigrissement qui évolue vers la cachexie, une adénite variable, une anémie qui peut être sévère, du larmolement, des pétéchies conjonctivales, des yeux enfoncés, un poil piqué qui tombe en plaques. En phase terminale, le sujet est anorexique et diarrhéique, avec des difficultés motrices et une asthénie. Après quelques semaines ou quelques mois, soit l'animal guérit et entre dans une longue convalescence soit il meurt d'hypothermie.

L'infection à *T. brucei* se manifeste généralement sous une forme chronique, avec une installation lente des symptômes suivants: des poussées fébriles intermittentes, des écoulements nasal et oculaire, des troubles digestifs, une anémie progressive, des poils piqués qui tombent ensuite. La phase terminale est caractérisée par des paralysies. La maladie peut durer jusqu'à deux ans.

#### **2.1.1.4 La trypanotolérance**

**La trypanotolérance ou trypanorésistance** (Touré 1977, Authié et al. 2003) est la capacité relative d'un animal à limiter le développement des trypanosomes dans son organisme ainsi que leurs effets pathologiques, en particulier l'anémie (d'Ieteren et al. 1998, Dayo et al. 2010). Elle n'est pas seulement un attribut de certaines races locales taurines (*Bos taurus*) mais elle serait aussi un trait héritable au sein de lignées plus ou moins trypanotolérantes (d'Ieteren et al. 1998). Chez les races trypanotolérantes, il existe une réponse antigénique forte et précoce vis-à-vis de glycoprotéines majeures de la pathogénicité, contrairement aux zébus (*Bos indicus*) et aux bovins exotiques (Authié et al. 2003). Leur

immunité est efficace principalement contre les souches de trypanosomes auxquelles elles ont été initialement exposées (Touré 1977, Authié 2003) ; leur résistance (donc à la fois innée et acquise) est renforcée au cours des réinfections successives (Authié 2003, Authié et al. 2003, Dayo et al. 2010). Les produits métis entre les taurins trypanotolérants et les zébus ou des géniteurs de race exotique ont une trypanotolérance intermédiaire et proportionnelle à leur degré de métissage (de génétique taurine). Une moindre sensibilité de certaines races de zébus élevés depuis plusieurs siècles dans des zones à glossines a été décrite : il s'agit du rameau « Orma » de la race Boran au Kenya et la race White Fulani ou Akou en Afrique de l'Ouest (Authié et al. 2003).

Les races exotiques européennes sont toujours très sensibles aux TAA : leur élevage n'est possible que lorsque le risque trypanosomien est faible et qu'une prophylaxie sanitaire rigoureuse est établie (Authié 2003, Bouyer 2006a). Une étude transversale des différentes campagnes d'insémination artificielle réalisées en Afrique de l'Ouest (Bouyer 2006a) a montré que les performances zootechniques des métis (races locales/ races laitières européennes) sont généralement meilleures que les races locales lorsque le risque trypanosomien est faible à modéré. L'impact des programmes de croisement sur l'augmentation des productions laitières nationales est pourtant faible et ceci est imputable à des difficultés techniques de mise en œuvre de l'insémination, d'un défaut de participation des éleveurs et d'un décalage entre les pratiques d'élevage recommandées pour des métis et celles mises en œuvre par les éleveurs. Ces campagnes d'appui à l'innovation génétique relèvent d'une démarche de transfert de technologies avec une implication insuffisante des éleveurs qui ne sont pas déjà dans un système intensif de production.

La phylogéographie des races bovines en Afrique de l'Ouest indique que celles-ci forment une mosaïque de gènes issus des taurins africains, de zébus asiatiques et de taurins du Moyen-Orient qui a été constituée par les migrations humaines (Hanotte et al. 2002), les variations climatiques mais surtout par le risque sanitaire (Freeman et al. 2004) (Fig. 3). En effet, il y a une forte corrélation entre la distribution des races trypanotolérantes et le risque trypanosomien (Touré 1977, Authié et al. 2003, Freeman et al. 2004, Seck et al. 2010b, Soudré et al. 2013). Touré (Touré 1977) rapporte la définition de « climogrammes de zones de dispersion du bétail taurin trypanotolérant » ainsi que des zébus, présents dans les zones plus arides; ces climogrammes étant « en corrélation marquée avec l'écologie des glossines ». Récemment, des anthropologues ont établi que le risque trypanosomien a conditionné les migrations des éleveurs de l'Afrique de l'Est vers l'Afrique du Sud via des corridors herbagers à faible risque trypanosomien, soulevant la question de savoir si ces milieux

défavorables aux glossines avaient été entretenus volontairement par les éleveurs (Chritz et al. 2015). Authié met en avant la pression de sélection naturelle pour expliquer l'élaboration des races trypanotolérantes (Authié et al. 2003). La superficie des terres infestées par les glossines (37 pays concernés, 46 millions de bovins exposés sur les 142 millions de bovins présents en Afrique subsaharienne en 1997) est très importante ainsi que celle où les bovins domestiques sont exclus ; le bétail trypanotolérant est présent seulement sur une petite partie des terres en zone humide et sub-humide infestées par les glossines (8,5 millions de km<sup>2</sup>) et utilisables pour l'élevage (Itard et al. 2003). La proportion de bétail trypanotolérant a même été utilisée comme indicateur de risque trypanosomien pour la mise en œuvre d'une Rapid Rural Appraisal (RRA) en Gambie (Snow and Rawlings 1999). Devant toutes ces observations et hypothèses, il est donc nécessaire de connaître quelles sont les pratiques et les logiques de composition des troupeaux.

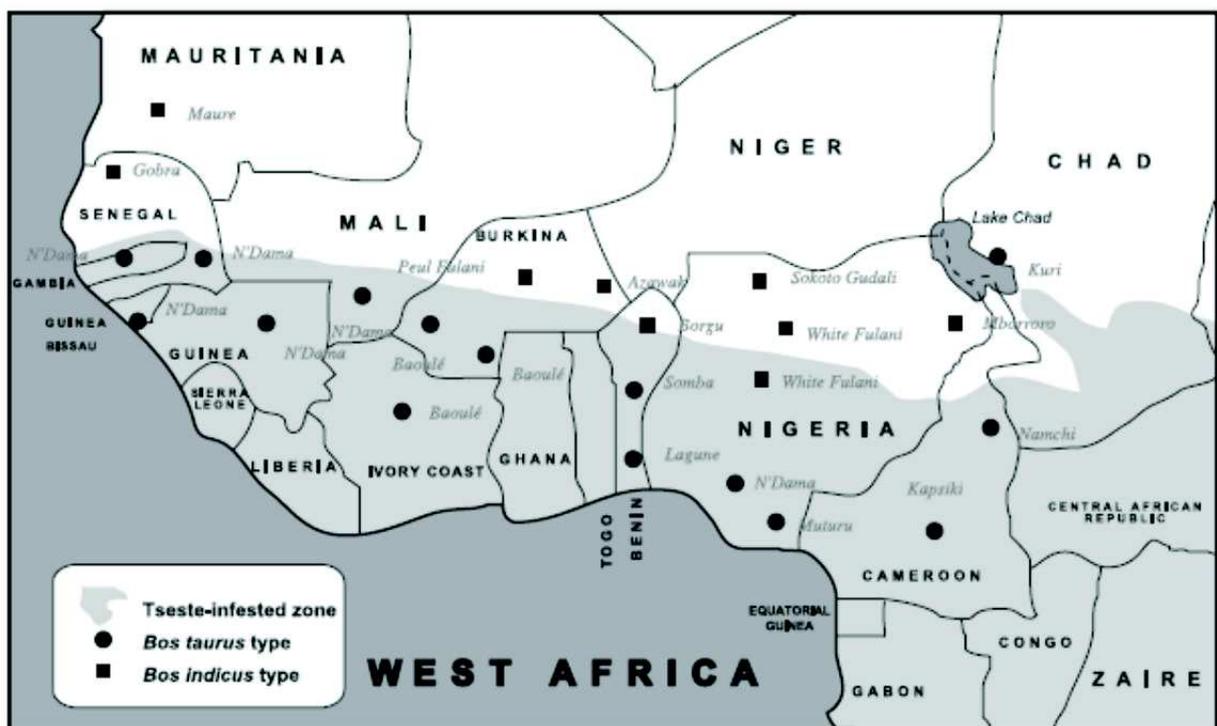


Fig. 3. Carte d'Afrique de l'Ouest indiquant l'aire de répartition des glossines (en grisé) et la répartition des différentes races de bovins *Bos taurus* (ronds) ou *Bos indicus* (carrés). Les cercles et les carrés correspondent aux sites choisis pour la mise en œuvre d'analyses génétiques (Freeman et al. 2004).

Le bétail trypanotolérant ne représente que 5% des bovins en Afrique sub-saharienne, avec une répartition très inégale selon les pays. Sur les 10 millions de bovins trypanotolérants

élevés en Afrique, 50% sont des N'damas, 10% sont des Baoulés et 30% sont des métis avec des zébus (Authié et al. 2003) (Tabl. 1). Les 10% restant appartiennent à des races de taurins à courtes cornes autres que les Baoulés. On rencontre les Baoulés au Sud du Burkina Faso et les N'dama principalement en Casamance (sud du Sénégal). Les zébus trypanosensibles se trouvent dans la partie sahélienne de ces deux pays et les métis entre zébus et taurins se trouvent dans les zones intermédiaires, à faible risque trypanosomien. Les métis entre Gobras et N'damas sont appelés Djakorés au Sénégal. Il apparaît que le statut en tant que race n'est pas établi ; le degré de métissage n'est pas défini et couvre probablement une gamme large (Touré 1977). L'intérêt du métissage entre les races taurines trypanotolérantes et les zébus est, d'un point de vue zootechnique, l'obtention de produits à des fins bouchères de meilleur format et conformation que les races taurines qui sont de petite taille et aussi de meilleur format pour la traction (Touré 1977); cependant leur trypanotolérance est aussi intermédiaire (Touré 1977, d'Ieteren et al. 1998, Authié 2003).

L'élevage de races trypanotolérantes est présenté comme une option à privilégier pour la durabilité de l'élevage dans les zones soumises au risque trypanosomien, compte tenu des difficultés rencontrées par les projets de lutte anti-vectorielle, de l'augmentation de souches de trypanosomes résistantes aux trypanocides et du peu d'espoir de mise au point d'un vaccin efficace (d'Ieteren et al. 1998, Authié et al. 2003). Bien que les effectifs des bovins trypanotolérants, en particulier des N'dama, soient en constante augmentation depuis l'éradication de la peste bovine, leur proportion (incluant les métis) relativement à celle des zébus diminue : il est passé de 26,5% à 19,2% de 1985 à 1998 (Agyemang 2000). Cette augmentation plus forte des zébus est attribuée à une réduction des surfaces infestées par les glossines et une préférence des éleveurs pour des animaux plus productifs (de plus grande taille, plus adaptés à la traction et produisant plus de lait) (Thévenon and Belemsaga 2005). Cette préférence conduit aussi à une augmentation du métissage au détriment des races taurines pures (Sow et al. 2010). Les sécheresses répétées au cours des années 70 et 80 ont amplifié les transhumances et la migration des zébus vers le Sud et donc leur métissage avec les taurins (Shaw et al. 2006).

Au Burkina Faso, les races locales sont le zébu Goudali, Azaouack et peuhl (soudanais), les races taurines Baoulé, Méré et N'dama. Au Sénégal, on trouve le zébu Gobra, le zébu maure, et le N'dama (Fall 1992). Les races exotiques importées sont le Zébu Guzérat, le zébu pakistanais, les races européennes laitières (Montbéliarde, Holstein, Jersiaise, Normande), les races brésiliennes Gir et Girolando (Nishimwe 2008).

| No m de<br>race         | type   | Haute ur<br>moyenne<br>au garrot<br>(c m)            | Poids<br>moyen (Kg)                                | Re nde ment<br>de carcasse | Pro duc tion<br>la tière                          |
|-------------------------|--------|--|--|----------------------------|---|
| Gobra                   | zébu   | 135 -140   | 322<br>(fe melle );<br>415 (ma le)                 | 48-56%                     | 1,5 à 3 L/j;<br>150 à 180 j<br>de<br>lac ta tion  |
| N'dama                  | taurin | 113,6+-0,8<br>(fe melle );<br>116,4+-1,6<br>(ma le)  | 286,7+-8,3<br>(fe melle );<br>328,6+-20<br>(ma le) | 50-55%                     | 1,4 à 2 L/j ;<br>150 à 185 j<br>de<br>lac ta tion |
| Baoulé                  | taurin | 95,5+-1,14<br>(fe melle );<br>116,4+-1,68<br>(ma le) | 180-200  |                            | 1,5-2L/j  |
| Zébu Peuhl<br>soudanais | zébu   |  | 315  | 46%                        | 2-3L/j  |
| Zébu<br>Azwack          | zébu   | 110-130 c m<br>(fe melle )                           | 300<br>(fe melle )                                 | >50%                       | 7-8L/j  |
| Zébumaure               | zébu   |  | 340  | 45%                        |   |

Tabl. 1 : Caractéristiques des races bovines locales présentes au Sénégal et au Burkina Faso.  
sources : (Dumas and Lhoste 1966, Coulomb 1976, Touré 1977, Cissé 1992, Bouyer 2006a)

Les races taurines trypanotolérantes sont classées en deux grands groupes : les taurins à grandes cornes (*B. taurus longifrons*) représentés par la race N'dama, très appréciée pour son format (présents principalement au Sénégal, en Gambie, en Guinée Bissau, Sierra Leone, Libéria, Mali et Côte d'Ivoire), et les taurins à cornes courtes de plus petit format (*B. taurus brachyceros*). Les bovins N'dama (dont le terme signifie « de petite taille, court sur pattes » pour plusieurs ethnies (Touré 1977)) sont de type rectiligne, médioligne, eumétrique, avec des têtes larges et fortes et une conformation générale assez trapue (Coulomb 1976). Les cornes sont en forme de lyre. On trouve une grande variabilité phénotypique en ce qui concerne la taille et les robes (appartenant à une large gamme de fauve). Touré indique cependant la nécessité de revoir la classification ethnologique en deux variétés Ndama-grande et Ndama-

petite qui manquent d'homogénéité (Touré 1977). Le groupe des taurins à cornes courtes est subdivisé entre le groupe « bétail de lagune » avec différentes populations apparentées (présentes en Côte d'Ivoire, au Bénin et au Togo) et le « bétail de savane » avec principalement la race Baoulé (essentiellement dans le Nord de la Côte d'Ivoire et au Burkina Faso) ; les autres races de savane sont la race Somba au Bénin et Togo, la Shorthorn au Ghana, la Muturu de savane au Nigeria et au Cameroun, les races Doayo, Kapsiki et Bakosi au Cameroun (Hoste et al. 1988, Authié et al. 2003). La Muturu de forêt (groupe lagune) est en voie d'extinction dans le Golfe de Guinée. Les taurins à courtes cornes sont tous petits, rectilignes, brévilignes, ellipométriques, avec en commun la robe pie noire. Chez les Lagunes, les cornes sont coniques et grosses et les orbites saillantes ; chez les Baoulés, les cornes sont moins grosses, les orbites ne sont pas saillantes, les oreilles sont courtes, larges, portées horizontalement et il y a des robes supplémentaires (jaune ou pie jaune).

Les préférences de sélection génétique (ou des caractères des races bovines) des éleveurs sont difficiles à connaître en Afrique de l'Ouest à cause de la nature des transactions de bovins, informelles, ainsi que la part importante de bovins non vendus (nés de parents appartenant au troupeau, issus de confiage ou de don) (Tano et al. 2003). La sélection génétique ne se ferait pas sur l'exploitation (réforme) et qu'il ne serait donc pas pertinent de se référer aux critères d'exploitation mais plutôt aux critères d'introduction ; les zootechniciens rapportent la difficulté de connaître la filiation des animaux qui ne serait pas connue des éleveurs à cause des saillies non contrôlées dans le troupeau. Une analyse conjointe (Tano et al. 2003) explique que la résistance globale des bovins aux maladies est un facteur-clé de préférence des éleveurs (aussi bien pour les males que les femelles), qui inclut la trypanotolérance sans la distinguer. Cependant les combinaisons de caractères recherchés dépendent des objectifs d'élevage : les éleveurs dits « de subsistance » ont la plus haute préférence pour le tempérament et les plus faibles pour les capacités de traction et la petite taille ; les pasteurs et agro-pasteurs ont la préférence pour les animaux peu sélectifs au niveau du pâturage ainsi que la grande taille ; les agro-éleveurs préfèrent les capacités de traction et leur plus faibles préférences concernent les brouteurs peu sélectifs, la haute performance de reproduction et la haute production en lait. Grace indique une préférence générale des éleveurs d'Afrique de l'Ouest pour les métis ou les zébus en relation avec leur prix de vente plus élevé, leur meilleur tempérament ainsi que d'autres avantages de production, bien que les qualités de résistance aux maladies des taurins soient appréciées (Grace 2006). Cependant ces études n'indiquent ni les logiques d'action (il s'agit de préférences) ni les dynamiques lorsque le contexte sanitaire change.

La race N'dama est connue pour sa trypanotolérance, qui est particulièrement étudiée au niveau génétique, et certains auteurs rapportent aussi sa résistance aux tiques (en particulier *Amblyomma* et *Hyalomma*), aux maladies à tiques (cowdriose, anaplasmose et babésiose), ou favorisée par les tiques (la dermatophilose) et aux parasites internes (strongyloses) (d'Ieteren et al. 1998, Authié et al. 2003, Cuisance et al. 2003a). En particulier, une moindre prévalence des strongyloses et une meilleure résistance à la cowdriose ont été établies par rapport aux Gobras et aux métis zébus-Gobras (Mattioli et al. 1992, d'Ieteren et al. 1998). Par contre, les N'damas seraient plus sensibles à la PPCB (Thévenon and Belemsaga 2005). Il existe une controverse concernant la productivité des N'dama en l'absence de risque trypanosomien par rapport aux zébus. Certains auteurs affirment que dans des conditions d'élevage très rustiques, la race N'dama reste la plus productive : les résultats d'une sélection des meilleurs géniteurs en race pure dans les élevages Jules Van Lancker à Kolo au Bas-Congo sont éloquentes (d'Ieteren et al. 1998, Tano et al. 2003) alors que d'autres (Denis and Valenza 1971, Denis and Diallo 1984, Authié et al. 2003) soulignent l'intérêt des zébus : ainsi Denis proposait la race Gobra pour développer une filière viande dans les Niayes après éradication des TAA (expertise effectuée lors des campagnes précédentes d'éradication des glossines dans les Niayes). Les qualités bouchères des N'dama sont reconnues mais ses performances laitières sont très médiocres. Ainsi le métissage avec des races exotiques est recommandé depuis les années 70-80 comme une stratégie à développer (Coulomb 1976, Touré 1977). Touré indique en particulier que le format des métis (ainsi que des zébus) est plus favorable à la traction que celui des N'dama mais d'autres auteurs pensent qu'au contraire, la capacité de traction des N'damas est bonne (Okouyi et al. 2014); les bovins ne sont pas utilisés pour la traction dans les Niayes (Ba Diao 1991) mais ils le sont au Burkina. La FAO indique que les données concernant la productivité comparée des différentes races en fonction des niveaux de risque trypanosomien, des milieux agro-écologiques et des différents modes d'élevage manquent (Hoste et al. 1988). Le manque de sélection en race pure et le métissage non contrôlé seraient des menaces pour ces ressources génétiques inestimables pour l'Afrique que sont les races trypanotolérantes (Authié et al. 2003, Freeman et al. 2004, Alvarez et al. 2014), le manque de mise en œuvre de démarches de conservation et de valorisation étant ainsi dénoncé.

#### **2.1.1.5 Choix des races et amélioration génétique**

Les programmes d'amélioration génétique ont eu pour but d'améliorer la productivité des races locales dans des conditions d'élevage à faibles intrants (en station et en ferme)

depuis 1954 pour le zébu Gobra et depuis 1972 pour la race Ndama (Fall 1992, Bosso et al. 2009). Le projet le plus important sur le long terme concerne la N'dama et a été mis en place par l'ITC (International Trypanotolerance Centre) depuis 1994 (Fall 1992). Bien que les centres nationaux de sélection diffusent des géniteurs, globalement, la gestion des races locales relève des initiatives des éleveurs, avec une faible intervention des organisations professionnelles. Il apparaît qu'il y a eu un déficit de démarche participative concernant les définitions des races locales, des objectifs de gestion et des critères de sélection, en particulier en relation avec les usages et les pratiques zootechniques. Il est pourtant important de connaître les perceptions et définitions de ces races par les éleveurs et la manière dont elles sont gérées : la grille de lecture proposée par Lauvie selon les 3 pôles de conservation, valorisation et orientation peut être utilisée (Lauvie 2007). Ainsi Audiot présente la race comme « l'interprétation sociale d'une personnalité biologique au travers des usages et des pratiques » (Audiot 1995). Lauvie donne une définition compréhensive de la race comme construit social et objet biologique (génétique) et montre le rôle central de la définition des races dans les dynamiques d'interaction entre conservation et valorisation (Lauvie 2007). Il est nécessaire de connaître les objectifs de sélection des reproducteurs (Lauvie 2007, Labatut et al. 2013), qui peut remettre en question l'intérêt du gain génétique défini par les zootechniciens. En effet, il est nécessaire d'associer l'efficacité « technique » à l'efficacité sociale pour obtenir une bonne gestion collaborative des ressources génétiques (Labatut 2009), en particulier lorsqu'un programme d'amélioration génétique est mis en œuvre. Ainsi Labatut a mis en évidence parmi les raisons de l'Exit (absence de collaboration au programme de gestion des races) l'importance de l'utilisation non efficiente des technologies et des ressources par l'absence d'adéquation entre les usages des techniques de sélection et les pratiques des éleveurs (comme la transhumance et l'agnelage tardif), du non respect du standard de race du point de vue des éleveurs et d'un rapport qualité/prix insuffisant des prestations (Labatut 2009).

Les généticiens dénoncent des lacunes importantes concernant les données phénotypiques et génétiques des populations de race pure N'dama : les travaux de caractérisation génétique des phénotypes trypanotolérants soumis au risque trypanosomien sont récents (Bosso et al. 2009). L'orientation de l'amélioration génétique par les organismes de recherche et étatiques s'est portée sur une amélioration mixte du gain pondéral et de la production laitière en conditions d'élevage à faibles intrants. Les travaux récents de caractérisation génétique ont été réalisés en station (Bosso et al. 2009). Récemment, le Projet Régional de Gestion Durable du Bétail Endémique (PROGEBE) a démarré en 2009 dans 4

pays d'Afrique de l'Ouest (Gambie, Guinée, Mali et Sénégal) et « vise à préserver, voire à renforcer durablement les caractéristiques génétiques du bétail endémique, à accroître sa productivité et sa commercialisation dans un environnement physique et institutionnel favorable ». Pour cela, en ce qui concerne les bovins, un modèle de sélection à trois étages de la race N'dama a été mis en place avec un programme participatif de sélection à noyau ouvert, des troupeaux multiplicateurs et des troupeaux commerciaux. Cependant l'objectif de sélection a été choisi de manière non participative (sans les éleveurs) comme étant « l'amélioration des aptitudes laitières et bouchères sans perte de résistance aux maladies et d'autres caractères adaptatifs ». Une démarche d'harmonisation des objectifs de sélection avec ceux des éleveurs a été entreprise mais la démarche participative, incomplète, n'a probablement pas eu d'impact concret (Marshall and Dempfle 2011).

La race Gobra ou zébu peuhl sénégalais est un zébu de gabarit supérieur au Djakoré avec une tête longue, un chanfrein rectiligne. Sa robe est claire allant du blanc au gris, quelquefois froment ou pie rouge et il a un fanon et une bosse bien développés. Il a de grandes cornes en forme de haute lyre. Connu pour ses qualités de marcheur, il est moins massif que le zébu maure. Il a fait l'objet d'une démarche de sélection en station de type sélection à noyau ouvert pour améliorer sa productivité bouchère et marginalement mixte (lait et viande) à partir de 1954 (Fall 1992). C'est la sélection massale et sur la descendance (progeny test) sur des critères de productivité bouchère qui a prédominé, la sélection phénotypique n'ayant été utilisée que pour le recrutement des premiers géniteurs.

#### **2.1.1.6 Changements environnementaux et cycles épidémiologiques**

En ce qui concerne les trypanosomoses à *T. vivax*, *T. congolense* et *T. gambiense* transmises au bétail, 4 cycles éco-épidémiologiques principaux peuvent être décrits : les trypanosomoses sylvatiques, d'interface, endémiques et à transmission mécanique. Les changements environnementaux notamment dus à l'anthropisation croissante des milieux ont un impact fort sur les dynamiques de ces cycles qui doivent être pris en compte dans les stratégies de lutte à l'échelle d'un territoire.

Le cycle sylvatique concerne habituellement la faune sauvage trypanotolérante qui est réservoir pour des souches très virulentes. Lorsque les bovins domestiques entrent dans une zone où la faune sauvage est très importante (réserves, parcs, forêts), ils sont contaminés par ces souches très pathogènes et subissent de fortes pertes.

Le cycle d'interface concerne les bovins pâturent dans les zones agro-pastorales à proximité des zones conservées où les populations de glossines sont importantes et

diversifiées (bénéficiant d'un effet de lisière) et qui peuvent transmettre des souches très virulentes.

Le cycle endémique est observé lorsque les souches de trypanosomes circulent principalement dans le bétail : la virulence de ces souches est alors faible dans cette situation d'équilibre entre parasites et parasités. Dans les milieux concernés, anthropisés, la fragmentation de l'habitat a pour effet de réduire les densités de glossines, leur durée de vie et leur diversité. Cependant dans un premier temps, au début de la fragmentation, une augmentation de leur capacité vectorielle en relation avec la situation de stress peut avoir lieu.

Au-delà de la zone de distribution des glossines, *T. vivax* peut être transmis par les vecteurs mécaniques (principalement les tabanides et les stomoxes) au bétail résidant. La contamination de ces vecteurs se fait initialement à partir d'animaux infectés en zone d'endémie et est entretenue par les mouvements d'animaux (transhumance, en particulier).

Les cycles sylvatique et endémique correspondent à des situations d'équilibre (entre la faune sauvage trypanotolérante et les souches très virulentes d'une part et entre les bovins domestiques et les souches peu pathogènes d'autre part) où la morbidité est forte et la mortalité est faible. Les transmissions à l'interface ou mécaniques sont responsables de trypanosomoses épidémiques, où la morbidité est très variable mais la létalité est forte.

Dans un monde changeant (changement climatique et anthropisation), les dynamiques des cycles épidémiologiques dépendent d'interactions complexes entre parasites, vecteurs et hôtes (Fig. 4). Ainsi le changement de la végétation et le changement de l'usage des terres modifient les interfaces entre ces trois entités. En particulier, le développement de l'élevage dans des territoires jusqu'à présent peu anthropisés (où la faune sauvage est abondante) modifie l'importance relative des cycles de transmission de trypanosomes sylvatique et domestique entraînant un impact sanitaire important sur le bétail.

La fragmentation de l'habitat des glossines et la dégradation de sa végétation, observées dans nos deux zones d'étude (boucle du Mouhoun et zone des Niayes), ont pour conséquence de diminuer l'abondance, la longévité et la diversité des glossines entraînant la sélection d'espèces de trypanosomes adaptées à ces glossines résilientes grâce à un cycle extrinsèque court (Fig. 4). Le rôle de plus en plus prédominant du bétail comme hôte, en relation avec l'augmentation de la densité du bétail et la diminution de la diversité d'hôtes, a pour conséquence de sélectionner des souches de trypanosomes moins pathogènes. Cette double sélection exercée sur les trypanosomes (moins pathogènes et associés aux glossines résilientes dans un milieu anthropisé) favorise l'établissement du cycle éco-épidémiologique endémique mais aussi d'interface, en bordure des milieux conservés.

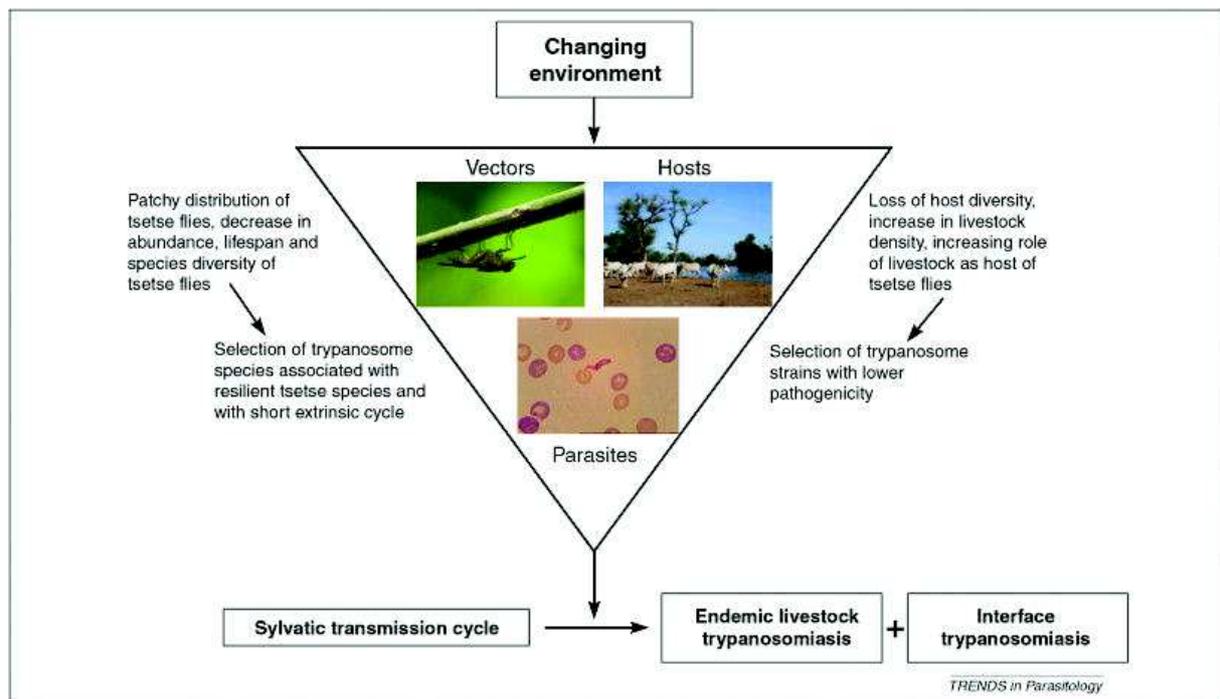


Fig. 4. Effets des changements environnementaux sur les relations entre vecteurs cycliques, hôtes et trypanosomes et leur impact sur l'épidémiologie des trypanosomoses transmises par les glossines (Source : (Van den Bossche et al. 2010))

Dans le Sud-Ouest du Burkina Faso, la saison est le facteur le plus important pour l'incidence et la prévalence des TAA : le risque est maximal pendant la saison sèche chaude, alors que les densités de glossines sont les plus faibles et leur répartition restreinte aux cordons ripicoles (Dayo et al. 2010). De plus, les taux d'infection des glossines sont maximaux en saison chaude (Bouyer et al. 2013b). C'est la période de soudure, pendant laquelle le déficit nutritionnel affecte l'état général des bovins en l'absence d'une bonne supplémentation. L'âge (et la taille) de l'animal et la distance au cours d'eau le plus proche sont les principaux facteurs de risque influençant la séropositivité (Sow et al. 2013). Le risque spatial est très hétérogène et varie beaucoup d'un troupeau à une autre selon le point d'eau fréquenté (Dayo et al. 2010, Koné et al. 2012). La dynamique temporelle n'est pas aussi bien connue pour la zone des Niayes, mais le risque est fortement associé à la proximité des habitats favorables aux glossines. Avec la disparition des rivières, ces habitats ont évolué des anciennes forêts ripicoles vers des habitats arborés purement anthropiques, notamment les vergers d'agrumes et de manguiers, les palmeraies, et les haies anciennes d'euphorbes (Touré 1974, Bouyer et al. 2010a).

Maintenant, nous allons changer d'échelle pour nous intéresser aux interactions au niveau du troupeau.

### Composition des troupeaux et systèmes d'élevage

Pour analyser les interactions, les systèmes d'élevages peuvent être décrits en première intention sur les modalités d'utilisation des terres, ce qui est pertinent au niveau épidémiologique : les troupeaux effectuant une transhumance, les troupeaux résidant allant au pâturage naturel et les troupeaux en stabulation permanente. Les nomades et les pasteurs se situent dans le premier groupe mais les agro-pasteurs se répartissent entre ceux pratiquant la transhumance (petite ou grande, en une ou deux fois, avec tout le troupeau ou une partie) et ceux exploitant le pâturage naturel autour de la concession (Vall et al. 2012). La mobilité, en particulier la transhumance, s'accompagne de la probabilité d'exposer les troupeaux à différents cycles éco-épidémiologiques et restreint les capacités de lutte anti-vectorielle (Bouyer et al. 2013a). Les races exotiques constituent une faible proportion des troupeaux dans les systèmes nomades, pastoraux et agro-pastoraux qui privilégient les races locales (Dicko et al. 2006), dont le degré de trypanotolérance est généralement en relation avec le niveau de pression glossinienne habituelle. Les troupeaux ou lots en stabulation permanente concernent généralement les cheptels laitiers de race européenne non métissée des élevages intensifs et certains lots de race locale à l'engraissement.

Ainsi l'impact des TAA dépend d'une part du cycle éco-épidémiologique et d'autre part du système d'élevage (basé sur du bétail trypanotolérant ou trypanosensible) : la prise en compte simultanée de ces deux paramètres permet de définir la stratégie de contrôle la plus efficace (Bouyer et al. 2013a).

#### *2.1.2 Lutte intégrée contre les trypanosomoses animales*

Les hommes, les bovins, les trypanosomes et leurs vecteurs ont coexisté en Afrique depuis plus de 2000 ans. Des savoirs locaux et des stratégies propres aux parasites et aux parasités ont été développés. Alors que l'intérêt pour les méthodes de lutte ancestrales ou prises à l'initiative des éleveurs est relativement récent avec les études d'épidémiologie participative et les études génétiques sur la trypanotolérance, le choix des méthodes de lutte promues par les projets (avec un pilotage important des chercheurs) ont suivi l'évolution de la recherche médicale et vétérinaire.

Les méthodes de lutte peuvent être classées en 3 grands groupes (Cuisance et al. 2003b) selon l'élément du cycle parasitaire vis-à-vis duquel l'action va être menée pour interrompre le cycle ou l'affaiblir :

- la lutte contre les vecteurs (les vecteurs cycliques et/ou les vecteurs mécaniques) ;
- la lutte contre les parasites (chimiothérapie, chimioprophylaxie essentiellement) ;
- la diminution de la sensibilité des hôtes (trypanotolérance ou suppression ou traitement des animaux-réservoirs).

### **2.1.2.1 Historique**

Des stratégies de lutte sous l'influence du contexte politique et scientifique de la période coloniale puis des indépendances

Les populations ont développé, depuis l'introduction de l'élevage en Afrique de l'Est, des stratégies de contrôle des TAA, par l'élevage d'animaux trypanotolérants, par l'évitement des zones infestées, par l'abandon de l'élevage dans certaines situations lorsque le risque trypanosomien est très élevé, par la diversification des activités agricoles, ou par la création (hypothétique) de corridors de migration par l'entretien par le feu de savanes herbeuses (Chritz et al. 2015). Cependant, l'intérêt porté par les institutions nationales et internationales aux stratégies des éleveurs n'a pris de l'importance que récemment avec l'avènement des concepts de « participation » et d'« empowerment » (le renforcement des pouvoirs des acteurs locaux), suite aux échecs à long terme de programmes de développement (changement de paradigme depuis les années 70).

S'il est admis que des logiques économiques ont été des déterminants importants dans la mise en place de stratégies de lutte décidées par les administrations coloniales, des aspects politiques ont concentré l'attention des administrations coloniales sur les trypanosomoses humaines et animales qui ternissaient « les exploits coloniaux » (Maudlin 2006). Ces administrations étaient préoccupées par ces maladies qui étaient des obstacles aux cultures de rente (à cause à la fois des mortalités humaines et animales) qui devaient rentabiliser les forts investissements réalisés dans les infrastructures (comme les chemins de fer) et par l'image négative renvoyée par les pandémies humaines qui provoquaient des millions de morts. Ainsi elles sont entrées dans une course scientifique et technique pour maîtriser ces fléaux : la compréhension de l'évolution de la lutte contre les TAA est indissociable de celle contre la THA. En 1903, Bruce qui identifia les glossines comme vecteurs du nagana fut affecté à la Commission de la Maladie du Sommeil (de la Royal Society of London). Les connaissances se construisent grâce à un flux d'informations entre les découvertes réalisées entre l'Afrique

de l'Ouest et l'Afrique de l'est d'une part et entre les maladies humaines et animales d'autre part. La création de nombreux instituts de médecine tropicale en Europe au début du 20<sup>ème</sup> siècle a participé à l'essor accéléré de cette nouvelle discipline. Les efforts de lutte contre « la maladie coloniale » ont augmenté l'hégémonie politique des administrations coloniales à travers les mesures de santé publique. Alors que les différences de stratégies de lutte entre l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique de l'Est ont été perçues comme des différences (purement) idéologiques entre les pays francophones et anglophones, il apparaît maintenant que les différences de situations épidémiologiques ont été des déterminants plus importants (Maudlin 2006). En fait, il apparaît logique, d'après une lecture selon la Sociologie de l'Acteur-Réseau, qu'à la fois l'analyse du système épidémiologique et des déterminants politico-économiques aient façonné les conceptions. La recherche sur les trypanosomoses était entièrement pilotée par la recherche européenne pendant la colonisation. Après 1960, un phénomène de relocalisation de cette recherche en Afrique se met en œuvre avec la création de centres de recherches entièrement dédiés à la maladie (NITR au Nigeria, KETRI au Kenya, UTRO en Ouganda, ITC en Gambie) ou ayant un mandat plus large comme le développement de l'élevage (ILRAD au Kenya, ICIPE au Kenya, CRTA au Burkina Faso). Puis, après des réductions budgétaires et des ajustements structurels, les centres spécialisés ont été absorbés par les centres plus généralistes. L'exemple du Burkina Faso est significatif : en 1974 sont créés des centres régionaux spécialisés, le CRTA (Centre de Recherche sur les Trypanosomoses Animales) et l'ELAT (Ecole de Lutte Anti-Tsétsé), qui ont ensuite été inclus dans le CIRDES (Centre International de Recherche développement sur l'Elevage en zone Sub-humide) créé en 1991. Après les indépendances, le financement de la recherche est délégué aux agences internationales et de maladies prioritaires, les trypanosomoses humaines sont devenues des maladies négligées (loin derrière le trio HIV/paludisme et tuberculose), ce qui nuit indirectement à la recherche sur les trypanosomoses animales, en diminuant par exemple les efforts conjoints de recherche de nouvelles molécules trypanocides. Des actions pour encourager la recherche sur ces maladies négligées sont actuellement observées (comme la création d'une revue spécialisée Plos Neglected Tropical Diseases).

### Première révolution de la lutte avec les trypanocides

Suite à la découverte du trypanosome comme agent pathogène, puis celle du cycle parasitaire, de nouvelles méthodes de lutte ont été développées le siècle dernier. Les premiers trypanocides, issus de l'industrie chimique, ont été découverts dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. L'atoxyl, testé sur le terrain dès 1906 par le prix Nobel Robert Koch en Ouganda, est

fortement toxique et il faudra attendre les années 1920 pour obtenir des trypanocides jugés « utilisables » : la suramine et la tryparsamide (composé arsenical). Entre 1925 et 1935, l'usage de masse des trypanocides pour traiter les hommes est adopté dans les pays francophones avec la consécration de la doctrine de Jamot (nominé pour le prix Nobel), qui stipule qu'en traitant systématiquement les cas humains par des équipes médicales mobiles (allant de manière active diagnostiquer et traiter les malades au lieu d'attendre un dépistage passif (sur base volontaire)), l'éradication de la maladie pourrait être atteinte. En médecine vétérinaire, l'usage des trypanocides s'est développé à partir des années 40 sans être l'objet de campagnes aussi systématiques qu'en médecine humaine mais a très largement été adopté par les éleveurs, pour protéger leur bétail comme bien privé (Catley et al. 2002, Dia and Desquesnes 2005). Les résistances vis-à-vis de deux principales molécules utilisées (acéturate de diminazène et chlorure d'isométymidium), victimes de leur succès, deviennent de plus en plus fréquentes (Authié 1984, d'Ieteren et al. 1998, Geerts et al. 2001). L'industrie pharmaceutique a produit depuis 1965 un seul nouveau principe actif, la mélarsamine, qui traite uniquement contre *T. evansi* : les coûts de la recherche et de l'autorisation de mise sur le marché sont trop élevés pour les partenariats public-privés qui préfèrent les marchés plus étendus.

Après la seconde guerre mondiale, avec la découverte de la pentamidine (son nom commercial est la lomidine) qui est un composé sans arsenic efficace et mieux toléré, un protocole de prophylaxie a été mis en œuvre via les « campagnes de pentamidinisation » (ou les campagnes de lomidinisation préventive). Ces campagnes de médecine de masse, imposées aux populations et symbolisant négativement la médecine coloniale, ont été l'objet de controverses éthiques (Lachenal 2014). Alors que le caractère zoonotique de la maladie du sommeil rhodésienne (en Afrique de l'Est) a été tôt assumé sur la base des observations des relations entre les déplacements de bétail et l'apparition de foyers humains, une controverse perdure concernant la maladie en Afrique de l'Ouest (la forme gambienne) : la doctrine de Jamot pourrait être remise en cause si l'importance de la faune sauvage comme réservoir est établie. La controverse de la faisabilité de l'éradication et des moyens à mettre en œuvre est active alors que les pays africains prennent leurs indépendances. La controverse sur la démarche médicale des campagnes de lomidisation est toujours actuellement active (Lachenal 2014) : un manque de remontée d'information du terrain et un trop grand dogmatisme seraient à la base de mortalités accidentelles et d'un retard à la réévaluation des capacités de prévention de la lomidine. Cependant, suite à ces campagnes, en 1960, la THA est sous contrôle avec un nombre de cas par an descendu en dessous de 5000. L'arrêt des efforts de

lutte par les gouvernements africains indépendants sera suivi dans les années 70 de la 3<sup>ème</sup> grande pandémie du siècle de THA. De plus, une autre controverse commencée au début du siècle sur l'hypothèse que les mouvements de population étaient à la base des épidémies et ayant conduit à l'isolement des malades dans des lazarets, s'est amplifié dans le milieu scientifique : est-ce que les 3 dernières grandes pandémies auraient été amplifiées par la colonisation qui a provoqué des déplacements de populations et de bétail vers des interfaces de cycle de transmission sylvatique ? Mais des travaux (Alsan 2015) ont révélé qu'« une perturbation épidémiologique » a commencé il y a 1500 ans, créée par la migration des Bantus avec leur bétail du Nigeria où ils vivaient en équilibre avec la forme gambienne ; cette perturbation sévit vers l'Est et le Sud de l'Afrique où des séries d'épidémies ont eu lieu.

### L'épopée de la lutte antivectorielle

En Afrique de l'Est, selon des déterminants écologiques (plus forte exposition aux glossines (de savane) et transmission zoonotique), mais aussi parce que des européens ont installé des exploitations agricoles (alors qu'en Afrique de l'Ouest, ce n'était pas le cas), la lutte anti-vectorielle est devenue une préoccupation centrale dès le début du siècle. En Afrique de l'Ouest, le principal point de divergence de stratégies de lutte entre la médecine humaine et la médecine vétérinaire est la place accordée à cette lutte : l'influence de la doctrine de Jamot a pour conséquence que les traitements curatifs occupent une place centrale et que la gestion de la lutte anti-vectorielle est déléguée aux communautés, avec un succès faible sur le long terme du fait de la nécessité d'une lutte permanente à cause des réinvasions et surtout du fait que cette stratégie relève de la gestion d'un bien public (« la tragédie des biens communs (commons) »). Certains auteurs affirment que la motivation des populations à lutter eux-mêmes contre les vecteurs est faible en dehors des épidémies de THA lorsqu'il s'agit de prévenir les TAA (Barrett and Okali 1998). Initialement, en Afrique de l'Est, des actions d'éclaircissement forestier ou « prophylaxie agronomique » ont été menées en Afrique de l'Est puis au Nigeria et au Ghana (années 40) afin de créer des conditions thermiques et hygrométriques hostiles aux glossines mais cette solution est difficile à mettre en œuvre et non durable ; puis, suite à l'observation de l'effet de l'extermination des grands ruminants par l'épidémie de peste bovine de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle sur les populations de glossines de savane, l'élimination de la faune sauvage a été pratiquée au Zimbabwe, en Ouganda, en Zambie, au Mozambique : ces destructions ont posé un problème éthique et politique.

Après la seconde guerre mondiale, l'accès à des insecticides de synthèse (les organochlorés et organophosphorés) a changé la stratégie de lutte anti-vectorielle. Le faible

coût des traitements par insecticide ainsi que la sensibilité importante des glossines aux insecticides (par rapport aux autres insectes) a suscité l'engouement d'abord dans les pays anglophones puis de manière plus large. Ainsi la première éradication (1945-1952) menée avec une organisation « militaire » (avec une grande discipline « top-down » et aussi l'utilisation des moyens humains et matériels de l'armée de l'air rendus disponibles par la fin de la guerre) a eu lieu en Afrique du Sud (Zululand) en combinant la pulvérisation au sol et par voie aérienne d'insecticides. Ensuite, au Nigeria (1955-1978), la lutte a été efficace par pulvérisation au sol au Nord, en limite de distribution, mais inefficace plus au sud où le climat plus humide a favorisé la survie des glossines et la localisation a favorisé la ré-invasion. Ces campagnes de lutte ont été par la suite l'objet de critiques des écologistes avec un débat sur l'importance de leur impact environnemental. Ces pressions ont incité les chercheurs dans les années 70 à trouver des méthodes alternatives pour tuer les glossines : ainsi de nouveaux modèles de pièges (et écrans) ont été développés. Ces technologies ont été critiquées dans les années 50 pour leur manque d'efficacité sur le long terme et la complexité de la pose pour les grandes surfaces. Plusieurs équipes de chercheurs se sont donc attelées à l'amélioration technique des pièges comme l'imprégnation avec des insecticides, l'ajout d'attractants olfactifs (années 80) et l'agencement des couleurs les plus attractives (années 80) ainsi qu'à l'amélioration de leur viabilité commerciale par leur facilité de manipulation, de fabrication, et leur coût. Ce sont les anglophones qui ont commencé la démarche car les francophones n'étaient pas initialement convaincus d'une part de l'utilité de la lutte antivectorielle pour la maladie humaine (suivant la doctrine de Jamot) ni de leur facilité de pose dans les écosystèmes d'Afrique de l'Ouest. Puis les francophones ont produit des pièges aussi très efficaces, bien que n'utilisant pas les mêmes méthodes quantitatives et avec des différences (pas d'attractants olfactifs) liées à l'écologie comportementale des glossines riveraines versus de savane. La nécessité de mesurer l'efficacité des pièges a conduit à l'élaboration de nouvelles technologies (comme les filets électrifiés, l'utilisation de la vidéo (années 90)) et méthodes de comparaison. L'efficacité des pièges et écrans imprégnés s'est révélée particulièrement efficace à grande échelle vis-à-vis des glossines de savane. A partir des années 80, leur utilité pour le suivi des densités des glossines est devenue très importante. Concernant la lutte, le coût de la pose et leur capacité à mener à l'éradication des glossines riveraines sont devenues récemment des critiques importantes (Bouyer et al. 2013c). Grâce à ces outils, les chercheurs se sont portés à partir des années 80 sur l'étude de la mobilité des glossines et leur écologie. A partir des années 2000 (Rogers 2000), de nouveaux outils ont été mobilisés : l'imagerie satellitaire permettant de caractériser la végétation par l'activité

photosynthétique et les appareils GPS (Global Positioning System). La géolocalisation par satellite a ainsi été utilisée pour la lutte à grande échelle : elle permet d'ajuster les doses d'insecticide dispersé par voie aérienne (projet d'élimination dans le delta de l'Okavango, au Botswana, 2002) et de lâcher des glossines stériles en fonction de la densité de glossines sauvages dans le Projet d'Eradication des Glossines dans les Niayes, Sénégal. Des efforts récents au niveau des outils et méthodes diagnostiques ont été faits pour mieux analyser le risque trypanosomien.

L'idée de traiter le bétail avec des insecticides comme « pièges vivants » (mouvants et odorants) est apparue lorsque les insecticides de synthèse ont été créés mais ils n'ont pas été utilisés de cette manière à cause d'un problème de formulation (rémanence) avant les années 90. Lorsque des formulations efficaces de produits épi-cutanés ont été disponibles, cela a changé la vision de la lutte anti-vectorielle et cette modalité est devenue centrale pour la médecine vétérinaire (Cuisance et al. 2003b, Bouyer et al. 2005). Comme ces traitements protègent les animaux de manière individuelle contre les tiques, le problème de gestion d'un bien commun est contourné. Plusieurs stratégies de traitement épicutané ont été proposées en vue d'en diminuer le coût et l'impact environnemental et d'en augmenter la facilité de mise en œuvre : le bain intégral, le traitement sélectif des individus de plus grand format, le traitement par pulvérisation manuelle, puis par pour on, enfin les traitements ciblés (ventre et extrémités des pattes) (Torr and Hargrove 1998, Torr et al. 2007a, Torr et al. 2007b, Vale et al. 2015) par pulvérisation puis par pédiluve (voir 3.2) (Stachurski et al. 2005). Alors que les scientifiques perçoivent le traitement acaricide contre les tiques comme un bénéfice supplémentaire, il est possible que cette autre cible soit un moteur plus important. L'intérêt de ces stratégies est maintenant envisagé pour protéger les hommes (en traitant les animaux) (Ndeledje et al. 2013). De manière plus récente, le traitement des locaux d'élevage et l'usage des moustiquaires imprégnées sont envisagés pour les animaux en stabulation permanente (Bauer et al. 2005). Avec cette multitude de solutions actionnables par l'éleveur, le débat scientifique porte actuellement sur les recommandations les plus adaptées d'une part au contexte épidémiologiques, d'autre part en terme d'« adoptabilité » mais aussi le choix entre des stratégies entièrement prises en charge par les producteurs ou de gestion à l'échelle de la population de glossines. En effet, de nombreuses agences qui financent la recherche et le développement mobilisent le paradigme de la participation et aussi d'une approche plus globale de la lutte contre la pauvreté. Certaines agences ont une entrée principalement technique, comme l'AIEA qui fait la promotion de la technique de l'insecte stérile en tant qu'utilisation pacifique du nucléaire. Les controverses d'apparence techniques s'avèrent être

alors en partie une bataille entre paradigmes d'actions à mener (plutôt que de parler de développement) mais comme le montre la SAR (Sociologie de l'Acteur-Réseau), ces rapports de force ont pour substrat des efforts pour enrôler les actants en vue de lutter contre les trypanosomoses.

L'idée de lâcher des insectes en vue de stériliser des populations sauvages est apparue pendant les décennies 1930 et 1940 dans 3 équipes de recherches indépendantes dont celle de Vanderplank qui travaillait sur les glossines en Tanzanie : le premier essai d'éradication d'une population de glossines (sur le terrain) a été réalisé avec des hybrides stériles (Klassen and Curtis 2005). Ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale que l'effet stérilisant des irradiations a été découvert et appliqué avec succès pour l'éradication de *Cochliomyia omnivorax* sur le continent américain. Par la suite, la Technique de l'Insecte Stérile (TIS) a été mise en œuvre pour plusieurs « insectes nuisibles » dont les glossines.

Une dizaine d'essais ou de programmes de lutte (suppression ou éradication) contre les glossines (Klassen and Curtis 2005) ont été mises en œuvre sur la base de la Technique de l'Insecte Stérile depuis l'essai de Vanderplank en 1947 avec des hybrides stériles. Deux programmes AW-IPM (lutte à l'échelle de la population) seulement ont conduit à une éradication définitive : dans le Zulu Land en Afrique du Sud (1945-1952) et dans les îles d'Unguja à Zanzibar (1985-87) mais le premier projet n'avait pas utilisé la TIS. L'éradication en Afrique du Sud a été basée sur la technique de pulvérisation séquentielle d'insecticides en micro-goutelettes (Sequential Aerosol Technique) pour une population isolée de *G.pallidipes* mais pas pour *G.austeni* ou *G.brevipalpis*. Au Burkina Faso (dans le Sidéradougou) et au Nigeria l'éradication par TIS a été efficace à court terme mais a été un échec sur le long terme en raison de l'absence de maintien des barrières de ré-invasion alors que les populations de glossines n'étaient pas isolées. Cette technique est difficile à mettre en œuvre techniquement et est coûteuse par les moyens logistiques et de suivi nécessaires. De plus, l'élevage des glossines est difficile à réaliser par rapport aux mouches des fruits car il faut nourrir les mouches mâles et femelles avec du sang et leur taux de reproduction est faible. Les modalités de lâchers sont aussi l'objet d'une organisation exigeante : la densité de males stériles devant être lâchés doit être corrélée à la densité des femelles sauvages en tous points de la zone de lutte (Vreysen et al. 2014a). Actuellement les lâchers aériens (par avion ou gyrocoptère) nécessitent une technologie renouvelée pour le calcul du nombre de males à lâcher, la mise en œuvre des lâchers systématiques et pour le suivi des densités de mouches sauvages et stériles.

### Un retour de balancier vers la gestion ancestrale des TAA par la trypanotolérance ?

Le concept de trypanotolérance a été formalisé/ élaboré par des zootechniciens français au début du 20<sup>ème</sup> siècle en Afrique de l'Ouest. Cependant, ce regain d'intérêt depuis les années 70-80, est consécutif aux difficultés à obtenir des éradications ou des éliminations des TAA à grande échelle, au regain d'intérêt pour le contrôle géré par les éleveurs selon le paradigme de participation et à la constatation du problème des résistances aux trypanocides. Alors que des agences ou institutions internationales misent sur la lutte intégrée dans une optique de contrôle et accordent à la trypanotolérance une place de choix (le réseau pour le bétail africain trypanotolérant a été établi en 1983 par l'ILCA (International Livestock Centre for Africa, soutenu par l'ILRI et la FAO) dans l'arsenal de méthodes pour cette lutte intégrée (d'Ieteren et al. 1998, Authié et al. 2003) qui comprend l'usage raisonné de trypanocides et la lutte antivectorielle locale, l'UA s'est prononcée, à contrepied de ces agences, en faveur de l'éradication à l'échelle du continent via des projets nationaux de type area-wide appuyés par des financements internationaux.

#### **2.1.2.2 Les apports de l'épidémiologie participative à la lutte contre les TAA**

Depuis l'avènement du concept de participation par les agences internationales de développement (dans les années 80), des études participatives, en particulier en épidémiologie participative, sont mises en œuvre la plupart du temps in itinere pour améliorer la réussite des projets de lutte ou en fin de projet pour en mesurer l'impact. La logique de transfert de technologie reste la plus fréquente, l'approche participative est le plus souvent utilisée pour sensibiliser de manière efficace les éleveurs et les vaccinateurs villageois à l'usage raisonné des trypanocides ainsi qu'à la mise en place des pièges (Catley et al. 2002, Machila et al. 2003, Machila et al. 2007). Ainsi, selon Catley (Catley et al. 2002), les logiques de choix des stratégies de lutte sont peu connues. Les enquêtes participatives (voir 2.2.1) sont utilisées pour renseigner de manière quantitative les paramètres épidémiologiques, les perceptions et les stratégies de lutte utilisées par les éleveurs (Grace 2006, Ohaga et al. 2007).

En Afrique de l'Ouest, Grace a indiqué que les TAA étaient perçues comme la principale contrainte sanitaire par les éleveurs dans la région de Sikasso (Mali), la province du Kéné Dougou (Burkina Faso) et la préfecture du Mandiana (Guinée) et que l'usage des trypanocides a fortement augmenté entre 1960 et 1979 jusqu'à concerner 100% des villages à partir des années 80 (Grace 2006) et de manière individuelle environ 50% des éleveurs en utilisent actuellement ; l'administration est faite le plus souvent par un éleveur qui propose des prestations de vaccinateur. Ensuite, viennent dans l'ordre décroissant de fréquence,

l'évitement des zones susceptibles d'être à plus haut risque trypanosomien, le traitement épicutané par insecticide et en dernier l'usage de bétail trypanotolérant. La différence entre la fréquence de possession de bétail trypanotolérant (52,8%) et la fréquence de déclaration d'usage de ce bétail comme stratégie de lutte (35,5% de ceux qui en utilisent) montre que la manière d'enquêter expose à des biais d'interprétation. De la même façon, l'auteur indique qu'il y a une incertitude sur la finalité du traitement épicutané (vis-à-vis des tiques ou des glossines ?). Parmi les stratégies traditionnelles ont été relevées les feux de brousse et le confiage des vaches atteintes de TAA dans des zones à faible risque trypanosomien. Les traitements dits traditionnels sont largement utilisés (environ 50% des éleveurs interrogés) et sont très variés allant du traitement physique (scarification, saignée) aux traitements ethnobotanique (8 plantes différentes ont été citées) par l'usage de produits divers et non traditionnels (comme le café soluble ou les antibiotiques de médecine humaine). Ils sont utilisés en complément des autres stratégies. La logique d'action explicitée est que le recours au vétérinaire n'est pas utilisé lorsque le nombre d'animaux malades est faible. Enfin, les pratiques actuelles de lutte par trypanocides sont dénoncées comme étant peu efficaces et favorisant une augmentation et une diffusion des résistances aux trypanocides. La concurrence entre secteur formel et informel accompagné d'un manque d'accessibilité du secteur formel (le réseau vétérinaire) ont pour conséquence de rendre difficile la prévention des résistances aux trypanocides.

De manière générale, l'usage des trypanocides est la pratique de contrôle des TAA la plus fréquente (Catley and Irungu 2000, Machila et al. 2007, Ohaga et al. 2007). De nombreux traitements chimiques autre que trypanocides (à base d'antibiotiques, anthelminthiques...) sont mis en œuvre par les éleveurs ou les vaccinateurs villageois pour des tableaux cliniques attribués aux TAA mais les logiques de décision et d'association de principes actifs sont mal connues. La lutte anti-vectorielle communautaire à base de pièges et écrans en particulier est peu adoptée car il s'agit de la gestion d'un bien public alors que les traitements épicutanés sont beaucoup plus appréciés et utilisés (Barrett and Okali 1998, Kamuanga et al. 2001b) ; la finalité de leur usage n'est cependant pas établie (Hargrove et al. 2000, Ohaga et al. 2007).

Il est rare qu'une seule technique permette d'obtenir un contrôle satisfaisant et durable à l'échelle collective, raison pour laquelle un nouveau concept de lutte s'est progressivement imposé : la lutte intégrée.

### **2.1.2.3 Développements récents de la lutte contre les TAA**

Le contrôle des TAA s'oriente vers la lutte intégrée dont le principe est de combiner de manière séquentielle ou simultanée différentes méthodes de lutte portant sur les différents éléments du cycle parasitaire selon le système d'élevage et la situation sanitaire.

Bien que la PATTEC affiche pour but global l'éradication des glossines et des TAA, l'éradication n'est possible que dans moins de 5% des cas, d'où l'importance de l'étude de faisabilité. La FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) fait la promotion du bétail trypanotolérant dans le cadre de la lutte intégrée contre les trypanosomoses animales (Agyemang 2005). Swallow souligne l'importance du principe de subsidiarité de l'appui des différentes institutions à une lutte principalement dirigée par les éleveurs individuels et les communautés, l'importance de mettre en cohérence les politiques publiques ainsi que la nécessité d'une complémentarité entre une approche centralisée et décentralisée (Swallow 2000).

En matière de lutte, il est recommandé de choisir distinctement lors du démarrage d'un programme de lutte l'objectif de celui-ci : le contrôle (suppression) ou l'éradication afin de pouvoir mettre en place une stratégie efficace. Pour cela, suite à l'expression d'une volonté politique et/ou des communautés, une étude de faisabilité doit comporter plusieurs volets (Bouyer et al. 2013a): une enquête parasitologique, une enquête entomologique, une enquête socio-économique (Mumford 2005) incluant une analyse participative et une étude environnementale. Ainsi l'analyse parasitaire, basée sur les analyses sérologiques, a pour objectif d'évaluer les prévalences et incidences des TAA dans les populations animales domestiques du territoire. L'étude entomologique a pour but d'identifier les populations de glossines, leur répartition et leur degré d'isolement par rapport aux populations en dehors de la zone considérée. L'étude socio-économique doit pouvoir prédire le rapport entre les bénéfices et les coûts du programme de lutte et doit s'insérer dans une démarche participative plus large d'analyse d'abord de la désirabilité de la démarche par les bénéficiaires, de l'élaboration des modalités de mise en œuvre et aussi de l'évaluation de l'impact, qui doit prendre en compte par exemple les capacités de charge des sols. Enfin, l'étude environnementale a pour but d'évaluer l'impact à long terme des interventions sur l'environnement et, le cas échéant, de prévoir une stratégie de gestion des terres libérée de glossines. A l'issue de ces études, soit le choix de l'éradication à l'échelle de la population (de glossines) lorsque celle-ci est d'une part souhaitable et d'autre part possible soit le choix du contrôle local par suppression. Les critères essentiels pour la faisabilité de l'éradication

sont (Fig. 5): l'isolement des populations de glossines par rapport aux populations en dehors de la zone de lutte soit par des barrières naturelles préexistantes soit par des barrières artificielles qui pourront être entretenues (situation moins favorable cependant), ou la mise en œuvre d'actions séquentielles de lutte avec une stratégie adaptée de maîtrise de la ré-invasion (comme les lâchers permanents d'insectes stériles dans un périmètre tampon).

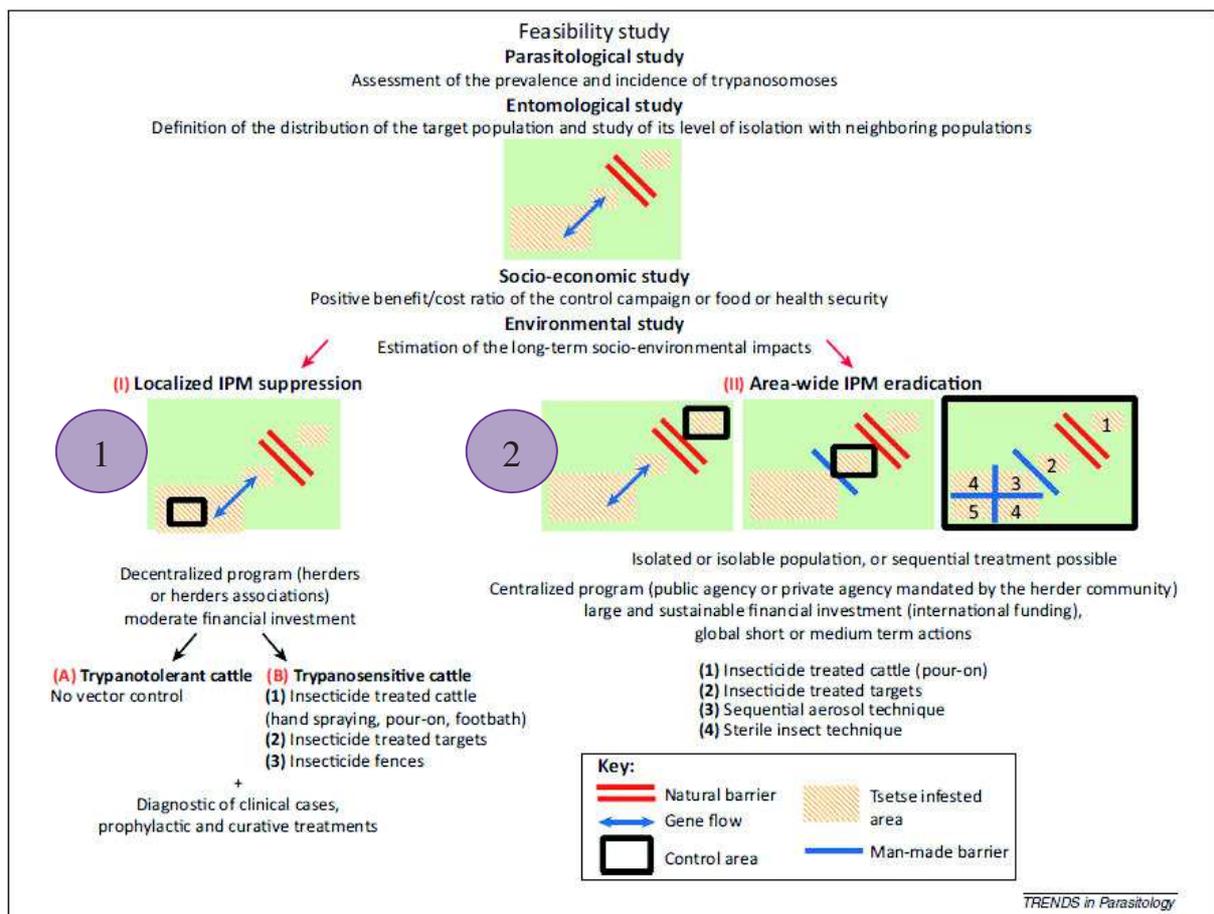


Fig. 5. Arbre de décision pour la lutte contre les TAA (Bouyer et al. 2013a). Le diagramme d'élaboration des choix stratégiques se construit à partir des résultats de l'étude de faisabilité. L'encadré noir en gras indique les populations de glossines ciblées par le programme de contrôle. Si la population n'est pas isolée (section I, A et B), le contrôle doit être orienté vers la lutte intégrée à l'échelle locale par les éleveurs (L-IPM en anglais pour Localized Integrated Pest Management). L'éradication (section II) est une stratégie de lutte à l'échelle de la population (de vecteurs) (AW-IPM en anglais Area Wide Integrated Pest Management). Cette stratégie coûteuse et exigeante techniquement doit avoir une base institutionnelle solide pour sa mise en œuvre et son financement. Le fait que ses bénéfices soient permanents après la fin des efforts de lutte la rend très attractive ; cependant des facteurs politiques et

*environnementaux rendent sa mise en œuvre impossible dans la majorité des situations. Le contexte des études (voir résultats) menées au Burkina se place dans la situation notée 1 (violet) alors qu'au Sénégal, la campagne d'éradication des glossines dans les Niayes correspond à la situation 2.*

La lutte intégrée en vue de l'éradication (Fig. 5) (Bouyer et al. 2013a) constitue un programme centralisé dont la mise en œuvre doit être dirigée par une institution publique ou privée portant un mandat collectif et doit surtout bénéficier d'un financement important et sécurisé sur la durée du projet (les financements internationaux sont quasi incontournables). Les méthodes qui peuvent être associées sont: le traitement épicutané du bétail (par pour-on), les écrans imprégnés d'insecticides, le traitement séquentiel de l'environnement par aérosol insecticide, et enfin la technique de l'insecte stérile dont l'usage est nécessaire pour atteindre une véritable éradication notamment en ce qui concerne les glossines riveraines (Dicko et al. 2014).

La lutte intégrée par suppression à l'échelle locale (des communautés) (Bouyer et al. 2013a) constitue un programme décentralisé qui est mis en œuvre par les éleveurs eux-mêmes, de préférence via les groupements professionnels pour une meilleure mise en œuvre avec de l'appui-conseil. Bien que les investissements soient modérés et pris en charge par les bénéficiaires, l'absence d'éradication implique une lutte pérenne et continue. Le coût de la lutte devient donc un coût de production et doit être minimisé.

L'impact des trypanosomoses dépend à la fois du cycle éco-épidémiologique et du système d'élevage, principalement de la race (voir 2.1.1.5) mais aussi de certaines pratiques comme le pâturage sur parcours naturel ou la transhumance (voir 2.1.1.6). Ainsi une matrice de décision peut être proposée pour choisir les stratégies de lutte (Fig. 6).

Deux premières grandes dichotomies sont observées au niveau des recommandations (Fig. 6). Premièrement, aucune lutte n'est envisagée en zone de cycle sylvatique vis-à-vis duquel l'élevage est déconseillé. Ensuite, aucune lutte antivectorielle n'est envisagée lorsque le bétail élevé est trypanotolérant (ce n'est pas rentable) ou lorsque le cycle de transmission est mécanique (ce n'est pas efficace). Globalement, le diagnostic et le traitement des cas cliniques constituent une base commune aux différentes stratégies. La prophylaxie à base de trypanocides préventifs doit être mise en œuvre uniquement pour les bovins trypanosensibles dans le système d'élevage avec transhumance ainsi que pour les systèmes d'élevage confrontés à un cycle d'interface. Dans le cas des bovins transhumants, le traitement

prophylactique permet d'éviter l'importation de souches très virulentes (avec la « paire sanitaire » de trypanocides préventif au départ et curatif au retour) alors que chez les résidents, les traitements curatifs après diagnostic sont préférés pour ne pas augmenter l'apparition de chimio-résistances.

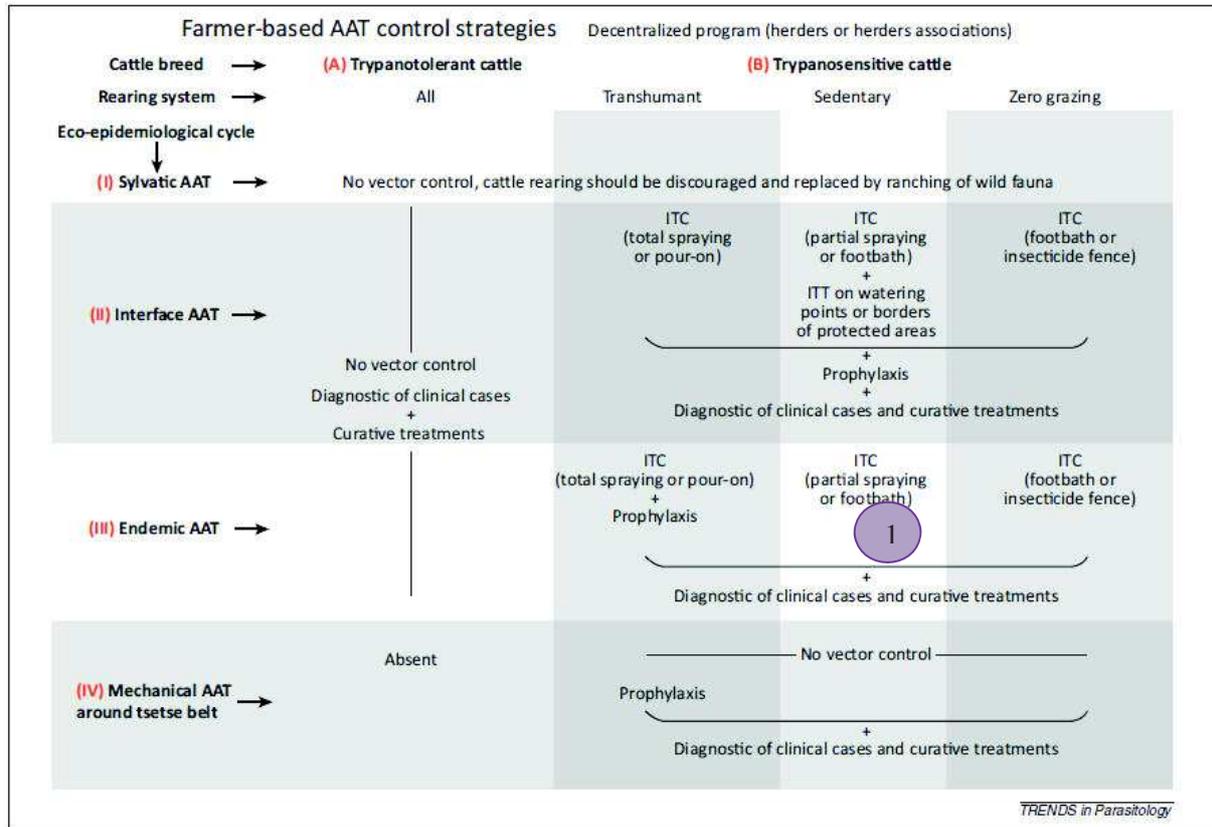


Fig. 6. Matrice de décision pour le contrôle des trypanosomoses par les éleveurs. Les stratégies recommandées combinent l'usage des trypanocides à différentes méthodes de contrôle des vecteurs selon le niveau de trypanotolérance (colonne de gauche pour les races trypanotolérantes, races trypanosensibles pour les autres), selon le type d'élevage (du plus extensif au plus intensif de gauche à droite) et selon les cycles éco-épidémiologiques (en ligne, avec une pression glossinienne décroissante de haut en bas). Aux quatre cycles de transmission cyclique décrits (voir 2.1.1) est ajouté le cycle de transmission mécanique en bordure des zones infestées par les glossines. Abréviations : ITC insecticide treated cattle (bétail traité de manière épicutanée par insecticide) ; ITT insecticide treated targets (écrans imprégnés d'insecticide). Au Burkina, dans la boucle du Mouhoun, la situation des troupeaux est indiquée par le chiffre 1 en violet. Le cycle épidémiologique est endémique, les bovins sont majoritairement trypanosensibles ou de trypanorésistance intermédiaire (métis) et la transhumance est pratiquée de manière restreinte ou partielle.

La transhumance peut exposer les troupeaux à différents cycles éco-épidémiologiques : on observe dans les troupeaux transhumants qui pénètrent dans les zones à glossines généralement un métissage avec des races trypanotolérantes en relation avec les pressions glossiniennes habituellement rencontrées. Pour les transhumants, la lutte antivectorielle passe par la pulvérisation totale ou le pour-on, qui sont des moyens adaptés à la mobilité (et déjà largement diffusés au Burkina). Le traitement par insecticide des extrémités des membres par pulvérisation partielle ciblée ou pédiluve est préconisé pour les troupeaux sédentaires ainsi qu'une lutte par écrans imprégnés au niveau des points d'eau ou dans une zone tampon de 5 Km autour des zones protégées en cas de cycle d'interface; cependant la lutte par écrans est rarement prise en charge par les éleveurs individuels et nécessite une intervention des collectivités qui peuvent renforcer ainsi l'avantage des troupeaux à rester hors des zones protégées où se trouvent les animaux sauvages et donc les souches de trypanosomes virulentes. Pour les troupeaux en stabulation permanente, l'usage du pédiluve ou la mise en place des moustiquaires imprégnées autour de la stabulation constituent des solutions techniques pratiques et efficaces.

Ces recommandations ont été élaborées d'après les expériences de lutte passées et en prenant les solutions techniques optimales sur le plan épidémiologique: par exemple sur la base des difficultés d'adoption constatées de la lutte collective contre les glossines par écrans, cette technique n'est conseillée que dans les situations de cycle d'interface. Cependant, elles restent des recommandations élaborées par des spécialistes et des ajustements et négociations avec les parties prenantes sont nécessaires ainsi que l'initiation, par des méthodes participatives, de boucles de co-apprentissages (Pemberton and Stonehouse 2000, Bouyer et al. 2013a).

### *2.1.3 Importance socio-économique des trypanosomoses animales*

Itard (Itard et al. 2003) aborde la complexité de l'impact de la maladie et propose de dépasser une vision strictement médicale de la maladie. Une approche intégrant l'ensemble des contraintes à l'élevage est conseillée pour la mise en place des programmes de lutte :

« L'économie des trypanosomoses animales doit être appréhendée plus comme une contrainte au développement que comme une maladie. Dans les paragraphes suivants sont énoncées les particularités de la maladie dont il faudra tenir compte, si l'on veut entreprendre une lutte, mais il sera encore plus important d'étudier la très grande variabilité des situations écologiques et économiques, au point que chaque territoire constitue un cas particulier qui doit être soigneusement étudié aux plans épidémiologique, économique et humain. Bien que

les trypanosomoses animales, en réduisant la productivité animale ou en rendant de vastes régions inaccessibles à l'élevage, aient un impact sur l'environnement, l'agriculture et, plus généralement, sur le bien-être de l'homme, il n'est pas évident qu'il faille dans tous les cas entreprendre une lutte contre elles. C'est pourquoi, avant d'engager une campagne de lutte, une analyse très complète de toutes les variantes possibles et de leurs effets sur le développement rural doit être faite avec beaucoup de soins » (Itard et al. 2003).

Historiquement, les études économiques portant sur les trypanosomoses ont initialement concerné les coûts des campagnes de lutte puis l'impact des TAA sur la productivité ; par la suite des analyses coûts-bénéfices relatives aux projets de lutte menés ont été réalisées, sans valeur générique. Cependant, dès les années 80, est apparue l'idée que la lutte serait la plus rentable dans les zones en limite de distribution des glossines où l'élevage est déjà développé (Putt and Shaw 1982).

Les bénéfices attendus de la lutte comprennent essentiellement les effets directs sur les systèmes d'élevage en place alors que les effets sur l'utilisation des terres (comme pâturage ou à des fins agricoles grâce à la traction animale) ou sur la composition des troupeaux sont envisagés comme des coûts indirects de la pression trypanosomienne, c'est-à-dire qu'une augmentation quantitative des terres exploitées, des effectifs de ruminants possédés et même de la population humaine est attendue (Alsan 2015). Ces changements sont considérés comme des retours « mécaniques » à un état « normal » qui seraient déterminés pour chaque zone écologique. Seule l'étude réalisée après la campagne d'éradication des glossines à Zanzibar (initiée en 1988, avec une incidence très faible des TAA observée dès 1994 et terminée en 1997) sans plan d'intervention autre que celui de l'éradication constate l'adoption de nouvelles pratiques, de manière statistique (pas de confirmation des relations de cause à conséquence en l'absence de démarche participative/qualitative) : la proportion d'agriculteurs élevant des bovins a augmenté de 31% à 94% entre 1985 et 2002, celle vendant du lait de 11% à 62% de 1985 à 1999 et celle possédant des races exotiques de 2% à 24% entre 1985 à 2002 (Vreysen et al. 2014a). Au niveau de la productivité, la production de lait a presque triplé entre 1985 et 1999, et les revenus des ménages agricoles ont augmenté de 30% entre 1999 et 2002 avec un changement positif de catégorie socio-économique des agriculteurs. Les effets directs observés étaient l'augmentation de la production de lait se traduisant à la fois par une augmentation des ventes mais aussi une augmentation de l'auto-consommation et donc un impact positif sur la nutrition des familles agricoles, l'augmentation de l'utilisation du fumier et l'augmentation de la traction animale. De manière indirecte, la production agricole a

augmenté et davantage de résidus de récolte ont été utilisés (Mdoe 2003). La contribution de l'élevage et de l'agriculture au PIB a donc augmenté de manière prolongée après l'éradication (plus de 15 ans après) (Mdoe 2003). Alors que les surfaces agricoles n'ont pas augmenté, les types de culture ont changé. Cependant, malgré la forte augmentation de la production laitière à l'échelle des exploitations, des difficultés à répondre aux besoins en produits laitiers actuels et prévisionnels étaient toujours relevées et des pistes d'action en appui à l'élevage ont été formulées (Mdoe 2003).

Kamuanga (Kamuanga et al. 2006) préconise deux types de méthodes pour l'évaluation des projets de lutte : la méthode des budgets partiels et l'analyse coûts-bénéfices (Mumford 2005). Il envisage que le risque trypanosomien ait un impact sur la composition des troupeaux en termes de races et effectifs et sur l'exploitation des ressources naturelles d'une part pour l'élevage et d'autre part pour l'agriculture en relation avec l'impact sur la traction animale. Les bénéfices directs attendus sont une augmentation de la productivité à système d'élevage constant : réduction de la morbidité, de la mortalité, des coûts de traitements, augmentation des effectifs et des productions lait et viande. Les bénéfices indirects portent essentiellement sur l'accès à de nouveaux pâturages ou la mise en culture de nouvelles terres (Kamuanga et al. 2006). Le changement des systèmes d'élevage/ l'innovation n'entre cependant pas dans le calcul des bénéfices. Une augmentation de la taille des troupeaux de 25% et du nombre de taureaux suite à la suppression dans la zone agro-pastorale de Yalé a été observée ainsi qu'une amélioration de la production laitière et une diminution importante de la mortalité (Kamuanga et al. 2001a). Dans le Sédougou, les augmentations de productivité et de revenus ont été estimées selon 3 hypothèses (basse, moyenne et haute) pour lesquelles les principaux impacts étaient la diminution de la mortalité et l'amélioration de la production laitière à hauteur de 20% des revenus supplémentaires (Brandl 1985). A Satiri, Samorogouan et Bekuy, les impacts sont l'augmentation de la taille des troupeaux, du taux de mise bas, de la production laitière, du nombre de taureaux pour le labour et des économies en achat de trypanocides (Kamuanga et al. 2004) ; dans la zone agro-pastorale de Yalé, cette réduction de l'usage des trypanocides n'a pas été observée, de manière surprenante. Au Burkina Faso, en zone d'endémie, le coût du contrôle par les trypanocides (Ouédraogo et al. 2004) est estimé à 2500 Fcfa/animal/an et ne constitue pas une solution durable à cause du développement des résistances.

Suite aux migrations d'éleveurs vers le Sud du Burkina où le risque trypanosomien est important, Shaw a montré que la mortalité des veaux était de 20% supérieurs chez les races trypanosensibles, que le taux de mise-bas, la production laitière et la disponibilité pour le

labour étaient diminués jusqu'à 38% (Shaw 2004). Cependant, elle indique que l'impact des TAA sur des indicateurs-clés tels que le taux de vêlage et la mortalité sont très variables, en particulier entre sites (peut-être dû à des différences de méthodes de mesure) (Shaw et al. 2006). Une synthèse des études sur la productivité en Afrique de l'Ouest a été élaborée par la FAO (Shaw et al. 2006).

Toutes les études rapportent un impact positif immédiat et important sur la productivité de la disparition du risque trypanosomien (par suppression ou éradication), à système d'élevage constant.

Les modèles économiques sont utilisés soit pour évaluer la rentabilité de la lutte sur une période de 10 à 30 ans (Kristjanson et al. 1999) soit pour comparer les coûts de différentes stratégies de lutte (*ex ante*) (Shaw et al. 2006, Shaw et al. 2013). L'évaluation des bénéfices et des coûts de tels projets est jugée complexe (Knight 2006, Shaw et al. 2006, Shaw et al. 2013, Shaw et al. 2014) et l'enjeu est très différent entre la comparaison des coûts de différentes stratégies (Shaw et al. 2013) et l'amélioration de l'évaluation des bénéfices. La méthode d'évaluation des coûts doit être développée spécifiquement aux méthodes utilisées (Shaw et al. 2013), qui nécessitent des études préliminaires, une organisation et des moyens très différents (entre la suppression continue ou l'éradication par SIT), et pour prendre en compte les infrastructures spécifiques à chaque pays et les possibilités d'économie d'échelle. Une controverse concerne la pertinence de comparer économiquement des stratégies qui ne conduisent pas aux mêmes résultats (la suppression versus l'éradication) (Bouyer et al. 2013c, Shaw et al. 2013) ou d'estimer les bénéfices d'une innovation improbable (un vaccin) (Kristjanson et al. 1999).

L'évaluation prend en compte les critères du bailleur : les bénéfices doivent être supérieurs aux coûts (avec un ratio optimisé pour le choix des stratégies) sur le court terme pour diminuer la prise de risque (du bailleur), ne connaissant pas l'évolution des systèmes d'élevage et de l'exploitation des terres et le retour sur investissement doit être maximisé (Swallow 2000). Donc la stratégie est de diminuer le temps de mesure d'impact et négliger l'impact de l'innovation. L'avantage pérenne de l'éradication au-delà du temps de mesure n'est pas pris en compte ni les conséquences si la disparition du risque trypanosomien n'est pas durable alors que les éleveurs ont innové en fonction d'un contexte sans TAA temporaire.

Des modèles de simulation démographique de troupeau et de productivité constituent une méthode privilégiée actuellement pour prévoir l'augmentation numérique des troupeaux

et l'augmentation du taux d'exploitation (Kristjanson et al. 1999, Knight 2006, Shaw et al. 2006, Shaw et al. 2014). Les bénéfices potentiels des interventions contre les glossines et la trypanosomose (le différentiel de revenus) sont comparés grâce à des modèles économiques sur 10 à 20 ans dans des zones pilotes avec ou sans intervention sur les glossines, ce qui nécessite la compilation d'un volume important de données bibliographiques, en particulier lorsqu'il s'agit de distinguer des sous-groupes à l'intérieur des 3 grands systèmes d'élevages que sont l'élevage pastoral, agro-pastoral et l'agro-élevage et d'avoir des données économiques actualisées (Shaw et al. 2014). Les bénéfices indirects du contrôle identifiés sont l'amélioration de la qualité de la vie et de la valeur des terres (Knight 2006, Vreysen et al. 2014a). Shaw inclut les bénéfices liés à l'utilisation de nouvelles terres pour l'élevage et à l'exportation de bovins excédentaires par l'utilisation d'un modèle séparé : c'est le seul type d'innovation envisagé (Fig. 7) (Shaw et al. 2006, Shaw et al. 2014). Le calcul différentiel des revenus inclut à la fois la production de lait et de viande, la balance des importations de bétail, le taux d'exploitation du bétail (abattu ou vendu), la diminution des inputs (traitements trypanocides), l'augmentation de la valeur du troupeau et l'augmentation de la force de travail pour l'agriculture en augmentant le nombre de bœufs de trait (Fig. 7).

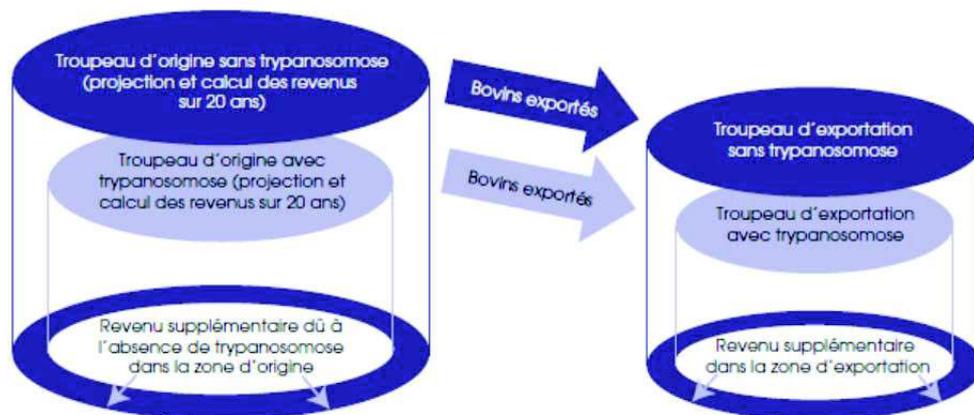


Fig. 7. Structure du modèle indiquant les 4 simulations de troupeaux effectuées pour chaque système d'élevage (2 systèmes basés sur la race : taurin/ trypanosensible).  
Source : (Shaw et al. 2006).

Des analyses spatiales ont été développées à grande échelle sur SIG, en utilisant des données clés géoréférencées pour faire les calculs comme la densité du bétail, les densités de glossines, les densités humaines, les prix pratiqués et les systèmes agricoles (ce sont des données de la FAO corrigées) (Shaw et al. 2014) et produire sur carte des mesures synthétiques quantifiées en unités monétaires (Shaw et al. 2006) : les bénéfices sont rapportés

au km<sup>2</sup>. Les points critiquables sont la définition d'un seul système d'élevage par zone au lieu d'une combinaison, l'extrapolation des données de productivité à des zones plus grandes que celles dont sont issues les données ainsi que l'estimation du risque trypanosomien, en particulier en limite de répartition (Shaw et al. 2006). L'échelle de validité des données et leur extrapolation à d'autres zones doivent être questionnées puisque les simulations sont portées jusqu'à l'échelle du continent (Kristjanson et al. 1999).

Dans les années 90, les coûts directs des TAA ont été estimés à 1340 millions US\$ annuellement pour le continent africain (Kristjanson et al. 1999). D'autres auteurs chiffrent les pertes annuelles directes pour l'élevage à 600-1200 millions US\$ (Hursey and Slingenbergh 1995) (Budd 1999) et les pertes globales pour l'agriculture et l'élevage s'élèveraient à 4750 millions US\$ (Budd 1999).

Swallow fait l'hypothèse que les bénéfices les plus grands seront gagnés en zone sub-humide, là où l'intégration agriculture-élevage sera effective et dans des zones connectées aux sites de consommation (en zone urbaine ou péri-urbaine) (Swallow 2000). Pour sa part, Shaw conclue que les bénéfices de la lutte contre les glossines sont très variables géographiquement et précise que ce sont les zones en bordure de distribution des glossines qui permettent les niveaux de bénéfices les plus élevés (ce sont ici les bénéfices et non les coûts qui sont comparés) car les densités animales sont déjà élevées et que la traction animale sera encore mieux valorisée (Swallow 2000, Shaw et al. 2006, Shaw et al. 2014) mais ceci est à relativiser avec les capacités fourragères et agricoles des zones concernées, qui peuvent être nettement inférieures à celles des zones plus humides. Les bénéfices estimés sur des zones de lutte de 6 pays différents d'Afrique de l'Est sont de 3300 US\$ en moyenne par km<sup>2</sup> mais ils varient fortement de 500 à 10 000US\$ (Shaw et al. 2014).

Les évaluations socio-économiques se basent sur des données géospatiales et biogéographiques pour servir d'outil d'aide à la décision pour les institutions nationales et internationales afin de choisir les zones de lutte prioritaires et les stratégies associées. Des enquêtes en épidémiologie participative sont quelquefois menées in itinere de manière indépendante à ces analyses économiques et portent principalement sur la perception du risque et des pratiques de lutte.

## **2.2. Etat de l'art de méthodes pour étudier l'impact du risque sanitaire sur l'innovation**

L'innovation est un construit socio-technique avec ses multiples dimensions (Latour 1992, Flichy 2003, Lavigne Delville 2011b).

### *2.2.1 L'approche et les méthodes d'épidémiologie participative*

#### La participation

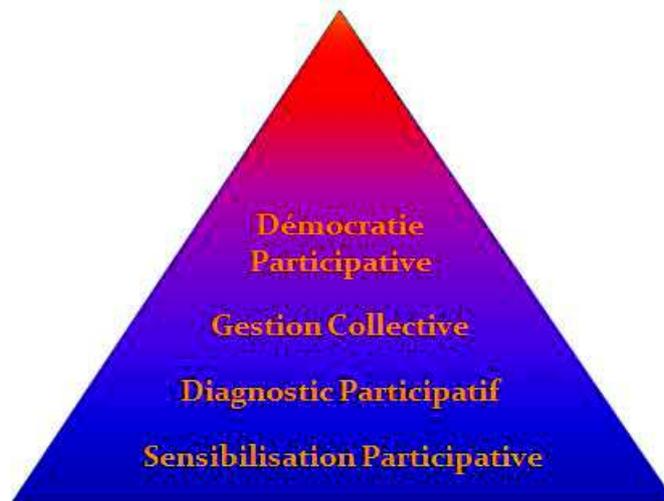
Le concept de participation s'est imposé de manière récente, à partir des années 70, particulièrement au niveau des institutions internationales d'aide au développement et au niveau des ONG, suite au constat de la nécessité d'améliorer les attitudes et méthodes pour élaborer et mettre en œuvre les programmes de développement, en particulier dans les pays pauvres. Il a été défini comme: "A process through which stakeholders influence and share control over development initiatives and the decisions and resources that affect them" (World Bank 1996). La participation est donc le processus qui aide les citoyens à influencer les prises de décision qui les concernent et à prendre part au contrôle de ces décisions, depuis la construction d'une politique publique jusqu'aux choix de technologies. Il y a donc un objectif double : social et politique (d'Aquino 2007). Les approches participatives permettent aussi d'améliorer les connaissances sur les situations complexes, dans un monde incertain (d'Aquino 2007), l'étude de l'action dans le système considéré étant indispensable.

Face à l'enjeu méthodologique majeur qui est de mieux prendre en considération les représentations et les enjeux des différents acteurs pour l'action, différents types de participation sont observés : ils sont définis par des objectifs, des modalités de mise en œuvre et des impacts différents (Tabl. 2).

| Type  | Modalités et caractéristiques   |
|---|---|
| Participation passive                         | Le projet ou l'administration informe les personnes de ce qui a été fait ou ce qui est prévu en vue de les enrôler dans les activités mais l'information partagée appartient uniquement aux professionnels extérieurs.  |
| Participation par la fourniture d'information | Les personnes participent en donnant des informations selon des méthodes extractives. Ils n'ont pas la possibilité de valider les résultats ni de contrôler les décisions prises.   |
| Participation par consultation                | Les personnes participent en étant consultés : les intervenants extérieurs écoutent les points de vue mais ils définissent eux même les problèmes et les solutions. La prise en compte des différents points de vue est incertaine et le partage des prises de décisions non effectif.  |
| Participation par incitation matérielle       | Les personnes participent en donnant accès à des ressources (champs, animaux, travail) en échange d'avantages matériels. Une grande partie de l'expérimentation en milieu paysan fait partie de cette catégorie qui est une forme de participation insuffisamment aboutie pour accompagner l'innovation.  |
| Participation fonctionnelle                   | Les personnes participent en formant des groupes actifs dans la réalisation d'objectifs prédéterminés liés au projet. Cette participation intervient généralement après la prise de décisions initiale et la planification avec une dépendance vis-à-vis d'organismes extérieurs.   |
| Participation interactive                     | Les personnes prennent part à l'analyse, qui aboutit à des plans d'action et à la création de nouvelles institutions locales ou au renforcement d'institutions existantes. Elle tend à utiliser des méthodologies interdisciplinaires qui cherchent des perspectives multiples et utilisent des processus systématiques et structurés d'apprentissage. Ces groupes prennent le contrôle des décisions locales, et les personnes ont donc un intérêt à maintenir les structures et les dynamiques. |
| Initiative locale                             | Les personnes participent en prenant des initiatives pour changer les systèmes indépendamment des institutions extérieures. Ces mobilisations locales et cette action collective autonomes peuvent remettre en question la répartition des richesses et du pouvoir.   |

Tabl. 2 : Typologie de la participation des populations aux programmes et projets de développement (source : (Pretty 2000)) : détails de formes plus ou moins altérées de participation.

Quatre types essentiels de participation (d'Aquino 2007) peuvent être définis selon la manière dont les acteurs concernés sont impliqués: la sensibilisation participative, le diagnostic participatif, la gestion concertée et la démocratie participative (Fig. 8). Ces formes de participation s'inscrivent dans un gradient de participation mais ne sont pas des étapes car les démarches sont de natures très différentes dès leur conception.



*Fig. 8. Les quatre niveaux essentiels de la participation (source : (d'Aquino 2007)). La sensibilisation participative comprend un échange avec les acteurs ciblés, selon les différents points de vue, mais l'enjeu reste le transfert d'une grande partie de l'analyse des intervenants extérieurs. Le diagnostic participatif dépasse le simple échange d'opinions pour construire une vision commune en modifiant les analyses initiales. La gestion concertée est une démarche de partage des tâches et responsabilités dans la gestion d'une ressource commune. La démocratie participative comprend un processus de décision permettant les négociations entre tous les groupes d'acteurs pour définir les valeurs et les enjeux prioritaires en amont de la gestion concertée. Ces quatre types de processus participatifs ne constituent pas des étapes : il s'agit de démarches complètes.*

De très nombreuses méthodes et outils issus des sciences sociales ont été produits pour mettre en œuvre les types de participation les plus aboutis en fonction des disciplines et des champs d'application. L'usage de méthodes et de techniques participatives permet d'atteindre le niveau de participation souhaité à condition que l'approche, en particulier institutionnelle, offre les conditions d'une participation en accord avec les objectifs visés.

Alors qu'un débat sur l'efficacité et les limites de la participation est toujours actif (Lavigne Delville et al. 2000, d'Aquino 2007), nous allons nous intéresser à la discipline utilisée par les vétérinaires : l'épidémiologie participative.

## L'épidémiologie participative (vétérinaire) (EP)

S'appuyant sur ce nouveau paradigme de production scientifique et d'appui au développement, l'épidémiologie participative « est une branche évolutive de l'épidémiologie vétérinaire qui utilise une combinaison de compétences en communication du praticien et des méthodes participatives pour améliorer l'implication des éleveurs dans l'analyse des problèmes sanitaires, et la conception, mise en œuvre et évaluation des programmes et politiques de contrôle des maladies animales » (Catley et al. 2012). Un des premiers usages de l'épidémiologie vétérinaire a été la surveillance active des foyers de peste bovine pendant la campagne d'éradication (PARC : Pan African Rinderpest Campaign suivie de la Global Rinderpest Eradication Program): la démarche « PDS », Participatory Disease Searching devenue Participatory Disease Surveillance par la suite, est une approche reconnue par l'OIE qui permet une production active d'information en vue de l'épidémio-surveillance (Jost et al. 2007, Mariner et al. 2012). Les 3 principaux usages actuels de l'EP sont le développement des systèmes de soins vétérinaires de base, l'épidémio-surveillance et la recherche vétérinaire (Jost et al. 2007). D'après son champ d'application, l'EP a vocation à étudier et accompagner l'amélioration des pratiques sanitaires et donc l'innovation et son impact. Cependant, cette nouvelle discipline a une approche sectorielle.

Les outils et méthodes de l'EP sont issus de l'anthropologie médicale et sociale ainsi que de l'analyse des agro-écosystèmes auxquels s'ajoutent les méthodes conventionnelles de diagnostic pour la triangulation des données. La robustesse de l'EP repose en effet sur la validation (par les acteurs) et la triangulation des données. Elle peut se faire de deux manières différentes : par validation en cours d'entretien/ de mise en œuvre d'un outil (en demandant une confirmation) ou par croisement des informations (selon au moins 2 sources) issues d'outils participatifs différents, entre données participatives et données secondaires ou entre données participatives et données issues des méthodes conventionnelles (Fig. 9). Catley indique que cette triangulation est habituellement réalisée dans le processus diagnostic vétérinaire, au cours de la collecte des commémoratifs mais aussi avec les résultats des examens cliniques et des examens complémentaires. Donc la triangulation se réalise à l'intérieur de chaque démarche (participative et de médecine vétérinaire) et de manière croisée entre les méthodes conventionnelles et participatives ainsi qu'avec les données bibliographiques. Les données participatives sont obtenues grâce à 3 types d'outils : les outils de visualisation, les entretiens et les outils de classement et pondération (Catley 2005, Ahlers et al. 2009).

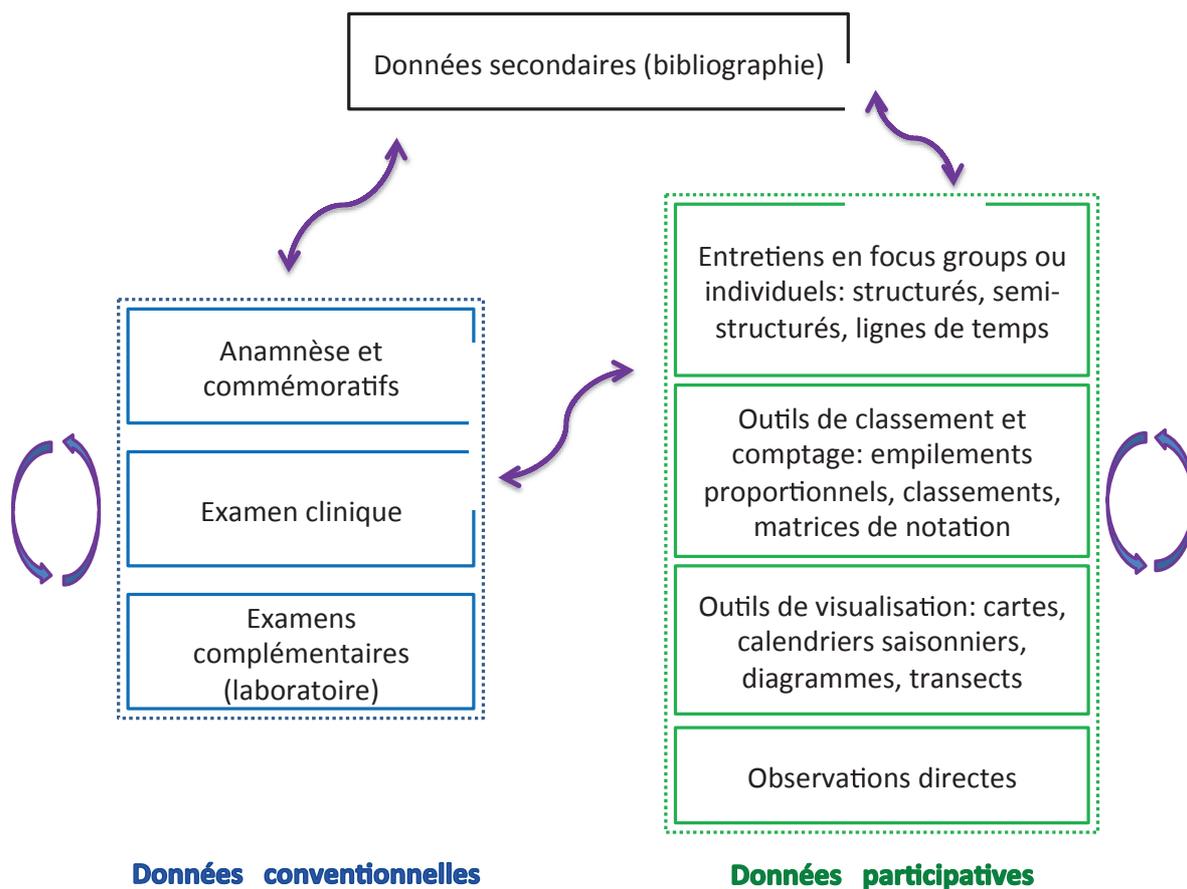


Fig. 9. La triangulation des données en épidémiologie participative (adapté de (Catley 2005, Catley et al. 2012)). Les flèches indiquent les relations de triangulation entre les méthodes (« across-method triangulation »). La triangulation en cours d'entretien (« within-method triangulation ») n'est pas représentée. La triangulation des données est réalisée à l'intérieur de la démarche conventionnelle de médecine vétérinaire (pointillé bleu), entre méthodes participatives (pointillé vert), entre méthodes participatives et conventionnelles, entre les données secondaires et conventionnelles ainsi qu'entre les données secondaires et participatives.

Les entretiens, les lignes de temps et les outils de visualisation (les diagrammes de Venn, cartographie participative, les diagrammes en radar...) produisent des données qualitatives. Les outils de classification et pondération (matrices de notation, matrices de classement, classements simples, pondérations simples) et certains outils de visualisation (empilements proportionnels et calendrier saisonniers) permettent d'obtenir des données quantitatives ou semi-quantitatives qui sont très prisées pour la mise en œuvre de statistiques conventionnelles en vue de produire des publications (Catley et al. 2012). En conséquence, les vétérinaires ont privilégié l'exploitation des données issues des empilements proportionnels et

des matrices de notation qui leur permet de répondre aux critères scientifiques conventionnels des sciences vétérinaires et trouver une reconnaissance vis-à-vis de leurs pairs. La mise en œuvre par des vétérinaires pour « éviter les problèmes d'interprétation » et la réalisation d'un grand nombre de répétitions pour la récolte des données quantitatives sont recommandées (Catley et al. 2012). Les outils de pondération sont aussi très utiles pour les études rétrospectives. Ils améliorent la sensibilité des tests par rapport aux classements. L'intérêt des outils de visualisation, classification et pondération pour la validation en groupe et le support de discussion (lors des « focus groups ») a été souligné (Catley et al. 2012, Dunkle and Mariner 2013). Catley précise que l'usage de ces outils sans une approche participative rejoint les méthodes conventionnelles. Il définit l'approche participative comme une démarche mise en œuvre par des professionnels répondant aux priorités locales, s'appuyant sur une co-propriété de l'information et de l'analyse avec les communautés, sensible aux questions concernant le genre, et incluant une action conjointe pour résoudre les problèmes locaux (Catley et al. 2012). De nombreuses recommandations d'ordre général existent, comme la capacité d'écoute, l'absence de préjugés, l'absence de réactions négatives... Parmi les principes-clés qui en découlent, on notera le positionnement de l'intervenant comme facilitateur, faisant preuve de considération pour la rationalité des éleveurs, grâce à une « ignorance optimale » (c'est-à-dire adaptée à la recherche d'information supplémentaire et les contraintes temporelles de l'évaluation) (Dunkle and Mariner 2013).

Une multitude de sigles désignent différentes méthodes d'enquête créées au gré des investigations et qui ont des définitions proches : les méthodes les plus fréquentes de l'EP sont les RRA (Rapid Rural Appraisal), les PRA (Participatory Rural Appraisal) et PLA (Participatory Learning and Action). Il y a des désaccords sur la définition et les recoupements entre ces différentes méthodes (Delage 2006). Ainsi, pour certains auteurs, la RRA précède la PRA qui précède la PLA et la MARP (Méthode Accélérée de Recherche et de Planification) englobe l'ensemble. Pour d'autres, la PLA comprend la RRA et la PRA. Nous considérerons par la suite que la RRA précède la PRA et que la MARP est l'équivalent français de la PRA.

Les RRA ont été développées et diffusées par l'IIED (International Institute for Environment and Development à Londres) et constituent des méthodes de diagnostic rapide, donc sur un mode extractif, qui se basent sur les savoirs locaux (« Indigenous Technical Knowledge », ITK) en interrogeant des informateurs clés et des groupes de la communauté (Delage 2006).

La MARP a l'ambition de co-produire des savoirs et de permettre des apprentissages partagés entre paysans et techniciens sur la base d'un dialogue ouvert utilisant des outils visuels : cette production de connaissances devrait servir à orienter l'action, à la planifier de manière participative. Elle est très utilisée en EP depuis les années 90 et, dans ce cadre, elle a perdu son approche pluridisciplinaire initiale pour se focaliser sur la gestion sanitaire et être mis en œuvre par les vétérinaires (Catley et al. 2012). Cependant, elle est critiquée sur son « populisme idéologique » (Lavigne Delville 2011a) : il y a une idéalisation du « peuple », avec une différenciation insuffisante des groupes sociaux et une sous-estimation des clivages, enjeux et conflits. Trois illusions sont dénoncées : l'illusion communautaire (la communauté est consensuelle), une illusion communicationnelle (une information de bonne qualité est attendue si des outils de communication efficaces sont choisis) et une illusion empiriciste (le discours des acteurs suffit et aucune théorie particulière n'est mobilisée).

Depuis les années 2000, ces méthodes sont très utilisées en Afrique et en Asie dans les programmes de développement et ces démarches sont soutenues par les institutions nationales, les ONG (AVSF) et par les organisations internationales comme la FAO, l'ONU, l'UA, l'OIE ainsi que les centres internationaux de recherche agricoles (ILRI, CIRAD, ACIAR) qui ont produit des guides de formation (Mariner and Paskin 2000, Catley and Admassu 2003, Catley 2005, Bagnol 2007, Jost et al. 2007, Ahlers et al. 2009, Ameri et al. 2009, Dunkle and Mariner 2013). Selon Catley, la MARP a été peu utilisée pour les études concernant la lutte contre les TAA (Catley et al. 2002).

Les méthodes utilisées en EP ont pour but d'éviter les erreurs de récolte de données dues à la manière dont sont posées les questions (« non sampling errors ») avec les méthodes conventionnelles de type questionnaire. Cela concerne bien sûr les outils visuels qui introduisent un autre mode de communication, en particulier avec les personnes illettrées, mais aussi la technique d'entretien. Une conduite plus souple est préconisée, grâce à l'usage en particulier de check-lists pour les interviews semi-structurées (ISS) ; des questions ouvertes sont privilégiées suivant la règle des six assistants : « Qui ? Quoi ? Pourquoi ? Quand ? Où ? Comment ? » (Delage 2006). Les questions identifiées comme trop directes, agressives ou orientées doivent être évitées et la reformulation permet la triangulation pendant l'entretien (la « within-method triangulation ») (Catley et al. 2012). Cette reformulation est rapprochée du questionnement du vétérinaire pendant la consultation et est envisagée sous la forme d'une nouvelle question pour valider l'information. La triangulation croisée entre méthodes (« across-method triangulation ») consiste en la comparaison des résultats issus de plusieurs méthodes (aussi bien les méthodes sociologiques que les méthodes conventionnelles

des sciences vétérinaires) pour arriver à une validation. La triangulation des résultats des outils participatifs avec ceux des outils de diagnostic vétérinaire s'avère indispensable à certaines étapes : concernant la mise en place de réseaux d'épidémiologie-surveillance, elle doit être utilisée pour calculer la valeur prédictive positive (VPN) du diagnostic de l'éleveur (exprimé à travers une matrice de notation, pour une maladie donnée) qui conditionnera le recours ultérieur aux tests de laboratoire selon son importance (Mariner and Roeder 2003, Catley et al. 2004). L'usage des noms vernaculaires concernant les maladies, les saisons, ainsi que pour les catégories (par âge et sexe) des animaux (Barasa et al. 2008) est recommandé pour la mise en œuvre des outils.

L'intérêt des entretiens collectifs (ou focus groups) est mis en avant pour la récolte de données et leur validation collective, ce qui nécessite d'une part des qualités d'animateur/modérateur mais aussi de suivre quelques recommandations comme la subdivision d'une communauté rurale en plusieurs sous-groupes sociaux. La séparation par genre est à cet effet une recommandation très importante (Bagnol 2007, Ahlers et al. 2009) ; la séparation des hommes selon l'âge (jeunes/vieux) en est une supplémentaire.

L'EP propose des outils comme les matrices de notation pour établir des équivalences entre les noms vernaculaires des maladies et les noms scientifiques (Catley et al. 2001, Dunkle and Mariner 2013). Le travail de préparation de ces matrices peut reposer sur des interviews avec des informateurs clés qui sont souvent des agents vétérinaires pour gagner du temps (Catley et al. 2002). Ainsi les causes possibles des maladies sont choisies a priori pour construire la matrice de notation des causes des maladies et non pas d'après l'analyse du discours des éleveurs.

L'outil spécifique pour l'accompagnement de l'innovation est l'arbre à problèmes (Vesely 2008, Calba et al. 2014) qui est utilisé comme support de discussion en focus group ; il explore les causes et les conséquences des difficultés énumérées et doit aboutir à la construction d'un arbre à solutions. Cet outil peut être intégré dans une démarche d'évaluation participative dont l'objectif est de définir des critères d'évaluation de manière participative (Calba et al. 2014). La discussion sur la base d'une matrice d'impact (utilisant une liste standardisée de catégories d'impacts sanitaires) est aussi utilisée (Bellet et al. 2012).

Concernant les TAA, les principales méthodes utilisées sont d'une part les enquêtes de type RRA (Snow and Rawlings 1999), de type MARP (Catley et al. 2002, Elnasri 2005) et d'autre part celles portant sur les savoirs locaux et les pratiques de type KAP (« Knowledge Attitude and Practice ») (Machila et al. 2003, Grace 2006, Machila et al. 2007). Cette dernière

a été mise en œuvre au Burkina Faso, au Mali et en Guinée pour mieux connaître les stratégies de contrôle des TAA par les éleveurs : les données principalement quantitatives sont collectées par questionnaire (Grace 2006). Toutes ces méthodes portent sur les stratégies des éleveurs dans le but de proposer des améliorations.

La dynamique d'innovation de la méthodologie en EP s'orientent vers la création/ l'adaptation de nouveaux outils de visualisation (Catley et al. 2012) mais aussi vers de nouvelles démarches d'analyse (Jost et al. 2007) :

- surveillance des maladies émergentes et réémergentes, évaluation des réseaux d'épidémio-surveillance (Bellet et al. 2012, Calba et al. 2015), modélisation participative/ analyse de risque (Bellet et al. 2012, Goutard et al. 2015),
- mesure de l'impact (avec les matrices d'impact, en particulier la matrice de notation d'impact des maladies) (Bett et al. 2008, Bellet et al. 2012, Dunkle and Mariner 2013), évaluation des services de soins vétérinaires (Calba et al. 2014),
- mobilisation du concept « one health » pour l'intégration des actions en santé humaine, animale et de l'environnement (Mariner et al. 2012, Binot et al. 2015),
- analyse de chaînes de valeurs, accompagnement de l'innovation par analyse des relations entre facteurs d'arbre à problèmes grâce à l'analyse de réseau social (social network analysis) (Scott 2012).

Les apports des sciences de modélisation et de l'écologie sont actuellement des sources importantes de renouvellement pour l'EP.

Parmi les défis à relever, sont évoqués la nécessité de favoriser « l'innovation sociale » (correspondant à l'innovation partagée issue du régime d'expérimentation collective (Joly et al. 2013)) en analysant les relations et rapports de force entre les différentes institutions et acteurs et d'autre part celle d'améliorer la prise en compte des informations et savoirs locaux par une modélisation d'accompagnement (Mariner et al. 2012, Binot et al. 2015).

### *2.2.2 Apports théoriques et méthodologiques des sciences sociales à l'étude de l'innovation*

Les controverses socio-techniques sont au cœur de la production de connaissances et des processus d'innovation. Leurs conditions de création et leurs dynamiques ont été particulièrement étudiées par les sociologues ces 30 dernières années (Callon 1986, Gaglio 2011). Diverses sont les disciplines en sciences sociales qui s'intéressent au changement et aux innovations. Nous n'avons pas la prétention de toutes les passer en revue et encore moins de les analyser de manière approfondie mais nous présentons celles qui nous ont servi pour

bâtir les démarches méthodologiques générales ainsi que pour choisir des outils d'entretiens et enfin pour construire une stratégie d'analyse.

### **2.2.2.1 Les apports généraux des sciences de gestion**

La gestion est une activité sociale qui recouvre de nombreux domaines. En ce qui concerne la recherche, les sciences de gestion ont vocation à concevoir et analyser les dispositifs de recherche et d'action issue de cette recherche afin d'améliorer leur efficacité. L'objectivité est conceptualisée comme le résultat idéal d'un processus de production de connaissances suivant une boucle d'abduction/ déduction/ induction (David 1999). La déduction est la forme logique de référence, qui aboutit à des conclusions certaines ; mais chacune de ces 3 formes de raisonnement correspond à des permutations (Fig. 10) entre règle, cas (observation empirique) et conséquence (résultat d'un processus) et joue un rôle complémentaire des autres dans la production des connaissances. Cette boucle ne doit pas être obligatoirement parcourue pour chaque essai scientifique, mais elle doit l'être collectivement (par la communauté scientifique) (Fig. 10). L'abduction consiste à l'élaboration des conditions d'une observation empirique qui permette de retrouver la conséquence si la règle générale (d'après la théorie de départ) est vraie : de nouvelles hypothèses sont élaborées. La déduction est le fait de tirer une conséquence à partir d'une règle générale et d'une observation empirique. Enfin, l'induction consiste à trouver une règle générale qui pourrait rendre compte de la conséquence si l'observation empirique était vraie.

Une démarche inductive suivie d'abduction permettrait de renouveler/actualiser l'approche des zootechniciens dans une zone et un contexte où les données manquent. En effet, la zootechnie des systèmes d'élevage, basée sur le triptyque homme-animal-ressources, a pour objectif de comprendre les stratégies d'adaptation des éleveurs, de comprendre les dynamiques socio-techniques (dimension filière ou territoire) et de proposer des modèles de fonctionnement de ces systèmes pour tester des scénarios d'adaptation ou proposer de nouvelles conduites à l'échelle de l'exploitation ou de groupes d'exploitation (Dedieu et al. 2008). Selon Lavigne, la démarche inductive n'est possible que dans une approche compréhensive (Lavigne Delville 2011b).

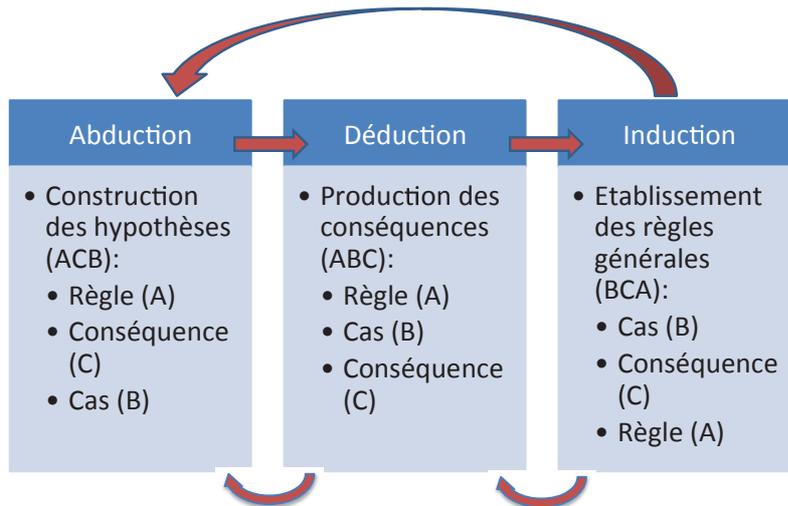


Fig. 10. *Processus récursif d'abduction/ déduction/ induction (adapté de (David 1999)). La production de nouvelles connaissances selon ce processus permet d'atteindre une objectivité idéale. Les trois grandes étapes peuvent être réalisées au cours d'études successives (flèches dans la partie supérieure). En cours d'analyse, des corrections rétroactives peuvent avoir lieu (flèches dans la partie inférieure).*

L'abduction est quant à elle une phase cruciale pour l'interprétation et l'élaboration de théories à portée générale grâce à de nouvelles hypothèses. Les allers-retours entre matériau et théories (déjà existantes puis modifiées) constituent le mécanisme de la démarche qualitative qui produit de nouvelles théories. Les 3 risques épistémologiques à gérer sont : le travail sur des acteurs abstraits, la circularité et l'équifinalité (Dumez 2013). La déduction enfin permet de confirmer ou d'infirmer de manière certaine les conséquences/ résultats.

### Études qualitatives ou quantitatives ? Positivisme ou constructivisme ?

Les méthodes quantitatives sont souvent associées à une approche positiviste : une réalité extérieure aux scientifiques, entièrement « donnée » (non modifiée par l'activité de production de la connaissance), est étudiée ; alors que les méthodes qualitatives sont associées à l'approche constructiviste qui postule une construction collective de la réalité (dans les représentations et dans les faits) modelée par les interactions coordonnées avec les différents acteurs. Cette opposition et l'injonction de choisir entre ces deux paradigmes a été critiquée (Dumez 2013). Dumez propose de refonder la recherche qualitative en une démarche compréhensive qui intègre des méthodes qualitatives et quantitatives.

Une position intermédiaire est de considérer que la réalité est seulement en partie construite et par conséquent, qu'une exploration mixte serait efficace : il s'agit alors de trouver comment combiner une approche sur un mode extérieur (pour modéliser) tout en ayant conscience du rôle d'intervenant du scientifique et en utilisant cette fonction pour la production de connaissances (David 1999). Après avoir dépassé ces clivages (entre positivisme et constructivisme) (Dumez 2013), une nouvelle matrice de choix de méthodes doit être utilisée : David propose ainsi d'orienter le choix selon l'objectif de la recherche (construction mentale versus construction concrète de la réalité) d'une part et d'autre part, selon le substrat de départ (l'observation des faits versus un projet de transformation ou une situation théorique). De plus, l'enchâssement de méthodes quantitatives dans des approches plus qualitatives permet de mieux interpréter les résultats quantitatifs de la phase hypothético-déductive et surtout de permettre de poser des hypothèses nouvelles ou alternatives.

#### Intérêt de la méthodologie de l'étude de cas

C'est le choix de l'objet à étudier qui oriente vers la stratégie de l'étude de cas. Le recours à la méthodologie de l'étude de cas se justifie dès lors qu'une question de type comment ou pourquoi se pose (Yin 2009). Elle doit être préférée lorsque les scientifiques ont peu de contrôle sur les événements étudiés, que ceux-ci sont contemporains et qu'ils s'inscrivent dans une situation complexe non isolable. Ainsi Yin définit l'étude de cas : « L'étude de cas est une recherche empirique qui étudie un phénomène contemporain en profondeur, dans un contexte réel, lorsque les frontières entre le phénomène et le contexte n'apparaissent pas clairement », et dans laquelle on mobilise des sources empiriques multiples. « L'étude de cas fait face à une situation technique particulière où les variables d'intérêt sont beaucoup plus nombreuses que les points de données (data points), où les résultats reposent d'une part sur la convergence de multiples sources de preuves, dont les données doivent converger par triangulation et d'autre part sur les développements théoriques préliminaires qui orientent la collecte et l'analyse des données » (Yin 2009).

Les études de cas ont des fonctions de recherche très différentes qui conduisent à une typologie : il existe des études de cas instrumentales, intrinsèques et collectives (Stake 1995, David 2003). Pour les études de cas instrumentales, une théorie est l'objet d'étude et est donc retenue a priori. Le cas est choisi et analysé pour alimenter la question de recherche. Par contre, il n'y a aucune théorie mobilisée initialement pour l'étude de cas intrinsèque : ce sont les classes de problèmes de gestion observés qui dirigent vers le choix des concepts et théories pertinents : le cas est étudié « pour lui-même ». Cependant bien que les deux types semblent

très différents, la classification des études de cas n'est pas absolue : une étude de cas peut être intrinsèque vis-à-vis d'une innovation et instrumentale par rapport au contexte (choix de l'entreprise etc). Enfin, l'étude de cas collective est un dispositif de recherche portant sur plusieurs cas, dans une phase exploratoire, et permet de mieux analyser un phénomène dont les limites sont mal connues.

Les principales critiques concernant ce choix stratégique sont : le manque de rigueur, la (supposée faible) capacité de généralisation scientifique et le volume des données ayant pour corollaire un temps de collecte des données important et la production d'une analyse laborieuse et indigeste (David 2003, Yin 2009). Sa capacité à traiter un matériau empirique très varié est pourtant un atout important. Si le volume des données traitées est important, les données issues de l'analyse sont plus fournies par rapport aux études quantitatives où les conclusions peuvent être particulièrement maigres.

L'étude de cas porte sur une situation particulière et cet argument est brandi par les scientifiques quantitatifs pour dénoncer une incapacité à généraliser. Or cette singularité du cas n'existe que par rapport à une référence, issue d'une théorie à valeur générique et vis-à-vis de laquelle on doit analyser les similitudes et différences. Les raisonnements logiques ou syllogismes (abduction, déduction et induction) nécessitent l'articulation entre règle, conséquence et observation empirique qui a valeur de « cas » (David 2003). Le cas permet de réviser les règles mobilisées et leur hiérarchie pour coller à l'observation : en effet « il est impossible de comprendre ce qui est sans imaginer ce qui pourrait être » (Piaget 1983). L'étude de cas produit de manière indispensable les théories intermédiaires qui serviront à monter en généralité et en actionnabilité. La controverse sur la capacité de généralisation scientifique est arrivée à maturité au sein des sciences de gestion et il apparaît que cette capacité est réelle si la question est formulée de manière appropriée (David 2003). Par conséquence, l'étude de cas n'est pas réservée aux phases exploratoires.

Les sciences de gestion ont montré que les résultats des études de cas sont généralisables sur un mode différent du raisonnement d'inférence statistique et qu'en particulier cette généralisation ne se fait pas sur un mode immédiat et individuel mais collectif et diachronique (David 2003, Yin 2009). Les échanges entre observation et théorie ne relèvent pas d'une généralisation statistique mais analytique. Le raisonnement doit circuler entre quatre niveaux théoriques différents : les faits mis en forme, les théories intermédiaires, les théories générales et les paradigmes et axiomatiques. Sur le terrain, le chercheur va mettre en

forme les faits observés et va tenter de les faire correspondre à des catégories de problèmes selon les théories dont il dispose et son monde des possibles : lorsque les théories apportées en bagage peuvent s'appliquer, il s'agit de « pattern matching » et lorsque ces théories doivent être modifiées ou renouvelées, il s'agit alors de « pattern making ».

La nature de ces théories apportées en bagage et mobilisées dépend de la nature du cas à étudier. Il en existe quatre (Fig. 11): le cas illustratif, typique, test ou inédit.

| Nature du cas        | Définition  |
|----------------------|---|
| Illustratif          | Le cas sert à illustrer une théorie, pour vérifier qu'elle s'applique, sans valeur démonstrative. Cette démarche ne produit que marginalement des résultats scientifiques.  |
| Typique              | Le cas est particulièrement représentatif du cas général.   |
| Test                 | Le cas est sélectionné parce qu'il permet de tester des théories préalablement formulées  |
| Inédit ou exemplaire | Le cas permet d'étudier des phénomènes rares, inconnus jusqu'alors ou des situations particulièrement innovantes. Le cas constitue potentiellement une référence (ou une anti-référence), y compris, sur un plan pratique, pour d'autres organisations. La place de la découverte et de l'invention est plus importante que pour les cas typiques ou test, qui correspondent davantage à des phases de validation de modèles et d'hypothèses. |

Fig. 11. Les différentes natures des cas d'étude (extrait de (David 2003))

Comment pratiquer une étude de cas ? Bagnol propose un enregistrement continu des données par les acteurs eux-mêmes dans des tableaux standardisés (Bagnol 2007) pour mesurer le changement de pratiques zootechniques (l'impact d'un programme sanitaire).

Les sciences de gestion insistent sur la nécessité d'itérations pour l'élaboration de la méthode durant les phases de collecte et d'analyse des données des études de cas (Fig. 12) (Yin 2009).

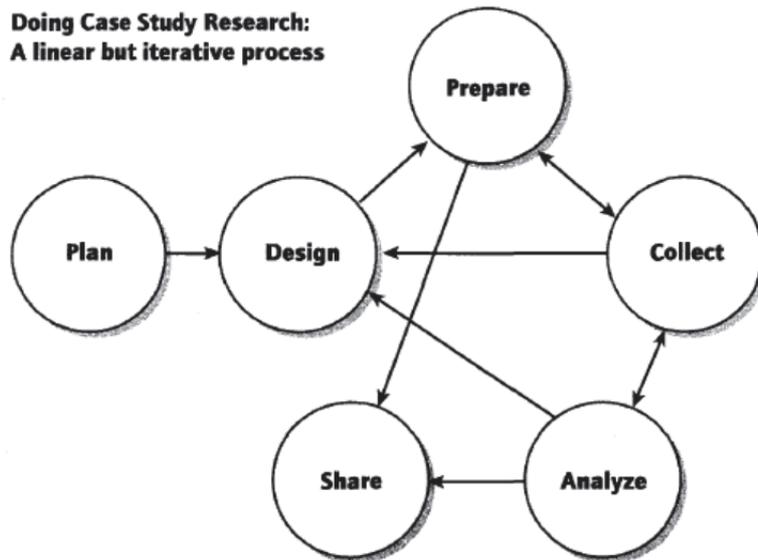


Fig. 12. *L'étude de cas : un processus itératif d'élaboration de la méthode (extrait de (Yin 2009))*

Dans notre cadre d'étude, l'abord global de l'exploitation agricole comme système finalisé (Chia et al. 2014) doit ainsi être mise en œuvre : quelles méthodes utiliser ?

#### **2.2.2.2 L'entretien compréhensif**

L'étude de cas est avant tout un choix stratégique, sans méthode prédéfinie (Fig. 12). Devant la nécessité d'une démarche compréhensive pour l'induction, il est utile de trouver des outils pour la mise en œuvre des études de cas. Bourdieu (Bourdieu 1993) déclare que « comprendre et expliquer ne font qu'un », mais comment mettre en œuvre cette démarche compréhensive ?

« L'entretien compréhensif est une méthode créative, fondée sur la souplesse des instruments » (Kaufmann 2013) qui se fonde à la fois sur des principes et sur l'expérience, sans être vraiment formalisé, et dont l'objectif est de comprendre/ saisir les opinions, les logiques d'action des informateurs, « le savoir social incorporé par les individus » sur la base de l'analyse du discours des informateurs (« contenu »/ « matériau »), l'échelle individuelle étant un instrument pour arriver au collectif. Cette méthodologie, qui emprunte en particulier aux techniques ethnologiques de travail avec des informateurs et à la technique de l'entretien semi-directif, s'affranchit des techniques standardisées d'analyse de contenu pour produire des théories de manière adaptée à tous les contextes. Ainsi des principes sont donnés pour construire l'objet selon le mode renversé de la sociologie compréhensive (Weber 1971) et

pour élaborer de la théorie jusqu'à saturation des modèles : l'originalité de la théorie fondée sur les faits est que les phases de formulation des hypothèses et leur testage sont imbriquées (Kaufmann 2013).

Cette méthodologie doit être sans cesse adaptée pour chaque nouvelle enquête mais aussi tout au long de la collecte d'entretiens et de leur analyse, au fur et à mesure de l'élaboration des hypothèses (Kaufmann 2013).

On observe donc une rupture totale avec les recommandations en sciences conventionnelles quantitatives qui sont à l'opposé : pour que les données puissent être comparées et pour que le traitement statistique soit optimal, il est recommandé de déterminer précisément la méthodologie avant la récolte des données. Le choix des analyses statistiques et des variables à récolter sont choisis d'après le pré-modèle conceptuel puis la base de données relationnelles est élaborée avant la récolte des données (Yoccoz 1991).

Pour étudier l'innovation dans une démarche compréhensive, l'entretien compréhensif individuel est donc un outil intéressant d'exploration dans le cadre d'études de cas. Alors que l'innovation, par définition, est un processus collectif, comment passer de l'échelle d'analyse individuelle à la collective ? Quelle théorie de l'innovation mobiliser pour articuler les différents niveaux d'action ?

### **2.2.2.3 La Sociologie de l'Acteur Réseau (SAR) ou sociologie de la traduction**

Comment comprendre et analyser les processus d'innovation, les controverses socio-techniques et les processus de production de connaissances en relation avec les sciences et les techniques lorsque l'on n'est pas sociologue ?

La SAR ou sociologie de la traduction<sup>1</sup> est une approche constructiviste (apparue à la fin des années 80) des études sur la science et la technologie qui pose l'hypothèse que la société est le résultat toujours provisoire des actions en cours et elle attribue un rôle actif aux entités produites par les sciences et les techniques dans l'explication de la société en constante évolution (Callon 1986, Akrich et al. 1988, 2006). La société et la nature sont considérées tout aussi incertaines et ne sont pas dissociées dans l'analyse.

La SAR propose une approche (stratégie) pour étudier à partir d'études de cas le processus de fabrication des faits scientifiques et des techniques pour comprendre comment

---

<sup>1</sup> Cette partie s'inspire de deux textes fondateurs de la SAR. Cf. Les coquilles St Jacques de Callon et le Succès des innovations d'Akrich

leur validité ou leur efficacité sont établies (épistémologie) et comment s'opère leur diffusion. Ainsi tous les débats intermédiaires, toutes les controverses provisoires et actions connexes ne sont pas censurés et sont explicités dès lors qu'ils ont participé au processus étudié.

Les expériences mises en place par les chercheurs visent à faire « écrire » les entités étudiées c'est-à-dire produire des inscriptions à partir des artefacts (enregistrements par des appareils de mesure, cartes, diagrammes, notes d'observations visuelles etc), qui seront mises en forme, analysées et interprétées. Ces traductions successives permettent de produire des énoncés décrivant ce que font et ce que sont les entités pour lesquelles les chercheurs se placent en qualité de porte-paroles.

L'articulation entre les mots et les choses est le résultat du travail d'analyse des traces et des inscriptions. Le réseau et la circulation sont des concepts complémentaires issus de l'analyse de cette articulation. Les inscriptions circulent physiquement dans un réseau (de personnes, de laboratoires etc) et grâce à elles les entités et les énoncés sont associés à ce flux. La circulation des inscriptions détermine un réseau sociotechnique (de nature hybride avec des éléments humains et non humains) auquel appartiennent des énoncés.

Dans ces réseaux les centres de traduction (centres de recherche, institutions) capitalisent les inscriptions et énoncés en circulation (de manière partielle ou non).

Les actions stratégiques peuvent être décidées et engagées grâce à la mobilisation du réseau. Pour étudier les innovations sans réductionnisme sociologique ou séparation de la nature et de la société, la SAR propose de remplacer la société par les réseaux sociotechniques : ils sont au cœur de l'analyse. « L'action et le réseau sont ainsi deux faces stratégiques d'une même réalité : d'où la notion d'acteur-réseau » (Akrich et al. 2006).

Le réseau est actif c'est-à-dire que les éléments non humains aussi bien que les humains qui en font partie contribuent tous à une action collective (l'utilisation d'un artefact (objet artificiel) technique ou une innovation). La SAR envisage la contribution des entités non humaines de la même manière que celle des entités humaines, même dans leur capacité à interagir avec les autres entités : ce sont tous des éléments actants.

L'action collective des éléments d'un réseau paraît être dans une boîte noire mais lorsqu'un maillon ou plutôt un actant fait défaut, le réseau devient visible. La SAR s'intéresse particulièrement à la constitution (et à l'extension) des réseaux sociotechniques qui engagent des négociations et ajustements entre actants humains et non humains. Les concepts de « traduction », d'« intéressement » et de « porte-paroles » sont utilisés pour décrire ces processus de réalité hybride. Les « réseaux peuvent être caractérisés par leur longueur, leur stabilité et leur degré d'hétérogénéité » (Akrich et al. 2006).

« La notion de société faite d'humains est remplacée par celle de collectif produit par des humains et des non humains ». Les non humains agissent ; les artefacts techniques constituent des assemblages d'actants qui participent aux actions collectives. Pour concilier l'existence des micro-interactions et des macro-structures, la SAR introduit la notion de localité, définie comme étant à la fois cadrée et connectée. Ce cadrage d'une part contient les interactions grâce, en particulier, aux non humains qui évitent les débordements et, d'autre part constitue un dispositif de connexion. L'interaction définit un lieu cadré et les éléments qui participent à l'interaction établissent des connexions à d'autres lieux également cadrés.

La notion de réseau sociotechnique inclut les relations asymétriques et la SAR se propose d'expliquer les relations de pouvoir ou de domination entre lieux cadrés selon le degré de connexion de chacun, corrélé à la capacité de mobilisation.

La démarche d'analyse est pragmatique (ex : l'évaluation ex-post des effets d'une décision basée sur la circulation d'inscriptions et la mobilisation de chaînes de dispositifs) et explique par la reconfiguration des réseaux comment les relations de domination évoluent. Les centres de traduction se connectent aux lieux où les inscriptions et énoncés sont accessibles et mobilisables grâce aux dispositifs techniques. Les lieux qui cumulent les fonctions (centre de traduction et centre d'action à distance) sont capables de résumer les réseaux sociotechniques et cela explique l'asymétrie observée entre les lieux cadrés.

Les chercheurs inspirés par la SAR diversifient les domaines étudiés. Celle-ci est en mesure d'expliquer, à un niveau théorique, le rôle des sciences et des techniques dans la construction des collectifs qui constituent les sociétés grâce à sa méthodologie qui refuse les grandes divisions postulées par les sciences (à la fois naturelles et sociales).

#### ***2.2.2.3.1 Les trois principes fondateurs***

Puisque d'une part la société est tout aussi controversée que la Nature et qu'elles ne peuvent être dissociées et, que d'autre part, il n'y a pas de consensus (ou seulement des consensus provisoires) sur les concepts sociologiques utiles à l'interprétation des processus, plusieurs principes méthodologiques ont été élaborés.

Le premier principe est l'agnosticisme généralisé du narrateur/scientifique aux faits étudiés (de la Nature et de la société) étendu aux sciences sociales elles-mêmes (un avantage pour les vétérinaires !). L'analyste s'interdit toute interprétation sociologique et dans un souci d'impartialité ne s'autorise aucune censure sur les débats successifs. En restituant dans l'ordre chronologique les identités exprimées, les interprétations en fonction des différents points de vue provisoires, il donne l'opportunité de comprendre le processus sans le trahir.

Le deuxième principe est la symétrie généralisée. Un même vocabulaire est utilisé pour rendre compte des différents argumentaires des porte-paroles des actants (humains ou non) et aussi bien sur les controverses portant sur la société que sur la nature. On ne change pas de grille d'analyse.

Le troisième principe est la libre association pour suivre les négociations et les alliances. De manière similaire à la sociologie wébérienne (Weber 1971), l'analyse porte sur les catégories utilisées, les entités mobilisées, les conceptions et les relations en permanence discutées d'après les points de vue des acteurs eux-mêmes.

#### ***2.2.2.3.2 Un vocabulaire commun pour décrire les différentes étapes d'un processus de recherche ou d'innovation***

En prenant comme modèle un projet de recherche, les principales phases sont : la problématisation (de la question de recherche ou de la controverse), l'intéressement, l'enrôlement, la mobilisation des alliés et la dissidence.

La problématisation est l'étape pendant laquelle les chercheurs formulent les problèmes qui lient les actants, identifiés, et montrent comment le programme de recherche est indispensable pour les résoudre. Tout au long du processus de traduction, la définition des groupes (et leur entre-définition), leur identité et leurs objectifs sont revus et corrigés jusqu'à obtention d'une définition commune du problème qui mène à leur mobilisation. Les chercheurs prévoient que des alliances/associations soient scellées à travers des points de passage obligés (PPO) qui prennent le pas sur les relations qui entravent le protocole. Les associations peuvent être schématisées avec les acteurs, leurs obstacles, leurs problèmes et leurs buts.

A cette issue apparaissent les dispositifs d'intéressement pour sceller les alliances, les associations : ce sont les actions de mise en place du protocole comprenant les outils de communication (les contrats etc). L'intéressement est réussi lorsque l'entre-définition des acteurs est stabilisée et que ceux-ci participent au projet, l'intervention du projet de recherche étant devenue indispensable à la résolution des problèmes. Des liens sociaux ont été renforcés et d'autres affaiblis.

« Aucun dispositif de capture aussi contraignant soit-il, aucune argumentation aussi « convaincante » soit-elle, n'est assuré du succès » (Callon 1986). L'enrôlement consiste à définir et coordonner les rôles grâce à des négociations multilatérales qu'il convient de décrire.

La dernière étape est celle de la mobilisation des alliés (les actants impliqués dans le protocole) qui intervient si les porte-paroles qui se sont exprimés sont représentatifs et qui peut se transformer en dissidence s'ils ne le sont pas. La qualité de la démarche inductive se révèle : est-ce que les masses se comportent comme leurs porte-paroles ou représentants ? Par le truchement des votes, dénombrements, et autres opérations de représentation, une réduction du nombre d'interlocuteurs s'opère. Après une cascade d'intermédiaires, les chercheurs essaient de devenir in fine les porte-paroles des entités étudiées ainsi que de la communauté scientifiques lorsqu'il s'agit de présenter les résultats finaux. Pour devenir ces ultimes porte-paroles, ils ont mobilisé les acteurs d'abord physiquement, puis via des équivalences et « l'enrôlement est devenu un soutien actif ». La réalité ainsi décrite est le résultat de négociations et de traductions: on obtient une vision du monde naturel et social reposant sur des « aveux » mis en forme par des porte-paroles (qui ont droit à la parole contrairement aux masses) considérés comme vrais jusqu'à la prochaine contestation. A tout moment cette réalité peut être contestée et se solder par une trahison de la part des actants.

#### ***2.2.2.3.3 Conclusion***

Une controverse socio-technique englobe toutes les actions de dissidence qui remettent en cause la représentativité des porte-paroles et par ce biais les messages qui disent ce que sont les choses. Ainsi les éléments de la Nature et la société, indissociables, sont redéfinis au fur-et-à-mesure des négociations. Une controverse se termine lorsque les porte-paroles ne sont plus remis en cause. La traduction est donc un processus avant d'être un résultat : c'est s'ériger en porte-parole et reformuler ce que sont et ce que veulent les entités.

La SAR est une stratégie qui permet d'organiser le travail et pose des jalons pour analyser les données sans cependant proposer de méthode. Elle dit davantage ce qu'il ne faut pas faire (c'est un « argument négatif ») (Latour 2004, Akrich et al. 2006)!! Existe-t-il des méthodes déjà développées pour notre objet d'étude ?

Un collectif de sociologues et d'anthropologues en sociologie du travail et du développement mène des activités de recherche et de développement qui portent sur l'innovation dans le domaine de l'agriculture et du développement rural et propose une approche et une méthodologie complète, comprenant aussi bien la technique d'entretien que d'analyse, issue d'une longue expérience sur cette thématique.

#### **2.2.2.4 Les apports du GERDAL à l'analyse socio-technique**

Le GERDAL (Groupe d'Expérimentation et de Recherche, Développement et Actions Localisées) a élaboré une méthodologie pour la recherche co-active de solutions entre agents de développement et agriculteurs en développant ainsi une posture de recherche qui s'appuie sur une sociologie de la connaissance et de l'innovation. Il pose des objectifs qui sont/devraient être à la base des démarches de recherche de solutions dans le domaine de l'agriculture et met en évidence l'importance de la manière dont sont conduites les actions de développement par rapport à ces objectifs qui peuvent être perdus de vue pendant le processus, à savoir : la réduction de la pauvreté, l'amélioration des capacités des acteurs et la réduction des disparités socio-économiques. Il postule que la symétrie de la relation entre techniciens (ou agents de développement) et producteurs lors du processus est une condition nécessaire au cadre de communication mais que cela ne signifie pas que tout le monde y contribue de manière identique.

##### ***2.2.2.4.1 La rationalité des agriculteurs et les dynamiques d'innovation***

La sociologie compréhensive de Max Weber est une base théorique majeure de la démarche du GERDAL (Weber 1971). Les pratiques des agriculteurs s'expliquent par le sens qu'ils leur donnent et par ce qui est souhaitable de faire à leurs yeux : il s'agit de comprendre leur rationalité<sup>1</sup>. La pertinence des savoirs pratiques des paysans (basée sur l'élaboration et la transformation de la connaissance pour l'action) est mise en avant et l'analyse se focalise sur la dynamique de l'interface entre savoirs pratiques et savoirs scientifiques et techniques. Les solutions se cherchent au niveau des groupes d'agriculteurs eux-mêmes selon des dynamiques qui sont guidées par les préoccupations des acteurs (à distinguer des contraintes). Les manières de penser sont des produits collectifs continuellement remodelés au travers des échanges de connaissances au sein des réseaux de dialogue des agriculteurs, entre pairs puis avec des acteurs de points de vue différents, à partir des normes sociales de ces groupes et de la société dans laquelle ils opèrent. Ces normes décrivent ce que sont les choses et ce qui est souhaitable pour les individus du groupe social concerné. Ces normes qui définissent à la fois des façons de faire et des façons de penser (conceptions des choses) guident l'action au quotidien. Le processus d'acquisition de la maîtrise d'une technique repose non seulement sur l'adoption de nouvelle(s) pratique(s) mais aussi de nouvelle(s) conception(s) qui précède ou suit(vent) le changement de pratique, avec une persistance plus ou moins importante des

---

<sup>1</sup> Il s'agit alors de la comprendre et non de la postuler ! Ceci constitue une différence fondamentale avec les théories classiques sur la rationalité du comportement humain.

anciennes conceptions (Darré et al. 1989, Ruault 1996, Darré 2006). L'appropriation d'une pensée nouvelle ou exogène se réalise au sein de la culture locale qui est donc en permanence remodelée collectivement, même si elle est qualifiée de traditionnelle (et s'inscrivant effectivement dans la tradition).

#### ***2.2.2.4.2 Une méthode d'analyse socio-technique pour l'action ou l'évaluation***

La méthode d'« enquête compréhensive socio-technique dans une perspective d'action de développement ou d'évaluation » précise le travail réflexif à faire réaliser, grâce à une animation adéquate, par les acteurs dans leur environnement social afin de piloter une action de développement (Ruault 1996, Darré 2006). La démarche co-active repose sur 3 types de moyens :

- l'aide à la formulation initiale du problème ;
- la construction progressive de la surface du problème au sein du groupe social ;
- la coordination de la recherche d'information au fur et à mesure de l'évolution du questionnement.

Il s'agit d'arriver à une définition du problème traitable avec cette distinction essentielle entre préoccupations, contraintes et difficultés. Le terme de problème recouvre une activité de connaissance de l'agriculteur qui fonde son analyse des situations et de ce qu'il convient de modifier, alors que la contrainte est subie. Ainsi les problèmes (posés par les gens et non par les choses) sont issus de la vision d'une situation selon un point de vue objectivement situé (au sein d'un Groupe de Pairs Localisé) et qui est vécue comme une préoccupation : l'animateur doit faciliter l'évolution du questionnement pour construire la surface du problème. Pour cela, il va rechercher la question en amont (quels buts on poursuit) de la formulation initiale, aider à formuler des sous-questions (pour avancer dans l'étude de la faisabilité des solutions envisagées). Les propositions de solutions sont ensuite discutées entre les différents groupes sociaux sur la base d'une part d'un objectif commun et d'objets intermédiaires, c'est-à-dire les éléments matériels communs qui sont mobilisés par les acteurs pour concevoir l'action (Vinck 2009) et d'autre part de concepts intermédiaires, c'est-à-dire les représentations ou artéfacts cognitifs qui autorisent la lecture d'un objet selon tous les points de vue et qui sont négociés comme support de la réflexion collective pour la conception de l'action (Teulier and Hubert 2008), en vue de négocier des solutions. Ceci est proche de ce que Weick désigne comme langage commun (Weick 1979).

En matière d'approches participatives, il est relevé le fait que la bonne volonté ne suffit pas en l'absence de principes d'action et d'outils méthodologiques rigoureux afin de ne pas

retomber dans l'écueil d'une participation « de surface » (voir supra 2.2.1). La manière de produire des paroles pour augmenter leur utilité est donc essentielle et repose sur 3 moyens différents :

- les fonctions d'aide à la production de parole et de retour réflexif ;
- la capacité de synthèse heuristique<sup>1</sup> (qui sert à la découverte) des débats ;
- le contrôle de l'égalité d'accès à la parole.

Une boîte à outils de 3 fonctions d'aide principales, décrites par Xavier Bonnet-Eymard, est proposée. La fonction d'aide à la production de parole et de retour réflexif de type « dire » est un outil méthodologique qui consiste à dire ce que l'on a compris en cours d'entretien (Darré 2006). Ce n'est pas une simple reformulation ; il s'agit de dégager le sens des paroles des acteurs mais aussi d'explicitier l'étape et la direction de l'activité réflexive dans un débat collectif. Sous forme déclarative du type « vous dites que... », cette fonction permet, sans poser de nouvelle question, d'inciter les interlocuteurs à la clarification, à donner des explications, et favorise l'activité réflexive. Le Dire porte soit sur les faits énoncés soit sur le sens que les interlocuteurs donnent aux faits, ce dont on parle et la manière dont on en parle. La fonction de type « organiser » est une forme particulière de la fonction Dire : elle consiste à mettre en relation des énoncés convergents, en opposition ou complémentaires, à faire le point sur la progression de la réflexion, La fonction de type « proposer » est un prolongement de la fonction Dire : il s'agit de formuler de nouvelles questions ou orientations en lien direct (« de façon visible ») avec les énoncés du groupe pour prolonger la réflexion.

En plus de cette boîte à outils, d'autres principes et recommandations pour mener à bien les entretiens ont été formulés par Darré (Darré et al. 2004).

#### ***2.2.2.4.3 Les analyses compréhensives du discours, individuelles puis croisée***

La méthodologie de l'entretien compréhensif est formalisée et repose en particulier sur l'usage de fonction d'aide à la production de paroles de type Dire ainsi qu'une analyse formalisée du discours (Ruault 2006). Des entretiens compréhensifs individuels permettent une bonne préparation des débats collectifs. Le guide d'entretien comprend un nombre volontairement limité de questions ouvertes articulées autour de grands thèmes avec une section pour les questions fermées ou quantitatives à la fin du document. La première partie de l'entretien est consacrée à un abord global des pratiques et des logiques d'action (comme la gestion globale de l'exploitation) qui diffère d'une simple introduction ou découverte du contexte avant d'aborder le thème de l'entretien. C'est une exploration à part entière qui repose sur le postulat qu'il est nécessaire de connaître une situation en entier pour pouvoir

connaître une partie. Puis l'entretien porte sur le domaine ou objet d'étude. La dernière étape consiste à explorer les relations professionnelles de dialogue et de coopération (le réseau de dialogue) (Compagnone 2014), les préoccupations et les débats en cours pour caractériser les dynamiques sociales en cours. L'entretien porte sur les faits et les manières de faire et ne demande jamais de manière directe les justifications ; l'analyse porte sur la manière de parler des choses pour explorer les relations des sujets aux éléments de leur univers d'activité et de pensée. Il s'agit de comprendre l'articulation entre conceptions et pratiques pour expliciter la rationalité des groupes d'agriculteurs dont les points de vue (au sens sociologique du terme) sont objectivement situés (selon les statuts sociaux et professionnels des acteurs). Dans une perspective d'évaluation, la compréhension des dynamiques socio-techniques des acteurs au regard de leur point de vue spécifique est essentielle pour évaluer et qualifier des interventions qui modifient les dynamiques sociales en cours. L'unité d'étude est la configuration sociale locale déterminée par les relations des individus entre eux au quotidien, qui passe par l'étude du réseau de dialogue avec une attention particulière aux positions de multi-appartenance et aux interactions entre acteurs de points de vue différents. L'analyse croisée permet de comparer les pratiques et les dynamiques des différents groupes d'acteurs ; les différences et points de convergences sont rapportés aux différents systèmes de pensée. En effet, la manière de décrire les éléments de leur univers d'activité, avec des éléments mis en association ou en opposition, les critères et les mots pour qualifier constituent les systèmes de pensée. Non seulement la parole (donc la pensée) dirige l'action et donc permet de la comprendre mais les différences de systèmes de pensée expliquent les entraves à la communication et la négociation. Les différences entre catégories de pensées entre groupes sociaux (par exemple, entre agriculteurs et agents de développement) sont très importantes. Il s'agit donc de trouver les objets et concepts intermédiaires ainsi qu'identifier les systèmes de normes et de variantes en relation avec les points de vue.

### **2.3. Conclusion**

La parasitologie nous a montré l'importance sanitaire des TAA dont l'impact direct sur la productivité des filières bovines est bien étayé. Le choix éclairé entre les deux grands types de lutte, éradication à l'échelle de la population de vecteurs ou contrôle à l'échelle locale passe obligatoirement par la mise en œuvre d'une étude de faisabilité avec des volets parasitologique, entomologique, environnemental et socio-économique. Les résultats de ces études dépendent grandement des effets prévus des interventions sur les pratiques zootechniques et sur la productivité avec une vision techniciste qui doit être dépassée au vu

des enjeux économiques et sociaux. Alors que les évaluations économiques des programmes de lutte ne prennent pas en compte l'innovation et les trajectoires des exploitations, se pose la question de l'importance de l'innovation dans les phénomènes économiques et sociaux liés au risque trypanosomien et à son évolution.

Les situations où les TAA doivent être principalement contrôlées par les éleveurs eux-mêmes restent majoritaires. Actuellement, les stratégies de contrôle recommandées sur la base des connaissances épidémiologiques relèvent de la lutte intégrée dont les choix techniques doivent être précisément réalisés en fonction du cycle éco-épidémiologique, du système d'élevage et de la race élevée. Cependant les éleveurs mettent déjà en œuvre des stratégies de gestion du risque et le suivi des recommandations se heurte à de nombreuses difficultés.

Des lacunes existent ainsi pour comprendre comment les éleveurs organisent leurs stratégies de lutte contre les TAA et comment ce risque sanitaire est intégré de manière plus large dans leurs logiques d'action pour évaluer in fine l'impact du risque trypanosomien sur leurs stratégies de production. La compréhension des logiques de composition des troupeaux doit en particulier être approfondie puisque des hypothèses importantes sur ce sujet sont utilisées.

Les sciences de gestion ont démontré l'intérêt d'articuler méthodes qualitatives et quantitatives au sein d'une démarche compréhensive. Nous envisageons donc d'élaborer une méthodologie adaptée grâce à des apports méthodologiques issus des sciences de gestion, de l'épidémiologie participative et de la sociologie de l'innovation. Alors que l'approche de l'épidémiologie participative propose des principes et des outils pour explorer les stratégies des éleveurs, nous chercherons à améliorer la méthodologie par un remaniement de la démarche scientifique globale en s'inscrivant dans une boucle d'induction-abduction-déduction, en s'appropriant des principes de la SAR pour aborder l'innovation et enfin en utilisant des techniques d'entretien et d'analyse sociotechnique du GERDAL. Cette thèse va d'une part montrer l'intérêt de combiner ces apports qualitatifs et d'autre part revisiter l'hybridation des sciences vétérinaires et sciences sociales afin d'améliorer la qualité prédictive des études vétérinaires et augmenter les capacités d'accompagnement.

Les sciences de gestion nous indiquent l'importance de l'induction pour renouveler les connaissances et de l'efficacité de la mise en place d'une boucle d'induction-abduction-déduction. Les méthodes d'épidémiologie participative et l'analyse compréhensive dans le cadre d'études de cas seront à cet effet testées et utilisées.

La SAR montre en particulier que le processus d'innovation, tourbillonnaire, comprend un méli-mélo de décisions variées et que les étapes d'intéressement et d'enrôlement sont décisives, ce qui conduit à s'intéresser à la manière dont les innovations se mettent en place sans se limiter à l'analyse des caractéristiques initiales de l'objet technique mais en prenant en compte l'interaction dynamique entre l'innovation et le réseau sociotechnique. Notre analyse portera sur les capacités des acteurs à innover et nous tenterons d'identifier les déterminants et les indicateurs de ces capacités. Les rôles des acteurs humains et non humains seront abordés sans a priori et de manière symétrique. Nous chercherons à définir le(s) réseau(x) socio-technique(s) qui entre(nt) en jeu et une manière de le(s) décrire.

Dans les approches du GERDAL et de la SAR, les acteurs sont des êtres réflexifs dont les énoncés à la fois dirigent l'action et en sont de bons indicateurs. Une attention particulière sera portée aux messages véhiculés par les porte-paroles, en gardant à l'esprit que la controverse cesse lorsque l'identité de ces porte-paroles se stabilise. La SAR précise que l'acteur modifie la réalité par ses actes et par l'information (les énoncés) qu'il remodèle. Il est souhaitable de rendre compte fidèlement de ces actions sans avoir recours à la sociologie interprétative, sous peine de perdre le point de vue de l'acteur, et de rendre le processus déterministe et donc enlever à l'actant sa qualité d'acteur.

Enfin, devant l'importance de la communication dans le processus d'innovation et dans sa compréhension, nous nous intéresserons aux objets et concepts intermédiaires.

### 3. Résultats

Cette partie a pour objectif de présenter les résultats qui ont abouti à des articles. Le fil conducteur est d'abord la démonstration de l'intérêt de la prise en compte de l'innovation pour l'évaluation de l'impact de la lutte, puis l'étude de l'intégration du risque trypanosomien dans les logiques d'action à travers différentes méthodes.

#### 3.1. Analyse coûts-bénéfices ex-ante de la campagne d'éradication des glossines dans la zone des Niayes du Sénégal

Bouyer, F., M. T. Seck, A. Dicko, B. Sall, M. Lo, M. J. B. Vreysen, E. Chia, J. Bouyer, and A. Wane. 2014. Ex-ante Benefit-Cost Analysis of the Elimination of a *Glossina palpalis gambiensis* Population in the Niayes of Senegal. *PLoS Negl Trop Dis* 8: e3112.

(Bouyer et al. 2014)

#### Résumé

En 2005, le gouvernement sénégalais s'est engagé dans une campagne d'éradication de la population de glossines de la zone des Niayes (environ 1000 Km<sup>2</sup>) en vue d'intensifier les productions de la filière bovine. Trois principaux systèmes d'élevage ont été distingués : un système traditionnel basé sur la race trypanotolérante Djakorée et deux systèmes « améliorés », l'un portant sur la production de viande avec la race locale Gobra, trypanosensible, et l'autre portant sur la production laitière avec des races exotiques. Alors que la taille moyenne des troupeaux de systèmes améliorés est la moitié de celle des troupeaux du système traditionnel « trypanotolérant », les ventes annuelles par tête sont trois fois supérieures. Les systèmes améliorés sont cinq fois moins fréquents dans les sites infestés de glossines que dans les sites sans glossines de la même zone, montrant ainsi que le risque trypanosomien représente une contrainte majeure à l'innovation et à l'intensification. Basé sur deux scénarios de transition du système traditionnel « trypanotolérant » aux systèmes améliorés après éradication des TAA, l'analyse coûts-bénéfices montre que le projet est très rentable malgré son coût très élevé et qu'il devrait avoir des impacts secondaires positifs comme la réduction de la pression de pâturage.

#### Méthode

Alors que la plupart des études socio-économiques portant sur l'éradication ou le contrôle des TAA prévoient une augmentation des effectifs de bovins, hypothèse inenvisageable dans la zone des Niayes, nous avons posé de nouvelles hypothèses grâce à la

comparaison des zones infestées de glossines versus celles sans glossines: le fait que ces espaces soient imbriqués dans une même zone agro-écologique et que leur statut vis-à-vis des glossines ait pu être déterminé avec une bonne résolution est une situation rare qui permet des comparaisons fructueuses (Kamuanga et al. 2001a). Nous avons exploré la combinaison de systèmes d'élevages pour chaque situation (avec ou sans glossines), ce qui était une piste importante d'amélioration signalée par Shaw (Shaw et al. 2006).

La récolte des données a été réalisée par questionnaire et a porté sur les pratiques sur l'année écoulée sans estimation du changement par l'éleveur contrairement à d'autres études socio-économiques (Kamuanga et al. 2001a). Il n'a donc pas été nécessaire d'utiliser des méthodes participatives.

### Principaux résultats

Notre hypothèse de la transition du système agro-pastoral basé sur les Djakorés vers des systèmes plus productifs (intensif laitier avec des races exotiques ou production bouchère avec des Gobras) a conduit à une méthode nouvelle d'évaluation des bénéfices basée sur l'innovation et utilisant les données zootechniques et économiques relevées dans la zone. Alors que ces données de productivité étaient plus fiables et constituaient une base robuste, elles ne conduisaient qu'à une hypothèse basse car même la productivité des élevages hors sites infestés par les glossines allait augmenter suite à l'éradication à l'échelle de la zone de lutte. En effet, le risque trypanosomien faiblement maintenu par la vection mécanique entraînait des pertes dans les sites sans glossines situés à proximité de sites infestés.

Swallow indique que les bénéfices devraient être maximaux lorsque l'intégration agriculture/élevage est effective, en zone sub-humide et lorsque le bassin de production est bien connecté au bassin de consommation (en zone urbaine ou péri-urbaine) (Swallow 2000). Cette connexion au bassin de consommation est précisément un atout majeur de la zone des Niayes et bien qu'elle ne soit pas en zone sub-humide, elle possède un bon potentiel agricole grâce à la présence d'eau de surface peu profonde (5-10m) et un climat clémente propice à l'élevage bovin. Shaw affirme que les bénéfices de la lutte sont plus importants dans les zones en limite de distribution de glossines car les densités animales y sont plus élevées et la traction animale développée (Shaw et al. 2006). Cependant, la traction animale n'était pas utilisée pour le labour (mais pour le transport avec les chevaux et les ânes) et c'est plutôt les capacités d'innovation dans ces zones qui allait induire de plus grands bénéfices. En effet, le risque trypanosomien faible et hétérogène a autorisé une plus grande diversité de systèmes d'élevage et des échanges entre les actants de la zone sans glossines adjacente et ceux de ces zones où les ressources fourragères étaient plus importantes (puisque'il y a une relation entre la

végétation et l'habitat favorable aux glossines), développant ainsi les capacités d'innovation de tout le réseau socio-technique même avant l'éradication.

Nous avons analysé la productivité des différents systèmes d'élevage à l'intérieur des différentes zones et nous l'avons intégrée dans nos calculs, ce qui n'était pas pratiqué jusque-là. Ainsi une étude récente de Shaw (Shaw et al. 2014) a modélisé la productivité de l'élevage dans 6 pays d'Afrique de l'Est pour calculer le différentiel de revenus avec ou sans lutte : pour cela, un important travail de caractérisation SIG des systèmes d'élevages a été nécessaire. La détermination de 12 systèmes d'élevage a permis de saisir une certaine diversité de situations entre les zones rurales et entre les pays mais la diversité des systèmes d'élevage à l'intérieur d'une zone donnée n'était pas abordée contrairement à notre étude.

En Afrique de l'Ouest, des corrélations ont été constatées entre les races utilisées et les types de systèmes d'élevage (Shaw et al. 2006). La sociologie de l'innovation nous indique qu'un changement de race implique un changement de régime socio-technique : un réseau de pratiques, de normes et d'acteurs y sont associés (Geels and Schot 2007, Baret et al. 2013). Notre typologie des systèmes d'élevage s'est basée sur les proportions des races élevées, ce qui est différent des typologies réalisées habituellement sur une collection de paramètres zootechniques et agricoles (Vall et al. 2006, Vall et al. 2012).

Envisager les bénéfices via l'innovation (par le changement de race et donc de système d'élevage) et non vers une augmentation numérique des cheptels permet aussi de faire l'économie du calcul de capacités de charges des pâturages puisque une diminution importante de la taille des troupeaux est attendue. Ce scénario, étonnant, est portant déduit de ce qui est observé dans la zone sans glossines. L'absence de traction par les bovins et d'exploitation de nouvelles terres pour l'agriculture simplifie aussi les calculs.

Devant de telles conclusions innovantes, l'étude des logiques d'action est donc une démarche indispensable pour confirmer et affiner les scénarios d'innovation. En effet, face à la difficulté de prendre en compte tous les facteurs pouvant influencer les systèmes d'élevage, l'analyse globale et intégrative réalisée par les éleveurs de leurs propres stratégies peut constituer un guide. Il s'agit donc de compléter cette étape hypothético-déductive par une phase inductive. De plus, des effets indirects peuvent intervenir et engendrer des changements difficiles à prévoir qui constitueront l'impact de la lutte (voir partie 4.2). Les pratiques agricoles comme les cultures fourragères peuvent augmenter et modifier les négociations entre agriculteurs et éleveurs, changer les relations entre ces groupes soit dans le sens des tensions soit de l'amélioration de l'intégration agriculture-élevage. Ces effets peuvent être

identifiés via les études de cas et les ateliers participatifs avec les acteurs impactés ou susceptibles de l'être (par les travaux en groupe de type focus group ; voir partie 4.2).

Cette analyse coûts-bénéfices a montré la place fondamentale de l'innovation dans le calcul des bénéfices de la campagne d'éradication à moyen terme et long terme. Une étude qualitative est nécessaire pour affiner les hypothèses à la base des scénarios d'évolution des systèmes d'élevage et ainsi améliorer les capacités prédictives des calculs.



# Ex-ante Benefit-Cost Analysis of the Elimination of a *Glossina palpalis gambiensis* Population in the Niayes of Senegal

Fanny Bouyer<sup>1,2,3</sup>, Momar Talla Seck<sup>3</sup>, Ahmadou H. Dicko<sup>3</sup>, Baba Sall<sup>4</sup>, Mbargou Lo<sup>3</sup>, Marc J. B. Vreysen<sup>5</sup>, Eduardo Chia<sup>6</sup>, Jérémy Bouyer<sup>1,2,3\*</sup>, Abdrahmane Wane<sup>7</sup>

**1** Unité Mixte de Recherche Contrôle des Maladies Animales Exotiques et Emergentes, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France, **2** Unité Mixte de Recherche Contrôle des Maladies Animales Exotiques et Emergentes, Institut national de la recherche agronomique (INRA), Montpellier, France, **3** Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Laboratoire National d'Elevage et de Recherches Vétérinaires, Dakar, Sénégal, **4** Direction des Services Vétérinaires, Dakar, Senegal, **5** Insect Pest Control Laboratory, Joint FAO/IAEA Programme of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna, Austria, **6** Cirad, Unité Mixte de Recherche INRA-CIRAD Innovation, Montpellier, France, **7** Cirad, Unité Mixte de Recherche CIRAD-INRA-SupAgro Selmet, Montpellier, France

## Abstract

**Background:** In 2005, the Government of Senegal embarked on a campaign to eliminate a *Glossina palpalis gambiensis* population from the Niayes area (~1000 km<sup>2</sup>) under the umbrella of the Pan African Tsetse and Trypanosomosis Eradication Campaign (PATTEC). The project was considered an ecologically sound approach to intensify cattle production. The elimination strategy includes a suppression phase using insecticide impregnated targets and cattle, and an elimination phase using the sterile insect technique, necessary to eliminate tsetse in this area.

**Methodology/Principal Findings:** Three main cattle farming systems were identified: a traditional system using trypanotolerant cattle and two "improved" systems using more productive cattle breeds focusing on milk and meat production. In improved farming systems herd size was 45% lower and annual cattle sales were €250 (s.d. 513) per head as compared to €74 (s.d. 38) per head in traditional farming systems ( $p < 10^{-3}$ ). Tsetse distribution significantly impacted the occurrence of these farming systems ( $p = 0.001$ ), with 34% (s.d. 4%) and 6% (s.d. 4%) of improved systems in the tsetse-free and tsetse-infested areas, respectively. We calculated the potential increases of cattle sales as a result of tsetse elimination considering two scenarios, i.e. a conservative scenario with a 2% annual replacement rate from traditional to improved systems after elimination, and a more realistic scenario with an increased replacement rate of 10% five years after elimination. The final annual increase of cattle sales was estimated at ~€2800/km<sup>2</sup> for a total cost of the elimination campaign reaching ~€6400/km<sup>2</sup>.

**Conclusion/Significance:** Despite its high cost, the benefit-cost analysis indicated that the project was highly cost-effective, with Internal Rates of Return (IRR) of 9.8% and 19.1% and payback periods of 18 and 13 years for the two scenarios, respectively. In addition to an increase in farmers' income, the benefits of tsetse elimination include a reduction of grazing pressure on the ecosystems.

**Citation:** Bouyer F, Seck MT, Dicko AH, Sall B, Lo M, et al. (2014) Ex-ante Benefit-Cost Analysis of the Elimination of a *Glossina palpalis gambiensis* Population in the Niayes of Senegal. PLoS Negl Trop Dis 8(8): e3112. doi:10.1371/journal.pntd.0003112

**Editor:** Susan C. Welburn, University of Edinburgh, United Kingdom

**Received:** April 23, 2014; **Accepted:** July 13, 2014; **Published:** August 21, 2014

**Copyright:** © 2014 Bouyer et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability:** The authors confirm that all data underlying the findings are fully available without restriction. Data are available as a supporting file.

**Funding:** The survey was funded by the Vet Services and the Joint FAO/IAEA Programme on Nuclear Techniques in Food and Agriculture. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

**Competing Interests:** The authors have declared that no competing interests exist.

\* Email: bouyer@cirad.fr

## Introduction

Food security and safety remains a serious concern in Africa in general and in Senegal in particular. In the last century the human population has increased tenfold in West-Africa, and is expected to triple by 2050 [1]. The expansion of current agricultural production practices will not allow feeding this increasing population which may lead to violent social crises. Senegal in West Africa faces two global challenges, namely demographic

changes [2] and climatic change with especially reduced precipitation being critical as it can be associated with lower production of natural forage (ecosystem service) that is a major limit for the maintenance of traditional cattle systems in West-Africa. Moreover, overgrazing is a major cause of land degradation in Senegal [3]. The Niayes area around Dakar (Fig. 1), where the study is conducted, is partially protected from the second challenge (see below) but exposed to the first with a human population density already exceeding 150 habitants/km<sup>2</sup>. Fifty three percent of the

### Author Summary

In 2005, the Government of Senegal embarked on a campaign to eliminate a tsetse population from the Niayes area (~1000 km<sup>2</sup>) around Dakar in order to intensify cattle production. Three main cattle farming systems are present in this area: a traditional system using trypanotolerant cattle and two “improved” systems using more productive trypano-sensitive cattle breeds. Whereas the size of the herds in improved cattle farming systems is more than twice lower than in a traditional system, the annual sales per head are threefold higher. Improved systems are more than fivefold less frequent in the tsetse infested sites than in the surrounding ones, showing that the risk posed by trypanosomiasis is a major constraint to the intensification and innovation processes. Based on two scenarios of shift from traditional to improved systems after tsetse elimination, the benefit-cost analysis shows that, despite its relatively high cost, the project is highly cost-effective and will allow a reduction of grazing pressure on the ecosystems.

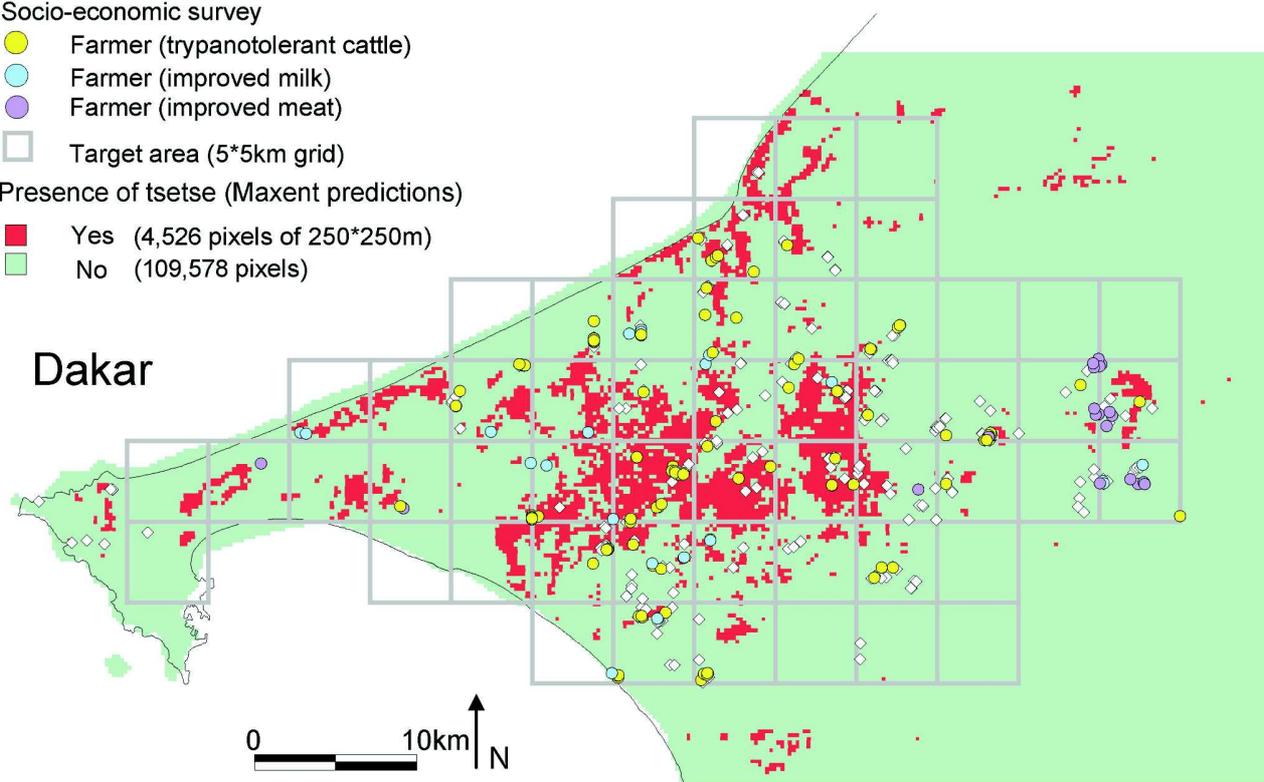
Senegalese population lives in the Niayes making the competition for space severe.

In the past, the prospective increase of the milk needs in Africa (estimated to 52% over a period of ten years) [4] and the low productivity of local breeds (1–4 L/day) [5] favored the development of institutional programs for the intensification of the dairy industry in Senegal. This included embryo implants in Ndama cattle [6] and more importantly artificial insemination that first started in the area where groundnuts were the main crop but thereafter was extended to the whole country [5]. In 2010, the national production of milk was estimated at 143,124 tons for 366,200 heads of cattle, corresponding to 1.3 L/cattle/day of lactation (FAOSTAT). Milk imports have always been dominant on the Dakar market with local production only contributing 2 to 5% between 1993 and 2000 [7]. Powdered milk is 50 to 60% less expensive than local fresh milk despite the increase of taxes on this product. In 2009, the milk imports could only satisfy 60% of the total national demand (95.6 million L) [8] which was equivalent to ~€76 million. In 2010, these imports reached ~€96 million [9].

The Niayes area is located along the Atlantic coast of Senegal and includes four administrative districts: Dakar, Thiès, Louga and Saint-Louis. Particular meteorological and ecological characteristics of this area provide great potential for agricultural development in general and animal production (cattle, donkeys,

### Legend

- ◇ Farmer (preliminary survey)
- Socio-economic survey
  - Farmer (trypanotolerant cattle)
  - Farmer (improved milk)
  - Farmer (improved meat)
- Target area (5\*5km grid)
- Presence of tsetse (Maxent predictions)
  - Yes (4,526 pixels of 250\*250m)
  - No (109,578 pixels)



**Figure 1. Location of the study area, between Dakar and Thiès, Senegal.** The grid corresponds to 5\*5 km cells that were used to design the entomological sampling strategy during the feasibility study [14]. Pixels that could harbor *Glossina palpalis gambiensis* as predicted by the Maxent model are coloured in red. White lozenges correspond to the livestock farms geo-referenced during the preliminary survey whereas circles correspond to the farms surveyed during the socio-economic survey (see text for details). doi:10.1371/journal.pntd.0003112.g001

horses, small ruminants, pigs and poultry) in particular. However, in 2004 the dairy farms of the peri-urban area of Dakar produced less than 6,000 L of milk per day. In 2005, intensified livestock production systems with exotic breeds such as Holstein, Montbéliarde, Jersey, Gir and Girolando, and cross-breeds between this breeds and local cattle were only found on 1% of the farms. Mean daily milk production was still limited to 6.9 L (s.d. 3) despite much higher genetic potential of these exotic breeds and the use of large amounts of inputs (food concentrates, drugs, ...) [10]. From 1984 to 1993 these farms received government support that included training, animal health care and feed ingredients. Despite this support, farmers were still disorganized in 2005 in terms of milk distribution and inputs. In 2008, a project called “La Grande offensive agricole pour la nourriture et l’abondance (GOANA)” ([http://www.gouv.sn/IMG/article\\_PDF/article\\_777.pdf](http://www.gouv.sn/IMG/article_PDF/article_777.pdf)) was launched which included a component of artificial insemination of local breeds with exotic dairy breeds and by December 2011, more than 91,000 cattle had been inseminated.

In view of its proximity to the Atlantic Ocean, the Niayes area is a particular eco-region that is more resilient to climate change as compared to other regions in Senegal e.g. the area only experienced a reduction of 150 mm in annual precipitation the last 20 years compared to 200 mm of precipitation in the rest of Senegal. Unfortunately, this microclimate also favours the presence of *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, a riverine tsetse species. Tsetse flies (Diptera: Glossinidae) are the vectors of human African trypanosomiasis (HAT) and African animal trypanosomiasis (AAT), the former a major neglected human tropical disease, and the latter considered among the greatest constraints to improved livestock production in sub-Saharan Africa [11]. Most domestic animals are susceptible to AAT which was until recently still highly prevalent in the Niayes area [12]. It was a major pathological problem especially for cattle crossed with exotic breeds and Gobra zebus which are very susceptible to trypanosomes.

The sustainable removal of the vector, the tsetse fly, would be the most efficient way of managing AAT [13]. In 2001, an African Union initiative called the Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign (PATTEC) was launched following an historic decision by the African Heads of State and Government in Lome, Togo, July 2000. In 2005, the Senegalese Government joined this campaign, starting a tsetse control campaign that aimed at the elimination (elimination is here considered as local eradication) of *G. p. gambiensis* from the Niayes area (Fig. 1). The program is implemented by the Government of Senegal (Direction of Veterinary Services (DSV) and the Senegal Institute for Agricultural Research (ISRA)) and technically and financially supported by the International Atomic Energy Agency (IAEA), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) and the USA through the Peaceful Uses Initiative (PUI) ([www.fao.org/news/story/en/item/211898/icode/](http://www.fao.org/news/story/en/item/211898/icode/)). During the feasibility study of this project the limits of the *G. p. gambiensis* distribution were determined to be within a 1,000 km<sup>2</sup> area (Fig. 1) and it was demonstrated that this population was completely isolated from the main tsetse belt in the south-eastern part of Senegal [14,15]. Therefore, the Government of Senegal selected a strategy of elimination following area-wide integrated pest management (AW-IPM) principles [16] to create a sustainable zone free of *G. p. gambiensis* in the Niayes. The strategy combined insecticide-treated targets and cattle for initial fly suppression [17] with the aerial release of sterile male flies as the final elimination component [18]. The study area was divided in four operational

blocks that are being treated sequentially. At the time of writing, 20% of the project area was already cleared of *G. p. gambiensis* (no capture of wild flies during 18 months in the monitoring traps) and the apparent density of the fly population had been reduced with 99% in an additional 40% of the project zone.

This project constitutes a major governmental intervention that will have a great positive impact on the Niayes agro-ecosystem. The goal of this paper is to present an ex ante benefit-cost analysis of this project which includes an SIT component that is considered by many a costly control tactic [19].

## Methods

### Evaluation of the benefits

**Sampling strategy and socio-economic survey.** During the feasibility phase of the elimination project, field staff of the Ministry of Livestock conducted preliminary surveys in the target area and geo-referenced ~50% of the livestock farmers in their respective districts, and classed the cattle herds in three size categories (<20, 20–100, >100). The 513 geo-referenced farms were used to develop a stratified sampling strategy based on cattle herd size and 192 farms were selected as a representative sample for each group (see Results section). These farms were surveyed from July to November 2010 using a carefully developed questionnaire. The final datasets of 186 farmers were considered accurate and these were used for the statistical analyses.

The questionnaire was designed to capture instantaneous or recent data (between the two last rainy seasons) and contained mainly closed questions that allowed the collection of quantitative data sets. The first section of the questionnaire dealt with the composition of households (sociological structure, main occupations of the head of the family), the second with equipment and farming resources, and the third with the composition of the livestock and their productivity. Detailed data were collected on cattle including herd structure (numbers per sex and age) and their productivity. Sales data were collected by cattle species for meat and milk production systems. The health constraints were prioritized by the farmers and the treatments were listed by species.

**Types of livestock production systems.** Different farming systems were identified based on herd composition and cattle breeds. Tsetse presence/absence was assessed using habitat suitability as predicted by a Maxent model [20] that was developed using tsetse presence data obtained during the feasibility study of the tsetse elimination project [14] and environmental data derived from Landsat and MODIS data. A threshold of 0.13, corresponding to a sensitivity of 0.96 and a specificity of 0.57 was used to discriminate tsetse infested pixels from non-infested pixels [21].

**Statistical analyses.** The impact of farming system on cattle productivity (e.g. herd size, milk production) and economic variables (e.g. animal sales price, annual sales) was assessed using an analysis of variance followed by Student’s t tests between the groups. Binomial generalized linear models were used to compare cattle mortality and birth rates within the farming systems.

The main indicator used to calculate benefits in this study was “cattle sales” corresponding to the total cash income for livestock producers coming from animal products (milk and meat). For statistical comparisons between farming systems, the sales of live animals were divided by the total number of cattle present in the farm, and the milk sales were divided by the number of producing females. The data used in this analysis are presented in Supporting information S1.

| Year | Studies              | Suppression         | Elimination    | References         |
|------|----------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 2007 | AAT prevalence       |                     |                | Seck et al. 2010   |
| 2008 | Tsetse distribution  |                     |                | Bouyer et al. 2010 |
|      | Population genetics  |                     |                | Solano et al. 2010 |
| 2009 | Tsetse distribution  |                     |                | Bouyer et al. 2010 |
|      | Tsetse dynamics      |                     |                |                    |
| 2010 | Tsetse dynamics      |                     |                |                    |
|      | Socio-economic study |                     |                |                    |
| 2011 | Dispersal &          |                     |                |                    |
|      | competitiveness      |                     |                |                    |
| 2012 | Monitoring           | Block1<br>(ITT+ITC) |                |                    |
|      | Dispersal & Survival |                     |                |                    |
| 2013 | Monitoring           | Block2<br>(ITT+ITC) |                |                    |
|      | Socio-economic study |                     | Block1 (SIT)   |                    |
| 2014 | Monitoring           | Block3<br>(ITT+ITC) |                |                    |
|      | Socio-economic study |                     | Block1+2 (SIT) |                    |
| 2015 | Monitoring           |                     | Block2+3 (SIT) |                    |
| 2016 | Monitoring           |                     | Block3 (SIT)   |                    |
| 2016 | Monitoring           |                     |                |                    |
| 2016 | Socio-economic study |                     |                |                    |

**Figure 2. Time table of the tsetse elimination project in the Niayes.** This table was used as a basis for the cost calculations. doi:10.1371/journal.pntd.0003112.g002

### Evaluation of the costs

Since the project has not been completed at the time of writing, cost estimates were based on real expenditures until December 2013, and anticipated expenditures until December 2016. The general economic framework proposed by [19] was used to class the costs into three main areas: studies, field costs and administration. Administration costs from 2007 to 2011 were included in the cost of studies because the operational phase of the tsetse project (control) started only in January 2012 (fig. 2). The field costs were further subdivided into a core component (traps, pour on, sterile flies, cost of aerial release) and other expenditures such as vehicle running costs, salaries and field allowances.

### Evaluation of the main financial ratios and scenarios

In this study, we assumed no increase in cattle numbers. The ex-post socio-economic survey conducted on Unguja Island, Zanzibar after the elimination of a *Glossina austeni* population showed an estimated initial replacement rate of 2% per year of traditional to improved livestock breeds [22]. In the absence of any other study of this type, we used this replacement rate to estimate the potential benefits of the elimination campaign in the Niayes. This was considered a very conservative scenario as innovation sociology dictates that the introduction dynamics of exotic or more productive breeds follows an S curve, i.e. the rate of adoption

should increase after the first period spearheaded by the early innovators [23]. However, we also tested a second more realistic scenario where the replacement rate was set at 10% following an initial period of 5 years with a replacement rate of 2%.

The monetary assessment of the benefits and costs of the benefit-cost analysis was based on the calculation of the Payback Period (PP), the Net Present Values (NPV), the Internal Rate of Return (IRR) and the benefit-cost ratios.

The PP refers to the period of time required for the operational products minus the operational expenses to recover the funds placed in an investment. The NPV is the monetary surplus at the end of a project after refunding the invested capital on the total period of the project and the accounts balance initially invested according to the selected discount rate,  $NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$  with  $CF_t$  the annual cash flow,  $I_0$  the initial investment and  $n$  the duration of the project. The IRR corresponds to the discount rate  $I$  for which the NPV of a project is null,  $I_0 = \frac{\sum_{t=1}^n CF_t}{(1+i)^t}$ .

We selected two main hypotheses for the analysis:

- Discount rates of 5% and 10%, that have been used for similar animal health projects [19,24]. The “time preference” concept

is based on the fact that getting an income today is more valuable than getting the same income in the future; the discount rate thus allows accounting for the present value of financial flows that will take place in the future.

- A period of 30 years to measure the full effect of the elimination since it is anticipated that the project will take 10 years to complete [19].

In our study, prices were calculated based on a conversion rate of 655.956 FCFA for one Euro and constant 2013 prices were applied throughout the projection.

### Ethics statement

All farmers provided informed consent before filling the forms. The consents were oral to ensure equal treatment of the subjects, since a large part of the farmers were illiterate. The survey was approved by the General Director of Vet Services and conducted by the agents of Veterinary Services, in charge of animal health in Senegal.

### Results

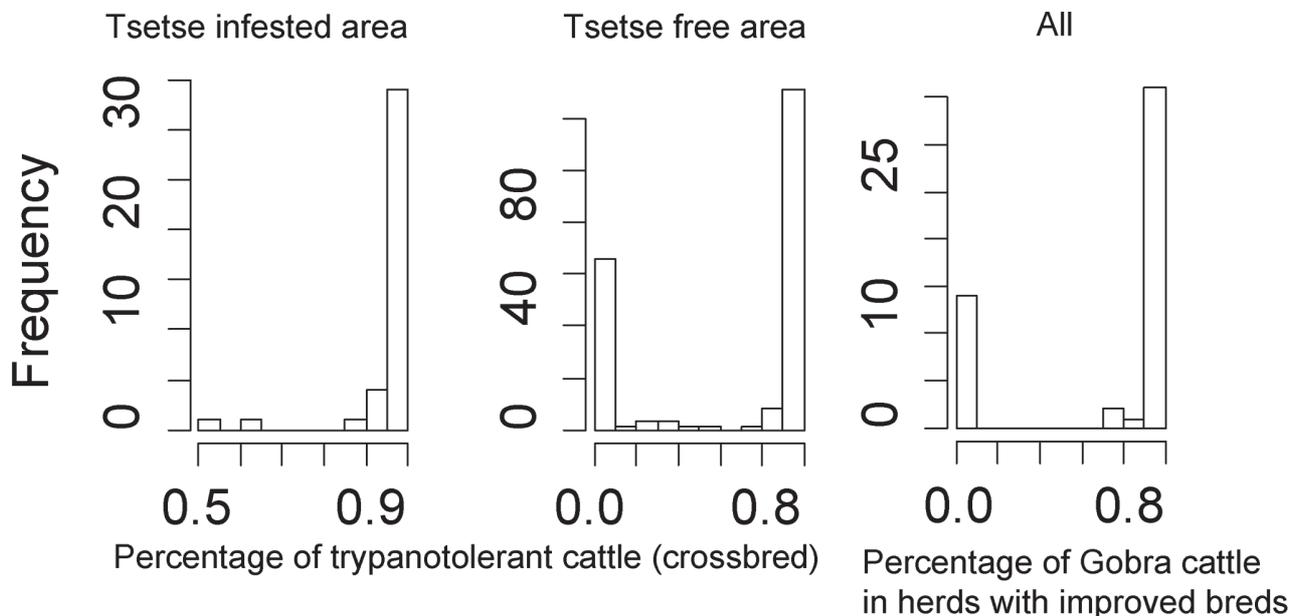
#### Description of the farming systems

The sample comprised 8,488 cattle of which 5.4% were dairy cattle breeds. During preliminary surveys 44% (226), 52% (267) and 4% (20) of the farmers were classed in the cattle herd categories <20, 20–100, and >100 respectively. From these, 39, 131 and 16 farms took part in the socio-economic survey respectively, and they had a mean herd size of 13, 44 and 133 animals respectively. Based upon this, the number of cattle in the farms surveyed during the preliminary survey was estimated at ~44,111 animals which can be extrapolated to 80,000–90,000 resident cattle in the target area of the Niayes.

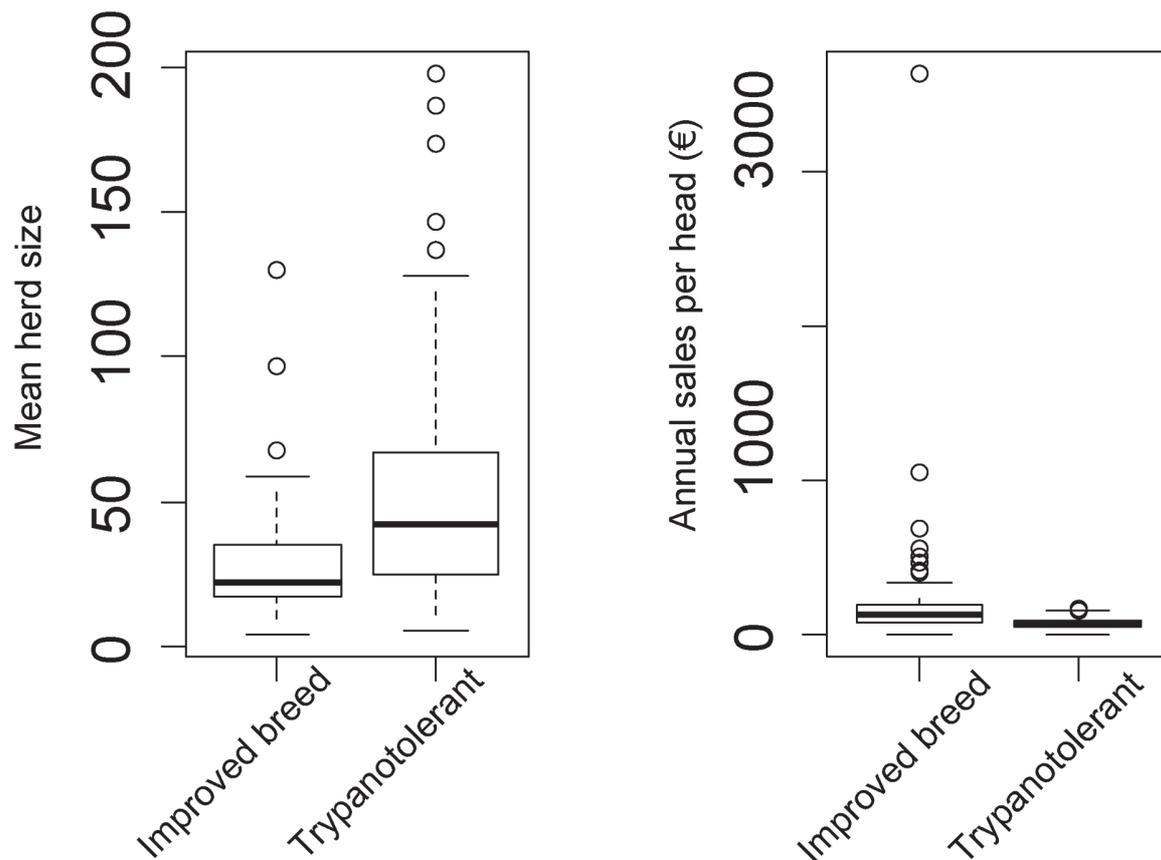
Three clusters of livestock keeping systems were identified. The first one was traditional and based mainly on trypanotolerant cattle (more than 70%) called “Djakoré” in the study area. These cattle are a cross between “Gobra”, the main zebu breed originating from northern Senegal, and “Ndama”, a trypanotolerant breed originating from the main tsetse belt in south eastern Senegal (fig. 3). The two other livestock keeping systems used more productive breeds and were composed of meat producing farms with mainly Gobra cattle (>70%), and farms targeting milk production where less than 10% of the cattle were Gobra (fig. 3).

There was a strong impact of tsetse presence (as assessed using the Maxent model) and the frequency of the type of farming system (X-squared = 10.1748, df = 1, p-value = 0.001) with 34% (s.d. 4%) of farmers owning improved breeds in the tsetse-free pixels compared to 6% (s.d. 4%) only in the tsetse-infested pixels.

The farming systems are henceforth denoted trypanotolerant, improved meat and improved milk. The Fulani are an ancestral ethnic group of cattle breeders who were the predominant group in the sample (82%) especially in the traditional trypanotolerant system (90%). They were dominant in the improved meat (69%) but not in the improved milk (36%) farming system where the Wolof ethnic group was the most frequent (43%). The other ethnic groups were the Sérères, the Toucouleurs and the Lebous. The Toucouleurs together with the Fulani constitute the larger ethnic group of the Al Pulaar who were dominant even in the improved milk farming system (50%). In general, 57% of the farmers considered AAT as the main animal health problem with a marked difference between the tsetse-free (49%) and -infested area (92%). All farmers of the improved milk farming system that were located in the tsetse-infested area considered the AAT as the major animal health problem with ticks coming second. Despite increased competition for space in the main cities, there was no clustering of improved milk farming systems in Dakar or Thiès, where tsetse also occur (fig. 1).



**Figure 3. Frequencies of cattle breeds in relation to tsetse presence and farming system.** The frequency of trypanotolerant cattle can be associated with two dominant groups, one based mainly on trypanotolerant cattle, and the second based on improved breeds, present almost only in the tsetse free area. The latter can be subdivided into two sub-groups based on the frequency of Gobra zebu cattle, which is the main breed for meat production in the area: an improved livestock keeping system targeting milk production, and a second one targeting meat production. doi:10.1371/journal.pntd.0003112.g003



**Figure 4. Boxplots of cattle herd size and annual sales of improved and trypanotolerant cattle.** Annual sales correspond to the total sales divided by the number of cattle present in the farm.  
doi:10.1371/journal.pntd.0003112.g004

**Table 1.** Description details of the three farming systems encountered in the Niayas.

| Farming system                                | Trypanotolerant  | Improved meat              | Improved milk               |
|---|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Percentage of the sample                      | 71.5% (n = 133)  | 21.0% (n = 39)             | 7.5% (n = 14)               |
| Percentage of Djakoré cattle                  | 98.4%(s.d. 3.1%) | <b>0%(s.d.0%)***</b>       | <b>13% (s.d. 21.5%)***</b>  |
| Percentage of Gobra cattle                    | 0.1%(s.d. 0.7%)  | <b>98.2%(s.d. 5.6%)***</b> | <b>0.5%(s.d. 2.1%)***</b>   |
| Percentage of exotic cattle                   | 1.5%(s.d. 3.0%)  | 1.8%(s.d. 5.7%)            | <b>65.0%(s.d. 40.5%)***</b> |
| Crop surface (ha)                             | 2.0(s.d. 2.4)    | 2.1(s.d. 5.4)              | <b>7(s.d. 10.7)*</b>        |
| Grazing area owned (ha)                       | 0.03(s.d. 0.35)  | 0.85(s.d. 4.82)            | <b>2(s.d. 3.86)*</b>        |
| Milk sold per producing female (L)            | 157 (s.d. 110)   | <b>110 (s.d. 64)***</b>    | 339 (s.d. 463)              |
| Number of cattle sold                         | 3.5 (s.d. 3.6)   | <b>10.5 (s.d. 20.7)*</b>   | 3.6 (s.d. 5.5)              |
| Price per head (€)                            | 266 (s.d. 178)   | <b>440 (s.d. 163)***</b>   | 232 (s.d. 190)              |
| Herd size                                     | 52 (s.d. 38)     | <b>28 (s.d. 18)***</b>     | <b>31 (s.d. 32)*</b>        |
| Calving rate                                  | 0.62 (s.d. 0.16) | <b>0.47 (s.d. 0.19)***</b> | 0.68 (s.d. 0.19)            |
| Adult mortality rate (>2 years)               | 0.04 (s.d. 0.12) | <b>0.05 (s.d. 0.10)**</b>  | <b>0.01 (s.d. 0.05)***</b>  |
| Calf mortality rate (<2 years)                | 0.07 (s.d. 0.13) | <b>0.10 (s.d. 0.19)*</b>   | 0.04 (s.d. 0.16)            |
| Yearly cost of trypanocides per head per year | 0.55 (s.d. 0.36) | <b>0.37 (s.d. 0.27)*</b>   | <b>1.27 (s.d. 1.29)*</b>    |

The statistics presented in this table correspond to 186 farms for which all data were available. Statistical tests presented in the table correspond to a comparison of the improved farming systems with the trypanotolerant one. All the production rates are annual and the figures per farm (unless specified). Bold numbers indicate significant differences,

p<0.1,  
\* p<0.05,  
\*\* p<0.01,  
\*\*\* p<0.001).

doi:10.1371/journal.pntd.0003112.t001

## Cattle sales

There was a significant effect of type of farming system on the annual cattle sales ( $p < 10^{-3}$ , fig. 4). Despite the different production schemes in the improved milk and improved meat farming systems, the annual cattle sales were similar in the two systems ( $t = -0.9577$ ,  $df = 50.999$ ,  $p\text{-value} = 0.3427$ ) averaging € 250 (s.d. 513) per head which was more than 3 times higher than in the trypanotolerant system (€74, s.d. 38). The difference was significant for both the improved milk ( $t = -1.815$ ,  $df = 13.088$ ,  $p\text{-value} = 0.046$ ) and improved meat ( $t = -2.164$ ,  $df = 38.086$ ,  $p\text{-value} = 0.018$ ) farming systems. These increased sales were obtained through more animals being sold and higher prices obtained per head in the improved meat farming system and through increased milk production in the improved milk farming system (table 1). The price of the milk was similar for all farming systems, i.e. €0.73 per L (s.d. 0.09).

The average herd size in the improved milk and meat farming systems was similar (28.6, s.d. 25.5) but was on average 45% smaller than in the trypanotolerant farming system (52.4, s.d. 37.5).

Concerning other cattle production parameters (table 1), the improved meat farming system was similar to the trypanotolerant system in terms of herd management (free grazing in communal land, cropped areas, no employees) but experienced higher cattle mortality and lower calving rates as compared to the trypanotolerant system, probably because of the higher sensitivity to trypanosomosis of Gobra cattle. The improved milk farming system showed better cattle production parameters, probably because much more inputs were used in this system, as demonstrated by the higher yearly cost of trypanocidal drugs. The declared mean amount of money spent on trypanocidal drugs was generally very low, but significantly higher in the improved milk than in the trypanotolerant system indicating some degree of exposure to trypanosomes even if most of them were located adjacent to the tsetse-infested pixels. They were significantly lower in the improved meat system than in the two other systems.

## Evaluation of the costs

The total cost of the tsetse elimination project was estimated at € 6.4 million (table 2) contributed by the Ministry of Livestock of the Government of Senegal, the ISRA, the US Department of State, the FAO, the IAEA and the CIRAD. The total contribution from Senegal reached 37% of the total cost and the breakdown of the other contributions is presented in fig. 5.

The core component of the field costs (table 3) corresponded to the insecticide impregnated monoconical traps ( $n \sim 3600$  with

purchase value of each €3), the insecticides to treat  $\sim 25,000$  cattle at monthly intervals during the suppression phase (total of 6 times) (pour on cost of €0.30/treatment) and the aerial release of sterile males ( $\sim 2.8$  million sterile male pupae purchased from the CIRDES and the Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia at €0.15 and €0.17/pupae respectively, €0.04 transport cost/pupae from Bobo Dioulasso, Burkina Faso or Bratislava, Slovakia to Dakar, Senegal and 4,000 hours of flying time with gyrocopters to disperse the sterile flies at €320 per hour including airport costs). These costs corresponded to the following treatment schedules:  $\sim 17$  insecticide impregnated traps/ $\text{km}^2$  of suitable habitat (total surface area of  $231 \text{ km}^2$  according to the Maxent predictions) with a 50% replacement rate during the suppression phase of one year; 2.5 cattle/ $\text{km}^2$  treated 6 times with pour-on at monthly intervals; 27 sterile flies released per  $\text{km}^2$ /week i.e. 117 per  $\text{km}^2$  of suitable habitat/week (2 releases by week) with a swath of 500 m between release lines.

Other field components included three 4\*4 vehicles, their running costs (fuel, spare parts) and the field allowances for the field staff who implemented the suppression and the elimination phase from 2012 to 2016 (fig. 2).

Entomological studies included the demarcation of the target population (2007–2009) [14], the confirmation that the Niayes population was completely isolated from the remainder of the tsetse belt in South East Senegal through a population genetics study (2008) [15], the monitoring of the population dynamics of the fly population (2009 to 2011) (including apparent densities as revealed by trap catches, trypanosome infection rates in the flies, physiological age distribution, and natural abortion rates), the assessment of the survival, competitiveness and dispersal of sterile males in the different ecosystems of the target area during trial releases of more than 240,000 sterile male *G. p. gambiensis*. The costs of the SIT component of the entomological study (competitiveness, survival and dispersal of sterile males) represented 46% of the total entomological study costs.

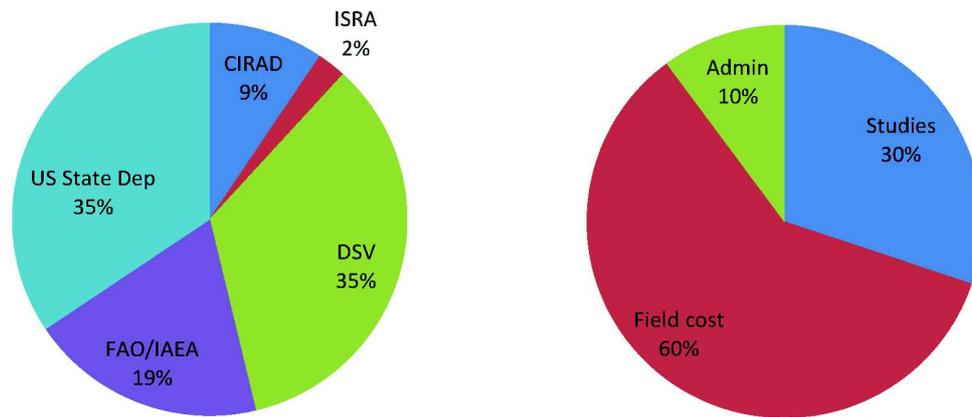
Other studies included a parasitological base line data collection in the entire target area (2007) [12], a monitoring of the AAT incidence as of 2009, an environmental monitoring using various ecological indicators (as of 2010) [25], a socio-economic study including the ex-ante transversal study presented here, an assessment of farmer innovation trajectories and an ex-post transversal study planned in 2016.

Finally, administrative costs included monthly coordination meetings, expert missions, external reviews and salaries of the staff and advisors. The staff of the project was composed of 2 doctors of veterinary medicine (35% of their time), 3 agricultural engineers

**Table 2.** Breakdown of total costs of the tsetse elimination project in the Niayes area.

| Component of total costs  | Absolute value (Millions euros) | Percentage of total costs |
|---|---------------------------------|---------------------------|
| <b>Core components</b> (traps, pour ons, sterile males, flying time)  | <b>1.90</b>                     | <b>29</b>                 |
| <b>Other field costs</b> (vehicles, vehicle running costs, field indemnities)   | <b>1.97</b>                     | <b>30</b>                 |
| <b>Entomological studies</b> (distribution, population genetics & dynamics, competitiveness, survival, dispersal, monitoring) | <b>1.44</b>                     | <b>22</b>                 |
| <b>Other studies</b> (parasitological, socio-economic, environmental)   | <b>0.51</b>                     | <b>8</b>                  |
| <b>Administration (salaries, expert missions, meetings)</b>   | <b>0.66</b>                     | <b>10</b>                 |
| <b>Total</b>  | <b>6.47</b>                     | <b>100</b>                |
| <b>Ratio of overheads/field costs</b>   | <b>0.7</b>                      | <b>-</b>                  |
| <b>Field costs/total costs (%)</b>  | <b>-</b>                        | <b>59</b>                 |

doi:10.1371/journal.pntd.0003112.t002



**Figure 5. Distribution of the costs by partner (left) and component (right).**  
doi:10.1371/journal.pntd.0003112.g005

(50%) and 7 technical staff (50%) of the DSV, 1 senior researcher (50%), 1 junior researcher (20%) and 3 entomological technicians (100%) of the ISRA and 1 senior researcher (50%) of the CIRAD. There were in addition MSc (6) and PhD students (3) involved in various project activities.

**Benefit-cost ratio of the project**

The first effect of the project on the sales of meat and milk was seen in year six of project implementation when elimination of the *G. p. gambiensis* population was obtained in the first block (20% of the area). In year seven and eight, the total area of elimination was assumed to reach 60% and 100% of the total target area respectively (Fig. 6). Except for scenario 1 that assumes a 2% annual replacement rate with a discounting rate of 10%, the project has a positive NPV and an IRR higher than average interest rates for financing the project (table 4). The payback period would be 18 years for the first scenario and 13 years for the more realistic scenario 2 (corresponding to 2020). The benefit-cost ratios ranged from 0.98 to 4.26 depending on the discount rates and scenarios (table 4).

Depending on the scenario, 100% of the farmers will have shifted from trypanotolerant cattle to more productive breeds in 2048 (scenario 1) or in 2022 (scenario 2) and the annual increase of cattle sales will reach more than €2.8 million, i.e. a 54% increase in total sales. Over the same period, the total cattle population will be reduced by 45%.

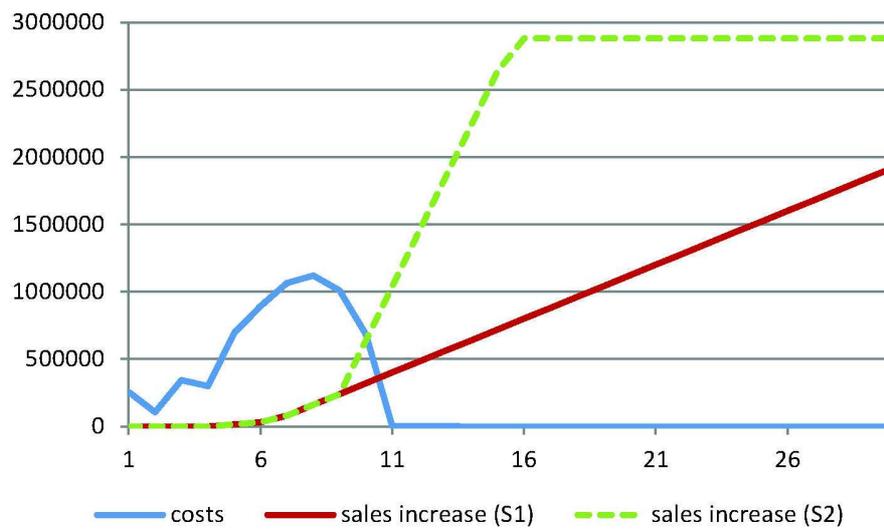
**Discussion**

The total cost of the project was estimated at ~€6400/km<sup>2</sup>. This is much higher than the estimated costs calculated by Shaw et al. [19] in a hypothetical programme that removed an isolated population of *G. fuscipes fuscipes* in a 10,000 km<sup>2</sup> area of Uganda, i.e. €353 for ITT, €161 for ITC, and €726–998 for SIT in addition to the other techniques. The cost of a programme that combines the three techniques would thus be €1268–2784/km<sup>2</sup>, despite potential administrative savings when integrating ITT and ITC in the same project. Our estimation for the Niayes programme is thus 2.3 to 5 times higher than these predictions, which might be attributed to the relatively small target area which prevents economies of scale, like producing the sterile flies in Senegal instead of procuring them abroad. Considering that ~50% of the administrative and “other field” costs were attributable to SIT, the addition of an SIT component corresponded to ~59% of the global costs i.e. ~€3800/km<sup>2</sup>. This is also much higher than the predictions of Feldmann 2004 for riverine tsetse in West Africa (€185–222/km<sup>2</sup> for a release density of 10 sterile males/km<sup>2</sup>) or even for savannah species (€593/km<sup>2</sup> for release rates of 50–100 sterile males/km<sup>2</sup>) [26]. Our estimate is also higher than that of Brandl 1988, who predicted a cost of ~€472/km<sup>2</sup> for ITT and ~€690/km<sup>2</sup> for SIT (estimated from [27] after taking into account inflation), although in the case of the Sidéradougou campaign, sterile males were released from the ground which is less costly when the target areas are relatively small [28]. Finally, our estimate is closer to what was

**Table 3. Breakdown of core components costs of the tsetse elimination project in the Niayes area.**

| Elements of Core components              | Absolute value (k euros) | Percentage of core components |
|--|--------------------------|-------------------------------|
| Traps (3.6/km <sup>2</sup> )             | 10.8                     | 0.6                           |
| Pour ons (2.5/km <sup>2</sup> )          | 45                       | 2.4                           |
| Sterile males (27/km <sup>2</sup> /week) | 561.6                    | 29.6                          |
| Flying time (4,000 hours)                | 1,280                    | 67.5                          |
| <b>Total</b>                             | <b>1,897.4</b>           | <b>100</b>                    |
| <b>SIT costs/Core components (%)</b>     | -                        | <b>97.1</b>                   |

doi:10.1371/journal.pntd.0003112.t003



**Figure 6. Comparison of the total costs of the project and increase in global cattle sales.** The figures (Euros) concern the Niayes area over a period of 30 years after the beginning of the project. Cattle sales include meat and milk sales. S1 corresponds to the scenario with a constant 2% annual replacement rate from traditional trypanotolerant farming systems to improved farming systems, and S2 to the scenario with an accelerated replacement rate according to the sociology of innovation (see text for details). doi:10.1371/journal.pntd.0003112.g006

found for the cost of the Zanzibar program (€2,600/km<sup>2</sup> for a release density of 50–300 sterile males/km<sup>2</sup>) [29]. The usefulness of adding an SIT component to reach complete elimination has been debated in the literature recently [19,30,31] and this debate is beyond the scope of this study. In Senegal however, the suppression phase was very efficient (90–99% reduction of the original fly population density) but was followed by a stagnation (levelling off) of the tsetse apparent density which later increased again despite the maintenance of the targets: only the sterile males allowed complete elimination [32]. The same results against the same sub-species were also obtained on the Loos Islands in Guinea [33] where the target populations were also completely isolated [34]. These observations can mainly be attributed to (1) the metapopulation structure of the target population, making it impossible to deploy insecticide-impregnated targets in all suitable habitat patches [35], (2) to the density-dependent efficacy of insecticide-impregnated targets, (3) to the inverse density-dependent efficacy of SIT (as the ratio of sterile to wild males will increase with population reduction and each generation), and (4) to the

efficiency of the sterile males to find the last remaining virgin wild females [18]. In Senegal, the use of a maximum entropy modeling to better target insecticide-impregnated targets in suitable habitat patches and adapt the release densities of sterile males to the area of suitable habitats reduced the costs by ~€44/km<sup>2</sup> for the ITT component and by ~€590/km<sup>2</sup> for the SIT component [32].

The predicted threefold increase in cattle sales (milk and meat) as a result of the removal of the *G. p. gambiensis* population was however so significant that the programme remains highly cost-effective. Although there are some tsetse infested areas in Africa where zebu or even dairy cattle breeds could be successfully introduced, there is no reason to keep trypanotolerant livestock in the absence of trypanosomes in our study area, where the Gobra breed has a better productivity than the Djakoré breed (table 1). The average body weights at sale were for example 188.5 kg (s.d. 80.0 kg) and 141.4 kg (s.d. 102.4 kg) for Gobra and Djakoré cattle, respectively (p<0.05). The assumed 2% annual replacement rate towards more productive cattle is thus quite conservative. Case studies of socio-technical networks are presently being conducted

**Table 4. Main financial indicators of the tsetse elimination project.**

|                             | Pay-back period | Internal Rate of Return (IRR) | Net Present Values (NPV) | Benefit-cost ratio |
|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Scenario 1                  | Year 2025       | 9.8 per cent                  | 3,774,500 €              | 1.81               |
| Discount rate of 5 percent  |                 |                               |                          |                    |
| Scenario 2                  | Year 2020       | 19.1 per cent                 | 15,240,855 €             | 4.26               |
| Discount rate of 5 percent  |                 |                               |                          |                    |
| Scenario 1                  | Year 2025       | 9.8 per cent                  | -85,874 €                | 0.98               |
| Discount rate of 10 percent |                 |                               |                          |                    |
| Scenario 2                  | Year 2020       | 19.1 per cent                 | 4,838,266 €              | 2.39               |
| Discount rate of 10 percent |                 |                               |                          |                    |

Projections correspond to a total project duration of 30 years, two scenarios of innovation and two discount rates. S1 corresponds to the scenario with a constant 2% annual replacement rate from traditional trypanotolerant farming systems to improved farming systems, and S2 to a scenario with an accelerated replacement rate according to the sociology of innovation (see text for details). doi:10.1371/journal.pntd.0003112.t004

in the Niayes and have so far revealed that farmers consider trypanotolerant livestock as more resilient but zebu and exotic cattle as more productive and beautiful. Assuming a more realistic annual replacement rate, all traditional farming systems would have been replaced by more productive ones by 2022. In a recent study conducted in East Africa, maximal benefits (increase of income) associated with the removal of trypanosomes were estimated at on average €2390/km<sup>2</sup> over a 20 years period (ranging from €360/km<sup>2</sup> to €7240/km<sup>2</sup> for a 10% discount) [36]. Our estimates of the sales increases over a 20 years period would be €13,700/km<sup>2</sup> and €36,300/km<sup>2</sup> for scenarios 1 and 2 respectively, but this does not account for potential increases of production costs. Moreover, previous models [36] anticipated an increase of cattle density which is difficult to compare with the peri-urban situation around Dakar, where increasing land pressure allows for intensification only. The absence of clustering of improved milk farming systems in the main cities (fig. 1), where competition for space is even more important, is probably due to the presence of tsetse populations that survived in the many mango and citrus tree plantations along the Dakar-Thiès axis. These plantations became the preferred habitat of *G. p. gambiensis* in this area as the natural forest vegetation disappeared [14].

Overall, the benefit-cost ratios estimated in our study ranged from 1:1 to 4:1 and are thus lower than the estimations of Kristjanson et al. 1999 who used very favorable assumptions in their models (discount rate of 5%, adoption rates of the innovation of 30% and a 13.3% yearly increase of the herd size) [24]. Although the area affected by the control activities is relatively small and the demand much higher than the offer, it is possible that increased supply might result in a slight price reduction and a subsequent consumer surplus, offsetting some reduction in the producer's surplus due to lower prices. Modelling this was however outside the scope of the study.

Although the meat and milk farming systems present similar total sales, the replacement of the traditional farming system with improved meat systems is much more likely to occur than with improved milk production in view that the trypanotolerant and improved meat farming systems have similar practices and organization in addition to the fact that the Gobra breed is much more productive than the Djakoré in our study area (table 1). That is why the Conseil National de Concertation et de Coopération des Ruraux of Senegal considers that farmers are much more attracted to this type of intensification dynamics [37]. Like in Burkina Faso, farmers adapt the level of trypanotolerance of their herds to the risk of AAT and make a trade-off between resilience and productivity [38,39]: more productive breeds will thus be selected with the reduction of this risk. However, they tend to maintain a similar farming system, thus selecting breeds than can adapt to other constraints associated to traditional systems, like natural grazing. The Gobra cattle originate from northern Senegal and are in comparison to dairy breeds much more resilient to quantitative and qualitative changes in food availability. Improving milk production would thus necessitate further commitments from the Government of Senegal beyond artificial insemination or distribution of cattle feed, and extended to the whole dairy production chain including marketing. Moreover, shifting to improved farming systems would require a global change of cattle management practices and social norms of the socio-technical regime. Actually, changing one practice only (here substituting the cattle breeds by exotic ones) would be doomed to fail since herd management practices, use of veterinary services, food supply and products sales must change as well. This evolution must be reinforced based on participatory approaches (collective management). The study of socio-technical transition pathways shows that

the diffusion of an innovation does not correspond to an isolated substitution of practice but to a new configuration of the socio-technical regime: it means new norms, new relations between actors and the simultaneous change of associated practices [40]. The problem of forage production is of particular importance, since dairy farmers are competing for land with farmers that produce cereals and vegetables for human consumption. In the absence of complementary measures, the final proportion of improved milk systems will probably represent only 26% of the farms.

In this study, some factors might have contributed to underestimate the benefits of the programme. First, only cattle were considered whereas many other livestock species, including horses and sheep are trypano-sensitive and they will therefore also benefit from the removal of the tsetse fly and the trypanosomosis problem. We have assumed this simplification in the benefit-cost analysis because previous studies revealed that the trypanosome prevalence was much higher in cattle [12] and farmers considered AAT as the most important pathological constraint mainly for cattle. Second, even if the current improved farming systems are mainly outside the tsetse infested pixels, the cattle can still be exposed to tsetse during grazing (especially for improved meat farms that practice free grazing) [39], or by active dispersal of tsetse up to 3–4 km from the suitable habitats especially during the rainy season [41]. Moreover, they might become infected through mechanical transmission in pixels neighboring tsetse infested pixels [42,43]. A longitudinal monitoring of sentinel herds in the target area showed that herds located in infested pixels had annual trypanosomosis incidences of 80–90% whereas those located in the adjacent pixels had incidences of 20–30% (data not shown); these data confirm that the infection risk was 3–4 times higher in the tsetse-infested areas as compared to adjacent areas. Even with a reduced incidence, the production capacity of improved farming systems measured in this study is probably still lower than it would be in the absence of the disease [11]. One of the main limitations of our study is that production costs associated to each farming system could not be assessed and as a result we estimated the increase of cattle sales rather than its benefits. Moreover, in extensive systems, cash is not the only component of livestock output, with home slaughter, gifts and transfers in and out of the herd. However, the potential reduction of the total cattle population by 45% might balance the increase of production costs associated to improved milk systems [10]. For improved meat systems, the production practices (and thus costs) are very similar to the traditional one. Moreover, the reduction of the herd size will have unquantifiable positive impacts on the environment in the target area which suffered from overgrazing and competition for food that occurred between cattle, horses that are used for animal plowing and transport, and sheep that are present in large numbers. During the socio-economic surveys described above, we observed 8,048 goats, 1,469 sheep, 276 donkeys and 206 horses in the farms surveyed. Small ruminants must also be taken into consideration in the competition for food, but equines can be omitted in this context. However, the diet of small ruminants includes more ligneous species (trees and shrubs) as compared to that of cattle and horses thus partially compensating the impact of overgrazing caused by cattle [44].

Another limitation of the study is that we did not differentiate between cattle sales resulting from increased productivity of the herds and those resulting from commercial activities (calves bought, fattened and sold). This is particularly true for improved meat systems where this activity is common which probably lead to an underestimation of the calving rate in this group. We however consider that it is still a type of intensification, since this

type of cattle is generally maintained in zero-grazing units and the animals are sold younger than in the traditional system (around three years).

Before the implementation of the elimination programme, the maintenance of exotic cattle (Holstein, Jersey, Montbeliard, etc) in zero-grazing units was only possible by keeping these trypano-susceptible animals under constant prophylactic treatment with trypanocidal drugs, which is very costly and difficult to sustain in the long term [45]. The present study showed that farmers with an improved milk system had higher costs than farmers in the other systems, but the costs were still very low in comparison to the value of the cattle. It is likely that the costs as declared by the farmers in the present socio-economic study were underestimated because state veterinary staff conducted the surveys and farmers were reluctant to admit that they mainly rely on private veterinarians or treat their animals on their own [39]. Improved milk systems were however almost all located outside the tsetse infested pixels and the only two farms located inside the tsetse area declared no sales (cattle or milk) in 2010. Although there are big industrial farms that succeeded in securing networks for selling important daily volumes either by developing their own distribution chain or selling their produce to industrial local manufacturers that produce and market packed milk like Kirène, these have remained a minority. The best milk production observed during the survey was 1400 L per cow per lactation. Considering that a dairy cow of an improved breed can produce 5000 to 10,000 L milk/lactation, there is still much room for improvement.

Like in the remainder of West-Africa most cattle in the Niayes area are grazing on fallow land and natural pastures and this can be considered as an ecosystem service. These pastures tend to disappear due to competition for space with crops and artificial surfaces (buildings, roads,...) and the remaining protected areas in the Niayes are suffering severely from overgrazing. Overgrazing impacts the health of an ecosystem (land degradation) [3] and reduces the carrying capacity of natural pastures. Moreover, the access to crop residues becomes more and more difficult, in relation to an increasing competition between traditional and modern farmers with different modalities of negotiation with the crop farmers (trade of cattle manure, purchase). A few farms that practice intensive livestock keeping have developed alternative strategies to improve their productivity like the farming of cereals (and their conservation by ensilage), procurement of cattle-cake and beer waste products. Most of the inputs, especially groundnuts tops, are imported from other areas of Senegal, or even from Mali. The agro-industrial waste-products include rice bran, brewer's spent grain, groundnuts shells, treacle, groundnuts and cotton

cattle-cake. Some factories also produce specific cattle food but they are expensive. Even if the rotation of forage and crops is a good way to improve soil fertility, most of the space is used for crops due to the competition between animal and human food [10].

## Conclusion

The tsetse elimination project in the Niayes is considered by the Government of Senegal as an ecologically sound strategy to intensify cattle production that will result in a decrease in cattle density, and the use of more productive cattle in urban areas. The data of this study have indicated that the elimination of the *G. p. gambiense* population from the Niayes will bring major overall socio-economic benefits for the farmer community that is composed of several farming systems, more or less exposed to the disease. However, the adoption of new technologies is generally difficult because it requires changes of the socio-technical regime including social norms and associated practices, for example the management of exotic breeds [46,47]. In the case of the improved meat system, practices and social norms are similar to the traditional system whereas in the case of improved milk systems, complete technological packages and associated norms must be changed (for example the attractiveness of local milk for consumers in comparison to powdered milk). We are presently studying individual and collective trajectories of herders based on comprehensive analyses to better estimate the mutation rates [48]. Moreover, the benefits will have to be evaluated more accurately using ex-post socio-economic surveys.

## Supporting Information

**Supporting Information S1** Data used in the socio-economic analysis. (XLSX)

## Acknowledgments

The authors are thankful to J. Knight for his contribution to the elaboration of the questionnaire.

## Author Contributions

Conceived and designed the experiments: FB MTS JB AW. Performed the experiments: FB BS. Analyzed the data: FB AHD JB AW. Contributed reagents/materials/analysis tools: MTS ML BS. Contributed to the writing of the manuscript: FB MTS AHD BS ML MJBV EC JB AW.

## References

- Courtin F, Guengant JP (2011) Un siècle de peuplement en Afrique de l'Ouest. *Nat Sci Soc* 19: 256–265.
- Nicholson SE (2001) Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries. *Clim Res* 17: 123–144.
- Budde ME, Tappan G, Rowland J, Lewis J, Tieszen LL (2004) Assessing land cover performance in Senegal, West Africa using 1-km integrated NDVI and local variance analysis. *Journal of Arid Environments* 59: 481–498.
- Delgado C, Rosegrant M, Steinfeld H, Ehui S, Courbois C (1999) *Livestock to 2020: The Next Food Revolution 2020*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Kouamo J, Sow A, Lèye A, Sawadogo GJ, Ouédraogo GA (2009) Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique Subsaharienne et au Sénégal en particulier : état des lieux et perspectives. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales* 7: 139–147.
- Ly OK (1992) Transferts d'embryons en milieu périurbain au Sénégal [Thèse de Doctorat en Médecine Vétérinaire]. Dakar: EISMV. 134 p.
- Ba Diao M. Urban-rural linkages for animal products supply in Dakar; 2001 9–10 November 2001; UK. Development Planning Unit, University College London.
- Dieye PN, Broutin C, Duteurtre G, Dia D (2009) Produits laitiers : importations, industries urbaines et dynamiques artisanales locales. In: Duteurtre G, Faye MD, Dieye PN, editors. *L'Agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché*. Paris: Karthala. pp. 305–328.
- ANSD (2010) Statistiques du commerce extérieur, Bulletin trimestriel, 4ème trimestre 2009. Dakar: Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, Ministère des Finances. 56 p.
- Ba Diao M (2005) Situation et conditions de développement de la production laitière intensive dans la Niayes au Sénégal. Dakar: Université Cheikh Anta Diop. 138 p.
- Itard J (2000) Les trypanosomoses animales africaines. In: Chartier C, Itard J, Morel PC, Troncy PM, editors. *Précis de parasitologie vétérinaire tropicale*. Paris: Editions Tec et Doc Lavoisier, Editions médicales internationales, pp. 206–450.
- Seck MT, Bouyer J, Sall B, Bengaly Z, Vreysen MJB (2010) The prevalence of African animal trypanosomoses and tsetse presence in Western Senegal. *Parasite* 17: 257–265.
- Bouyer J, Solano P, Cuisance D, Itard J, Frézil J-L, et al. (2010) Trypanosomosis: Control methods. In: Lefèvre P-C, Blancou J, Chermette R, Uilenberg G, editors. *Infectious and parasitic diseases of livestock*. Paris: Editions Lavoisier (Tec & Doc). pp. 1936–1943.

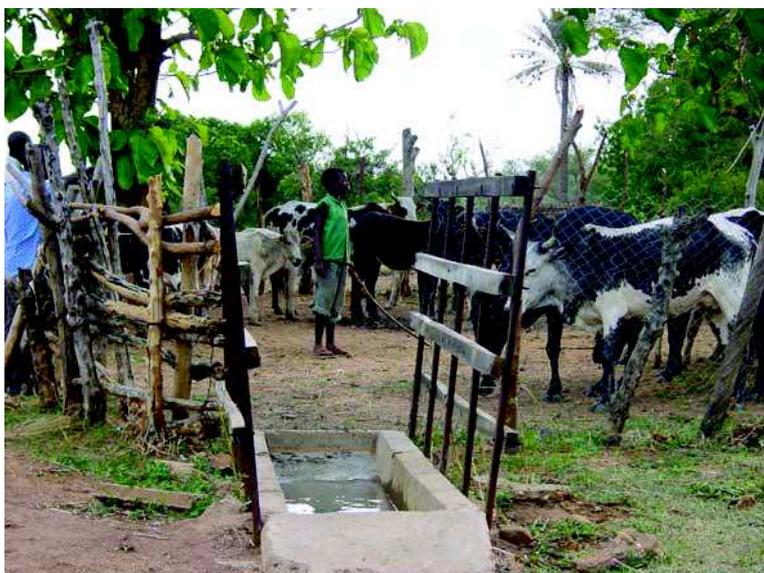
14. Bouyer J, Seck MT, Sall B, Guerrini L, Vreysen MJB (2010) Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management programme: the example of *Glossina palpalis gambiensis* in the Niayes of Senegal. *J Med Entomol* 47(4): 543–552.
15. Solano P, Kaba D, Ravel S, Dyer N, Sall B, et al. (2010) Tsetse population genetics as a tool to choose between suppression and elimination: the case of the Niayes area in Senegal. *PLoS Negl Trop Dis* 4: e692.
16. Vreysen M, Robinson AS, Hendrichs J (2007) Area-Wide Control of Insect Pests, From research to field implementation. Dordrecht: Springer. 789 p.
17. Bouyer J, Stachurski F, Kaboré I, Bauer B, Lancelot R (2007) Tsetse control in cattle from pyrethroid footbaths. *Prev Vet Med* 78: 223–238.
18. Vreysen MJB, Seck MT, Sall B, Bouyer J (2013) Tsetse flies: their biology and control using area-wide integrated pest management approaches. *J Invertebr Pathol* 112: S15–S25.
19. Shaw APM, Torr SJ, Waiswa C, Cecchi G, Wint W, et al. (2013) Estimating the costs of tsetse control options: an example for Uganda. *Prev Vet Med* 110: 290–303.
20. Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190: 231–259.
21. Liu C, Berry PM, Dawson TP, Pearson RG (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28: 385–393.
22. Vreysen MJB, Saleh K, Mramba F, Parker A, Feldmann U, et al. (2014) Sterile insects to enhance agricultural development: the case of sustainable tsetse eradication on Unguja Island, Zanzibar using an area-wide integrated pest management approach. *PLoS Negl Trop Dis* 8: e2857.
23. Rogers E (1983) Diffusion of innovations. New York: Free Press. 576 p.
24. Kristjanson PM, Swallow BM, Rawlands GJ, Kruska RL, Leeuw PN (1999) Measuring the cost of African Animal Trypanosomiasis, the potential benefits of control and returns to research. *Agr syst* 59: 79–98.
25. Bouyer J, Sana Y, Samandougou Y, César J, Guerrini L, et al. (2007) Identification of ecological indicators for monitoring ecosystem health in the trans-boundary W Regional park : a pilot study. *Biol Cons* 138: 73–88.
26. Feldmann U (2004) The sterile insect technique as a component of area-wide integrated pest management of tsetse. In: Maudlin I, Holmes PH, Miles MA, editors. *The trypanosomiasis*: CABI. pp. 565–582.
27. Brandl FE (1988) Costs of different methods to control riverine tsetse in West Africa. *Trop Anim Health Prod* 20: 67–77.
28. Politzar H, Cuisance D (1984) An integrated campaign against riverine tsetse flies *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoides* by trapping and the release of sterile males. *Insect Sci Applic* 5: 439–442.
29. Msangi AR, Saleh KM, Kiwia N, Malele II, Mussa WA, et al. (2000) Success in Zanzibar: eradication of tsetse. In: Tan KH, editor. *Penerbit Universiti Sains Malaysia*. pp. 57–66.
30. Bouyer J, Seck MT, Sall B (2013) Misleading guidance for decision making on tsetse eradication: Response to Shaw et al. (2013). *Prev Vet Med* 112 (2013) 443–446.
31. Shaw APM, Torr SJ, Waiswa C, Cecchi G, Wint W, et al. (2013) Reply to the letter to the Editor by Bouyer et al.(2013). *Prev Vet Med* 112: 447–449.
32. Dicko AH, Lancelot R, Seck MT, Guerrini L, Sall B, et al. (2014) Using species distribution models to optimize vector control: the tsetse eradication campaign in Senegal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi/10.1073/pnas.1407773111. Available: <http://www.pnas.org/content/early/2014/06/25/1407773111.full.pdf+html>.
33. Kagbadouo MS, Camara M, Bouyer J, Courtin F, Morifaso O, et al. (2011) Tsetse control in Loos islands, Guinea. *Parasites & Vectors* 4: 18.
34. Solano P, Ravel S, Bouyer J, Camara M, Kagbadouo MS, et al. (2009) The population structure of *Glossina palpalis gambiensis* from island and continental locations in coastal Guinea. *PLoS Negl Trop Dis* 3: e392.
35. Peck SL (2012) Networks of habitat patches in tsetse fly control: implications of metapopulation structure on assessing local extinction. *Ecol Model* 246: 99–102.
36. Shaw APM, Cecchi G, Wint GRW, Mattioli RC, Robinson TP (2014) Mapping the economic benefits to livestock keepers from intervening against bovine trypanosomiasis in Eastern Africa. *Prev Vet Med* 113: 197–210.
37. Conseil National de Concertation et de Coopération des Ruraux (2011) Compte rendu de l'atelier final de réflexion sur l'investissement agricole au Sénégal; 2011 Juillet 2011; Dakar, Sénégal.
38. Bouyer J, Hamadou S, Adakal H, Lancelot R, Stachurski F, et al. (2011) Restricted application of insecticides: a promising tsetse control technique, but what do the farmers think of it? *PLoS Negl Trop Dis* 5: e1276.
39. Koné N, Bouyer J, Vitouley H, Sidibé I, Ngoran E, et al. (2012) Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun, au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures* 21: 404–416.
40. Geels FW, Schot J (2007) Typology of sociotechnical transition pathways. *Research policy* 36: 399–417.
41. Vreysen M, Balenghien T, Saleh KM, Maiga S, Koudougou Z, et al. (2013) Release-recapture studies confirm dispersal of *Glossina palpalis gambiensis* between river basins in Mali. *PLoS Negl Trop Dis* 7: e2022.
42. Desquesnes M, Biteau-Coroller F, Bouyer J, Dia ML, Foil LD (2009) Development of a mathematical model for mechanical transmission of trypanosomes and other pathogens of cattle transmitted by tabanids. *Int J Parasitol* 39: 333–346.
43. Pagabeleguem S, Sangaré M, Bengaly Z, Akoudjin M, Belem AMG, et al. (2012) Climate, cattle rearing systems and African Animal Trypanosomiasis risk in Burkina Faso. *PLoS ONE* 7: e49762.
44. César J, Zoumana C (1999) Les régimes alimentaires des bovins, ovins et caprins dans les savanes de Côte-d'Ivoire, et leurs effets sur la végétation. *Fourrages* 159: 237–252.
45. Geerts S, Holmes PH, Diall O, Eisler MC (2001) African bovine trypanosomiasis: the problem of drug resistance. *Trends Parasitol* 17: 25–28.
46. Labatut J (2011) Gérer les races animales locales en biens communs. Dispositifs, crises et leviers de la coopération. *FaçSADE* 35: 1–4.
47. Labatut J, Girard N, Astruc J-M, Bibé B (2013) Dissemination of genetic progress: a key aspect of genetic improvement of local breeds. *Animal Genetic Resources* 53: 117–127.
48. Kaufmann J-C (2011) *L'entretien compréhensif*. Paris: Armand Colin.

### 3.2. Application ciblée des insecticides par pédiluves : une technique de lutte prometteuse contre les glossines, mais qu'en pensent les éleveurs ?

Bouyer, F., S. Hamadou, H. Adakal, R. Lancelot, F. Stachurski, A. M. G. Belem, and J. Bouyer. 2011b. Restricted application of insecticides: a promising tsetse control technique, but what do the farmers think of it? Plos Tropical Neglected diseases 5: e1276.  
(Bouyer et al. 2011b)

#### Résumé

Nous avons identifié une méthode de lutte contre les glossines et les tiques innovante mise en œuvre au Burkina (Fig. 13) et avons décidé d'analyser son adoption dans le but de comprendre les logiques d'action, d'identifier les principaux déterminants de l'adoption et de mieux comprendre le processus d'innovation en relation avec le risque trypanosomien. L'historique de l'invention et de l'« innovation » au Burkina était bien connu avant de commencer l'étude, ce qui a permis de poser des hypothèses et de se placer dans une démarche hypothético-déductive.



*Fig. 13. le pédiluve acaricide-insecticide*

Le traitement insecticide épicutané ciblé constitue une stratégie économique et fiable pour lutter de manière communautaire contre les glossines et les maladies qu'elles transmettent (les TAA et les trypanosomoses humaines). L'efficacité technique de cette nouvelle méthode de lutte basée sur le pédiluve a été démontrée mais aucune donnée n'était disponible sur les perceptions et l'importance de son adoption par les éleveurs. Celle-ci a donc

été étudiée au Burkina Faso où la diffusion de la technique a été appuyée par deux projets de développement. Trois groupes d'adoptants ont été distingués, caractérisés par des profils d'adoption différents : deux groupes d'éleveurs traditionnels, pratiquant l'élevage extensif autour de Bobo-Dioulasso et un groupe d'éleveurs modernes, pratiquant un élevage intensif en périphérie de Ouagadougou. Un groupe d'éleveurs traditionnels ainsi que les éleveurs non soumis au risque trypanosomien ont bien adopté la lutte par pédiluve selon des modalités spécifiques. Le bénéfice économique de la méthode et les connaissances du système épidémiologique ont eu peu d'impact sur les premières étapes du processus d'adoption alors que des caractéristiques du système intensif ainsi que des facteurs sociologiques ont eu des rôles prépondérants. La qualité des supports techniques accessibles aux éleveurs s'est avérée aussi cruciale. L'étude a permis de mettre en évidence l'hétérogénéité des perceptions individuelles en relation avec les positions relatives dans le réseau socio-technique. Les résultats permettent ainsi de nourrir le débat sur le rôle des réseaux socio-techniques dans les processus d'adoption et d'innovation.

#### Objectifs et Méthode

Cette étude a eu pour ambition d'aborder toutes les dimensions de l'innovation (économique, technique, organisationnelle, culturelle, sociale) et de recourir à des analyses multifactorielles pour analyser les déterminants de l'adoption. Tout d'abord, il a été nécessaire de quantifier l'adoption, qui n'est pas binaire et qui ne pouvait pas correspondre à une seule variable quantitative, en particulier parce qu'il y avait des pédiluves individuels et d'autres collectifs avec des durées d'existence différentes et un nombre d'utilisateurs (nombre et taille des troupeaux) très variables. De plus, l'adoption réelle de l'innovation implique l'appropriation d'un protocole de traitement : ainsi un usage ne suivant pas le protocole conseillé, à une fréquence suffisante et à la période correspondant aux pics d'abondance des tiques adultes (*Amblyomma variegatum*) et des glossines, n'aura pas l'impact attendu au niveau sanitaire et favorisera l'abandon de la méthode. Par conséquent, 7 variables quantitatives (le nombre total de passages pendant la dernière saison des pluies, le nombre d'années d'utilisation par éleveur, le ratio de bovins traités sur le nombre de bovins ayant accès au pédiluve, le ratio du nombre d'année d'utilisation par éleveur sur le nombre d'années d'existence du pédiluve, le ratio de troupeaux traités sur le nombre de troupeaux ayant accès au pédiluve, la fréquence d'utilisation mensuelle, le nombre de mois d'utilisation pendant la dernière année) ont été utilisées pour évaluer de manière plus pertinente l'adoption du pédiluve.

Nous voulions comprendre aussi bien ce qui a permis l'enrôlement, la réussite de l'intéressement, que la trahison conduisant dans certaines situations à l'usage du pédiluve et son abandon dans les autres. Le choix méthodologique a été de récolter les données par questionnaire afin de réaliser des analyses multivariées mais en ajoutant en plus des éléments structurels (des systèmes d'élevage), des facteurs de la dynamique et des réseaux socio-techniques (éléments de la mise en œuvre de la méthode de lutte antivectorielle basée sur les pédiluves). La récolte de données individuelles et collectives a permis de replacer les éleveurs et les troupeaux dans un réseau géographique, de communication et d'accès à certains actants : le réseau socio-technique. Une lecture longitudinale du processus selon la SAR aurait été très instructive mais elle implique la capacité de suivre précisément la succession des controverses provisoires. En effet, comme dans tout processus d'innovation, les processus de décision ne se limitent pas à la scène publique et de nombreux échanges d'information et négociations ont lieu « en coulisses » (paradigme de Goffman, 1979) (d'Aquino 2007).

#### Principaux résultats

L'analyse multivariée a permis de distinguer 3 groupes d'éleveurs correspondant à 3 positionnements différents dans le réseau socio-technique de l'innovation. Si la constitution du groupe d'éleveurs modernes de Ouagadougou pouvait sembler « évidente » du fait du système d'élevage différent des éleveurs de Bobo-Dioulasso mais aussi du contexte sanitaire sans glossines et sans TAA, la répartition des éleveurs de Bobo-Dioulasso ne l'était pas. Les chercheurs et agents de développement ne les avaient pas identifiés ainsi et supposaient que les éleveurs ayant participé à l'élaboration de la méthode (les deux premiers pédiluves) étaient des porte-paroles représentant bien l'ensemble. Ainsi ont été mises en évidence des caractéristiques qui expliquaient en quoi ils n'étaient pas de bons porte-paroles de l'ensemble des éleveurs traditionnels: ces derniers avaient une gestion collective réduite à la famille du pédiluve et ont bénéficié d'un appui prolongé de l'équipe du CIRDES (mise au point du dispositif matériel et des documents de gestion, apprentissage de la gestion technique, essais).

Alors que, selon les scientifiques, le bénéfice sanitaire de la lutte contre les glossines devrait être supérieur à celles contre les tiques, c'est l'attrait de la lutte contre les tiques qui a permis l'enrôlement puisque d'une part l'adoption du pédiluve a été excellente à Ouagadougou alors que le risque trypanosomien était absent et que, d'autre part, à Bobo-Dioulasso, la période de mise en œuvre du protocole a été circonscrite à la période d'abondance d'*A. variegatum* et n'a pas été élargie pour obtenir de meilleurs résultats contre les glossines. Ainsi, l'efficacité du pédiluve sur les tiques a été observée par 91% des éleveurs modernes (55% des éleveurs de ce groupe d'éleveurs intensifs rapportaient une efficacité très

satisfaisante, les autres une efficacité partielle), par 65% du groupe des éleveurs traditionnels adoptants et 18% par les traditionnels qui n'ont eu qu'un usage restreint du pédiluve. Les proportions d'éleveurs ayant observé une efficacité sur les TAA sont beaucoup plus basses : 15% du groupe des éleveurs traditionnels adoptants rapportaient une diminution de cas cliniques et 5% un arrêt de la transmission. La lutte contre les TAA grâce au pédiluve est devenue un bénéfice subsidiaire, qui n'a été perçu que par les adoptants, là où l'adoption collective a été importante et en zone où le risque existait.

L'efficacité de la lutte contre les tiques était d'une part directement visible sur les bovins (les éleveurs accordent de l'importance à obtenir des bovins débarrassés de leurs tiques) et d'autre part l'efficacité du protocole était plus facile à obtenir puisque la protection est individuelle contre les tiques alors que pour avoir un effet sur les glossines (et donc un effet sur l'état général de l'animal), il faut que 80 % des bovins fréquentant un même point d'eau soient traités suivant le protocole recommandé (au moins une fois chaque semaine). Une succession de controverses techniques ont été soulevées au sein de l'équipe du CIRDES. Alors que la préférence des éleveurs fréquemment rencontrée (la norme sociale) se porte vers les traitements qui font tomber rapidement toutes les tiques, ce qui n'est pas le cas du pédiluve, avec lequel il est même recommandé de laisser des tiques monter sur les sites définitifs (pour entretenir l'immunité anti-cowdriose), les chercheurs se sont demandé si les éleveurs allaient apprécier l'efficacité du traitement par pédiluve. Les autres controverses émises par les scientifiques pendant les années d'accompagnement de l'innovation étaient aussi principalement techniques : il s'agissait de l'entraînement au passage dans le pédiluve, de la qualité de la construction du parc d'attente, de la capacité à entretenir le pédiluve et à organiser son fonctionnement. Il s'agissait « de co-construire le transfert de technologie » !

Les facteurs individuels comme le niveau d'équipement, la race des bovins, le niveau d'instruction, l'usage habituel de parc métallique et la qualité du parc d'attente, ont joué un rôle déterminant pour l'adoption mais l'importance des facteurs caractérisant le réseau des éleveurs (ici à l'échelle de l'association) indique la nécessité de changer d'échelle d'analyse (exploitation vers réseau). Le processus d'innovation relève bien d'une dynamique du réseau sociotechnique. Ici nous avons observé l'importance de la capacité à mobiliser un actant pour l'appui technique (via la mise en place d'un service d'appui technique pour l'entretien du pédiluve grâce aux ressources internes de l'association ou par l'appui d'une équipe de chercheurs, en s'engageant dans la mise en œuvre d'essais).

Un enjeu majeur pour les pédiluves collectifs, qui ne faisait pas partie initialement des controverses soulevées par les scientifiques et qui a pris le pas sur les autres s'est révélé être le rôle social nouveau du gérant de pédiluve, difficilement accepté (un cadet lettré qui compte les animaux, calcule les sommes à régler et devrait être dédommagé financièrement), alors que les éleveurs préféraient une certaine indépendance et discrétion dans la gestion sanitaire de leur troupeau, lorsque le groupe utilisant le pédiluve n'était pas familial.

Enfin, les interactions entre les technologies et les actants non humains se sont révélées à travers les difficultés de passage dans le pédiluve rencontrées avec les bovins de race zébu peuhle, non habitués aux barrières métalliques et confrontés à un parc d'attente en grillage rond : les bovins ont trahi le dispositif d'intéressement et refusé le dispositif de manière aussi efficace que des actants humains. D'une part, la race zébu peuhle est moins docile que les races européennes, d'autre part les bovins qui ne sont pas élevés en stabulation métallique ne sont pas habitués à ces matériaux (la technologie induit un apprentissage de ces actants non humains dans les élevages modernes) ; lorsque le parc d'attente était en grillage rond, il ne canalisait pas les bovins vers le pédiluve et ceux-ci refusaient « de valider l'innovation ». Cependant cette configuration n'était pas irrémédiable comme l'a prouvé une observation réalisée sur un pédiluve ne faisant pas partie de l'échantillon (plus récent) : l'aménagement du parc d'attente en entonnoir avec une haie de branchages similaire aux parcs de nuits traditionnels pouvait faire disparaître la difficulté. Cette adaptation, ce changement dans la manière de construire le parc d'attente est une innovation en soi de la part des utilisateurs, qui a pourtant découlé du non respect de la recommandation faite par les scientifiques et les agents du projet (le refus d'utiliser le grillage fourni par le projet). Le processus d'innovation se dévoile : il est tourbillonnaire, issu d'une destruction créatrice et il implique aussi les utilisateurs. En effet, il est le résultat de multiples adaptations (de négociations-traductions) non prévues initialement et qui ici ont inclus la trahison des négociations passées avec les utilisateurs.

PS : Une version préliminaire en français existe (Bouyer et al. 2011a).

La hiérarchie des contraintes (tiques versus TAA) sur un plan sanitaire et économique s'est avérée différente de leur importance relative dans la logique d'action, comme levier de décision. D'où l'importance de distinguer les notions de contrainte (définie par les scientifiques) et de problème (déterminé par les éleveurs) vis-à-vis duquel les éleveurs cherchent activement des solutions.

Le dispositif d'intéressement des actants doit pouvoir être modifié pour d'une part s'adapter aux capacités de mobilisation du réseau socio-techniques des différents groupes d'acteurs et d'autre part permettre l'adaptation de l'innovation par ses utilisateurs. Le fait que les bovins de race locale ont fait des actes de résistance pour ne pas passer dans le pédiluve montre que les actants non humains ont une relation propre avec la technologie qui s'exprime ici en relation avec la docilité « génétique » (selon la race) mais aussi en relation avec leurs propres apprentissages antérieurs réalisés avec du matériel métallique (stabulation ou usage antérieur du pédiluve). Les actants non humains ont in fine une capacité similaire à celle des actants humains de valider l'innovation. Ainsi la construction du parc d'attente selon des modalités différentes des recommandations est une innovation par les utilisateurs qui scelle l'enrôlement des acteurs non humains (les bovins de race locale) vis-à-vis du nouveau dispositif (le pédiluve). Le processus est ainsi envisagé dans un mouvement tourbillonnaire plutôt que linéaire.

Enfin, une démarche compréhensive, qui ne se limite pas à l'analyse fondée sur des variables, a permis de révéler un enjeu important qui n'avait pas été prévu : l'enjeu social du gérant du pédiluve pour la gestion collective des pédiluves.

# Restricted Application of Insecticides: A Promising Tsetse Control Technique, but What Do the Farmers Think of It?

Fanny Bouyer<sup>1</sup>, Seyni Hamadou<sup>2</sup>, Hassane Adakal<sup>1</sup>, Renaud Lancelot<sup>3</sup>, Frédéric Stachurski<sup>3</sup>, Adrien M. G. Belem<sup>4</sup>, Jérémy Bouyer<sup>1,3,5\*</sup>

**1** Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, **2** Direction de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire (DASA), Département Développement Rural, Ressources Naturelles et Environnement (DDRE), Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA), Ouagadougou, Burkina Faso, **3** UMR Contrôles des Maladies Animales et Émergentes, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Campus International de Baillarguet, Montpellier, France, **4** Institut du Développement Rural (IDR), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, **5** Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Laboratoire National d'Élevage et de Recherches Vétérinaires, Hann, Dakar, Sénégal

## Abstract

**Background:** Restricted application of insecticides to cattle is a cheap and safe farmer-based method to control tsetse. In Western Africa, it is applied using a footbath, mainly to control nagana and the tick *Amblyomma variegatum*. In Eastern and Southern Africa, it might help controlling the human disease, i.e., Rhodesian sleeping sickness as well. The efficiency of this new control method against ticks, tsetse and trypanosomoses has been demonstrated earlier. The invention, co-built by researchers and farmers ten years ago, became an innovation in Burkina Faso through its diffusion by two development projects.

**Methodology/Principal Findings:** In this research, we studied the process and level of adoption in 72 farmers inhabiting the peri-urban areas of Ouagadougou and Bobo-Dioulasso. Variables describing the livestock farming system, the implementation and perception of the method and the knowledge of the epidemiological system were used to discriminate three clusters of cattle farmers that were then compared using indicators of adoption. The first cluster corresponded to modern farmers who adopted the technique very well. The more traditional farmers were discriminated into two clusters, one of which showed a good adoption rate, whereas the second failed to adopt the method. The economic benefit and the farmers' knowledge of the epidemiological system appeared to have a low impact on the early adoption process whereas some modern practices, as well as social factors appeared critical. The quality of technical support provided to the farmers had also a great influence. Cattle farmers' innovation-risk appraisal was analyzed using Rogers' adoption criteria which highlighted individual variations in risk perceptions and benefits, as well as the prominent role of the socio-technical network of cattle farmers.

**Conclusions/Significance:** Results are discussed to highlight the factors that should be taken into consideration, to move discoveries from bench to field for an improved control of trypanosomoses vectors.

**Citation:** Bouyer F, Hamadou S, Adakal H, Lancelot R, Stachurski F, et al. (2011) Restricted Application of Insecticides: A Promising Tsetse Control Technique, but What Do the Farmers Think of It? PLoS Negl Trop Dis 5(8): e1276. doi:10.1371/journal.pntd.0001276

**Editor:** Joseph Mathu Ndung'u, Foundation for Innovative New Diagnostics (FIND), Switzerland

**Received:** March 23, 2011; **Accepted:** June 29, 2011; **Published:** August 9, 2011

**Copyright:** © 2011 Bouyer et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Funding:** This study was funded by project T6A1 (CIRAD) and project WE CARD Transfer of Technology (CIRDES). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

**Competing Interests:** The authors have declared that no competing interests exist.

\* E-mail: bouyer@cirad.fr

## Introduction

Tsetse flies (Diptera: Glossinidae) are the vectors of human and animal African trypanosomoses, the former a major neglected disease, and the latter considered among the greatest constraints to livestock production in sub-Saharan Africa. The integrated management of these diseases would require the combination of tsetse control with trypanocide treatments. In 2001, an African Union initiative called the Pan African Tsetse and Trypanosomosis Eradication Campaign (PATTEC) was launched following an historic decision by the African Heads of State and Government in Lome, Togo, July 2000 ([http://www.africa-union.org/Structure\\_of\\_the\\_Commission/depPattec.htm](http://www.africa-union.org/Structure_of_the_Commission/depPattec.htm)). Various national initiatives joined this campaign, including in Burkina Faso, where the Government has embarked on an ambitious tsetse eradication

campaign that targets the northern Mouhoun River Basin for its first phase (<http://www.pattec.bf/index1.php>). Considering the large areas infested by tsetse, this goal will however require the sustainable involvement of final beneficiaries, i.e. farmers. A number of efficient tsetse control tactics are available, but unfortunately none are widely used by farmer communities. The gap between solutions and research discoveries on the one hand, and changes in farming practices on the other hand is generally huge in the field of agriculture in Africa, and particularly so regarding the control of tsetse and African trypanosomoses [1]. Research-built solutions, i.e. «technological recipes» that may be very efficient in experimental conditions, are often not adopted by farmers: invention does not necessarily lead to innovation [2]. There is thus still room for innovation and a need to understand the factors favouring or hampering the innovation process. During the recent

### Author Summary

Restricted application of insecticides to cattle is a cheap and safe farmer-based method to control tsetse and the diseases they transmit, i.e. human and animal African trypanosomoses. The efficiency of this new control method has been demonstrated earlier but no data is available on its perception and adoption intensity by farmers. We studied these two features in Burkina Faso, where the method has diffused thanks to two development projects. The study allowed identifying three groups of farmers with various adoption intensities, of which one was modern and two traditional. The economic benefit and the farmers' knowledge of the epidemiological system appeared to have a low impact on the early adoption process whereas some modern practices, as well as social factors appeared critical. The quality of technical support provided to the farmers had also a great influence on the adoption rate. The study highlighted individual variations in risk perceptions and benefits, as well as the prominent role of the socio-technical network of cattle farmers. The results of the study are discussed to highlight the factors that should be taken into consideration, to move discoveries from bench to field for an improved control of trypanosomoses vectors.

years, two major inventions were proposed within the field of tsetse control: the use of mosquito netting impregnated with pyrethroids and placed around cattle or pig pens [3] and the restricted application of insecticides to cattle extremities [4–6]. While insecticide fences have recently contributed to the reduction of tsetse populations by 100% by a national program targeting Loos Islands in Guinea [7], restricted application of insecticides has been recognized as a cheap, safe and environment friend farmer-based method to control tsetse and trypanosomoses in general [4,8], and Rhodesian sleeping sickness in particular [9]. In Burkina Faso, this method is applied using footbaths that allow treating large herds within a short time and has been diffused by two development projects (see below).

### Tsetse and trypanosomoses in Burkina Faso

Human sleeping sickness has almost disappeared from Burkina Faso, thanks to the sterilization of the parasite reservoir through medical surveys during the colonization and just after the independence. The combination of environmental and predominantly demographic factors then allowed to keep this result by reducing tsetse distribution and abundance and the contact between human and tsetse [10]. Tsetse however remain present in a large part of the country [11], representing a permanent risk of re-emergence of the disease thanks the immigration of infected persons from endemic countries, particularly Ivory Coast, where social conflicts favors emigration especially towards Burkina Faso (non autochthonous cases are reported every year) [12]. Moreover, animal trypanosomoses (Nagana) represent heavy economic burdens for the farmers and the national economy. Livestock farming is actually the main or secondary occupation for 86% of the population in Burkina Faso. It generates 12% of the Gross Domestic Product (GDP) and 19% of the export income [13]. Moreover, animal traction is also widely used for crop cultivation of cotton and cereals which provide 40% of the GDP.

Nagana is identified by the farmers as the main health constraint to cattle farming in south-western Burkina Faso [14]. Its control is based on the use of curative or preventive trypanocides, leading to an increased risk of chemoresistance.

Farmers' knowledge of the vectors is poor, and tsetse control is considered by the population as a public good. Generally, a vector control technique that is not using individual animal treatments is not adopted by the farmers [15].

### History of footbaths in Burkina Faso

Originally, restricted application of insecticides using a footbath was designed to control *Amblyomma variegatum* (Acari: Ixodidae) at the International centre for livestock research and development in sub-humid areas (CIRDES), based at Bobo-Dioulasso in Burkina Faso. Actually, *Amblyomma variegatum* is the most harmful hard-tick species for ruminants, causing direct losses [16], transmitting *Ehrlichia ruminantium* - the causative agent of heartwater, and favoring the clinical expression of dermatophilosis caused by *Dermatophilus congolensis*. Farmers are aware of cattle losses caused by this tick. They use individual control methods such as manual removal (time consuming), insecticide spraying and pour-on application (both expensive). Because footbaths do not eliminate all the attached ticks, there is no risk to break the enzootic stability of cowdriosis.

Behavioral ecology studies have revealed that *A. variegatum* first attach to the inter-digital areas of cattle legs before reaching its preferred attachment sites – udder and lower part of the abdomen, and the perineal region, when cattle lie down to rest. This observation was at the origin of the use of restricted application of insecticides to cattle using a footbath [17,18].

Thereafter, footbaths also proved efficient against tsetse that present a tropism towards the distal parts of cattle legs [6,19]. For instance, repeated and restricted pyrethroid-based footbath treatments allowed reducing nagana incidence by 90% in a peri-urban area of Burkina Faso [19]. However, this method is based on strict technical recommendations, and it is a prophylactic and individual control method against ticks [17], and a collective one against tsetse flies. As a matter of fact, it is necessary to treat a large proportion of cattle in a given area to effectively reduce tsetse population [19–21].

To assess whether this method could be transferred to targeted farmers, two experimental footbaths were built in villages close to CIRDES, during a participatory approach with two groups of farmers called “action research” [22]. Transfer risks were mitigated, with financial and technical support provided to the farmers by the research center. A follow-up was implemented during 4 years, thus allowing the enhancement of the footbath by improving its design and accessories. The technical package resulting from interactions between scientists and farmers was published in papers targeting the farmers and presented in workshops to favor its diffusion [23,24]. At first, this innovation was exogenous, but it can then be considered rather of mixed nature [25].

This process was pursued by two local livestock development projects. Their main objective was to strengthen the technical and economical capacities of the groups of livestock keepers (GLK). Following the analysis of their needs, the implementation of animal health services based on acaricide/insecticide footbaths was identified as a relevant action for improving cattle productivity and the whole production systems through the strengthening of GLK capacities. The actions promoting the diffusion of footbaths included workshops with GLK-elected members, field visits, hosting of GLK meetings, and strengthening between-farmers communication. The socio-technical network was thus reinforced to facilitate the implementation of footbaths that would in turn strengthen the GLK by creating a new service to their members. Financial, technical, and organizational guidelines were provided,

including written specifications and training of the control committees (Bouyer F., pers. com.).

The development projects provided technical guidance and funding for the building of the footbaths which cost about euro 535 each (350.000 FCFA). The farmers paid 15% of this amount (collective or individual contributions) and provided labour, sand, water and local materials (wood) for the waiting pen. Each group of livestock keepers (GLK) created committees for maintenance and financial management of the footbaths that included two technical managers of the footbath trained at CIRDES and the treasurer of the GLK. In addition, a first liter of active ingredient (alpha-cypermethrin, Dominex, FMC, Philadelphia, USA) was provided and used for treatment at the recommended concentration (0,005%) [6]. The farmers then paid a treatment fee per head of cattle (5 to 10 FCFA i.e. euro 0.08 to 0.16) including the salary of the two managers of the footbath, the consumption of insecticide per head which was evaluated a posteriori using the treatment spreadsheets and a provision for depreciation of the footbath.

This study aimed at quantifying the footbaths adoption rates and factors in Burkina Faso to improve the future adoption of this new tsetse control method in the framework of the PATTEC initiative.

## Methods

### Study area and production systems

The study was carried out in Burkina Faso in the peri-urban areas of Ouagadougou (the capital city) and Bobo-Dioulasso (the second city), with a north sudanese climate for the former, and a south sudanese climate for the latter (700 and 1050 mm of mean annual rainfall respectively) [11]. *Amblyomma variegatum* was present in both areas [16].

Ouagadougou and Bobo-Dioulasso are located in the Kadiogo and Houet provinces respectively, where the cattle densities are 45 and 56 heads per square km. The human populations reach 543 and 78 inhabitants per square km respectively. The main ethnic groups are the Mossi in the area of Ouagadougou, and the Bwaba, Ko and Bobo in the area of Bobo-Dioulasso.

In the peri-urban area of Bobo-Dioulasso, trypanosomosis risk is considered as high, with a mean annual incidence of 76% in the absence of treatment [20]. On the contrary, the risk of nagana was almost null for the sedentary cattle farms of the peri-urban area of Ouagadougou, which could thus be considered as a negative control to measure the adoption rate of footbaths in the absence of tsetse. Actually, the latter disappeared in this area following a decrease of annual rainfall and degradation of their natural habitats [11].

Modern farms were mostly located in the peri-urban of Ouagadougou, in relation to lower health constraints and the proximity of a bigger market. Exotic cattle breeds were used in the farms belonging to the local dairy farmer association (Association des Promoteurs de Lait Local, APLL). Brazilian, European, and crossbred cattle with local zebus were found in these farms. Forage production or distribution was frequent, together with modern housing and farming facilities. Most of the interviewed farmers were Mossi in Ouagadougou (73%) but one was Fulani, one Gourmantché and one Songhaï. The mean herd size was 71 (s.d. 80).

In contrast, this production system was almost absent in the peri-urban area of Bobo-Dioulasso (<1%). Transhumant farmers using local zebus and few inputs were the most common (92%) [26]. Some farmers had however entered into an intensification strategy.

Most of the interviewed farmers were Fulani in Bobo Dioulasso (84%) but 13% were Bobo and one was Dioula and one Mossi. The mean herd size was 64 (s.d. 42).

### Field surveys

The survey was carried out in 2008 at the end of the dry season and the beginning of the rainy season. Only the footbaths built before 2007 were enrolled in the sample, since it was not appropriate to assess the adoption within the first year of installation. Footbaths that were not built or used to control vectors were also excluded. All footbaths were identified and georeferenced (Fig. 1). Potential users of a footbath were defined as:

- (1) the members of a GLK in which a footbath was built, and whose night cattle pens were located <2 km from the footbath,
- (2) Other farmers that used a footbath but were not GLK members,
- (3) In the case of individual footbaths, the owner only was involved in the survey.

All the members of the beneficiary GLK and approximately half of the non members were surveyed, totalizing 22 footbaths and 72 farmers.

Three kinds of questionnaires were used: one on “community life”, one on “technical and financial management of the footbath”, and one describing the farmer.

The “community life” questionnaire involved the elected people from each GLK where at least one individual or collective footbath was implemented. The questions asked were about the process of footbath implementation, the GLK organizational skills (kind of activities lead) and their vector control strategy (collective or not). A list of members was established and the footbaths and night pens located within 2 km around were georeferenced. The night pens of the debriefed non members were also georeferenced.

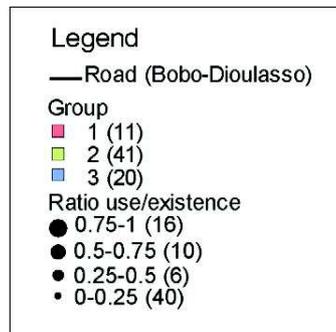
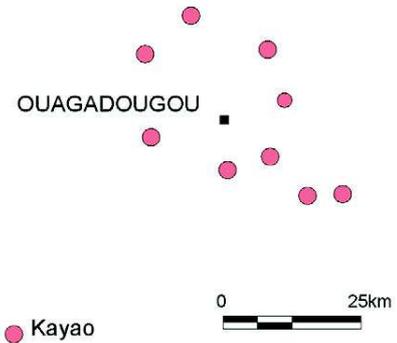
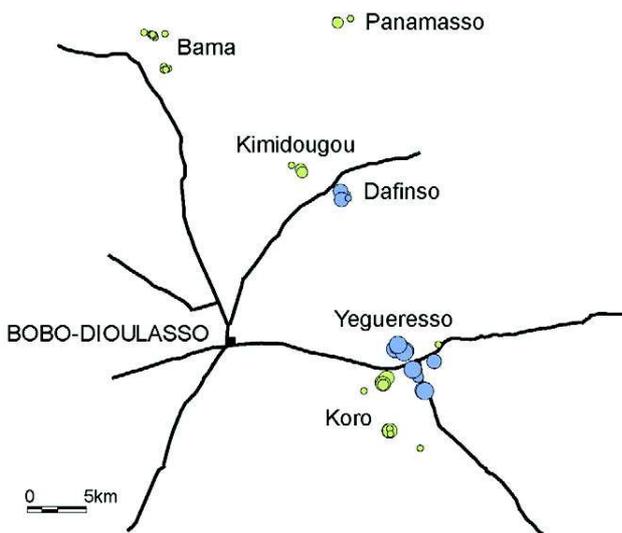
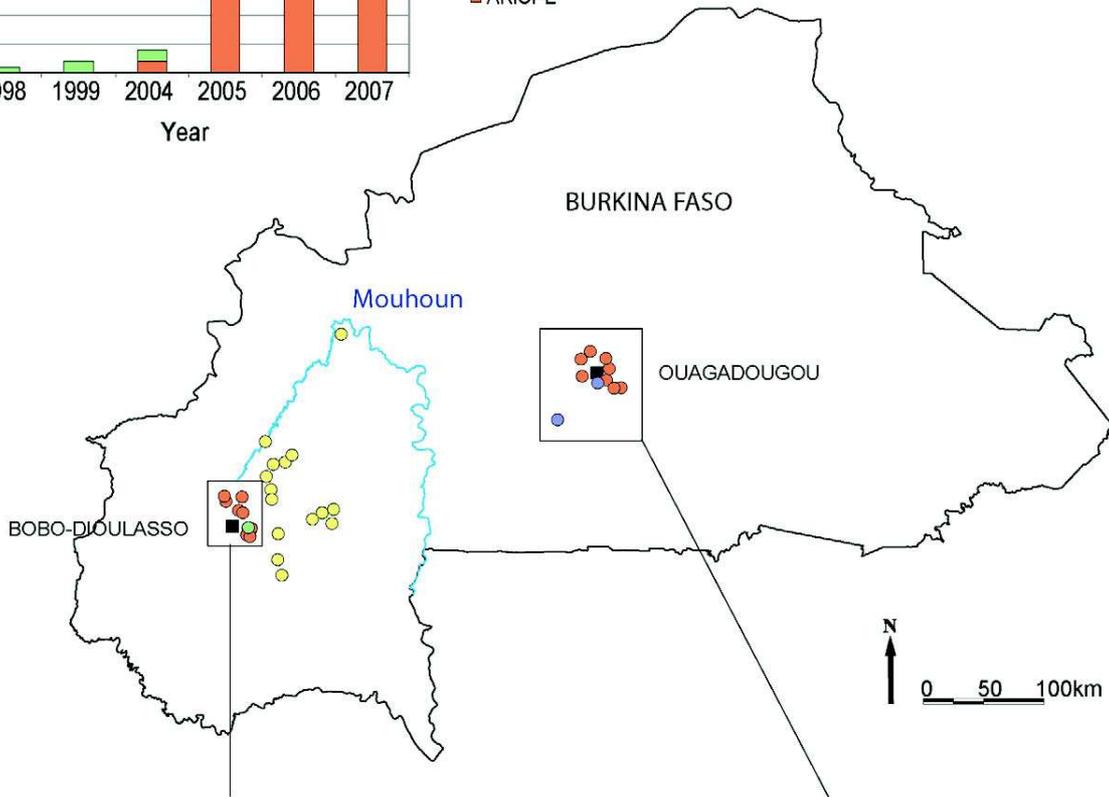
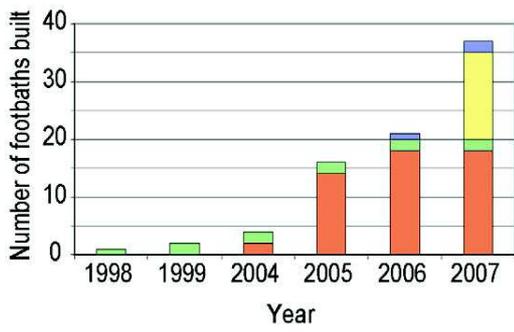
The “technical and financial management of the footbath” questionnaire was filled with at least one manager of the footbath or two elected people of the GLK for collective footbaths, and the owner for individual footbaths. Questions addressed the technical and financial management practices of the footbath. Footbath use was measured for the previous rainy season of use: number of herds and cattle treated, treatment frequency and annual duration of use. Quantitative data were retrieved from the footbath management documents (treatment spreadsheets).

The “farmer” questionnaire was filled during an individual interview with the person responsible for the herd (10% were herders and 90% the cattle owners). It included a farm typology, farmer’s perception and knowledge of ticks, tsetse, and vector control strategies. Farmer’s use and perception of the footbath, and quantitative data were also recorded: herd size, transhumance dates, and veterinary costs (for ticks and nagana control).

Farmers’ knowledge of the epidemiological system was characterized with 11 qualitative variables describing the diagnosis of ticks and tsetse, the appraisal of their pathogenicity and vectorial importance, and the general knowledge of vectors (number of known vector species). These questions were derived from rapid African Animal Trypanosomosis (AAT) risk appraisal methods [27]. Dry-mounted insects and ticks (domestic flies, tsetse, tabanids, stomoxes, ticks *Amblyomma variegatum*, *Hyalomma sp.*, *Boophilus sp.*) were presented to the farmers in Petri dishes to evaluate their diagnosis skills.

### Statistical analyses

Variables with no or little variation were discarded from the statistical analysis, together with unreliable or incomplete data.



**Figure 1. Location of the footbaths in Burkina Faso.** At the top, footbaths are described according to the origin of their implementation: built by the Centre International de Recherche sur l'Élevage en zone Sub-humide (CIRDES) for research purposes, funded by the Projet d'Appui au renforcement institutionnel des organisations professionnelles d'éleveurs modernes (ARIOPE development project), funded by the Projet d'Appui à l'Élevage dans l'Ouest du Burkina (PAEOB development project), or built using personal funding. At the bottom, herds are located by their night pens, colored according to the farmer group, and sized according to the ratio of the duration of individual use on the duration of the footbath existence. doi:10.1371/journal.pntd.0001276.g001

Thus, 21 variables describing cattle farming practices and farmers' perceptions of footbaths (Table 1), and 11 variables describing farmers' knowledge of ticks and tsetse were kept for subsequent steps. These two sets of variables are thereafter called "cattle practices" and "knowledge of the epidemiological system".

Multiple correspondence analysis (MCA) and hierarchic ascending classification (HAC) were used to explore these two sets of variables. MCA allowed highlighting correlations between variables, associations between variables and statistical units (farmers). HAC was used to build clusters of similar farms according to the variables [28]. MCA is an extension of correspondence analysis allowing analyzing the pattern of relationships of several categorical variables. As such, it can also be seen as a generalization of principal component analysis (PCA), when the variables to be analyzed are categorical instead of quantitative. Quantitative variables have first been coded into categories on the basis of quartiles of their empirical distribution. All the variables were then split into categories, and a principal component analysis was used to compute projection axes (factorial axes), constrained to be orthogonal in pairs, the first axis explaining the highest possible variance, and subsequent axes having the same constraint on the residual variance. Only the factorial axes explaining a large proportion of the overall variance were selected to describe the data. Initial variables and statistical units (farms) were then projected into this new set of axes. HAC was used to identify clusters of farms

sharing similar factorial coordinates. Ward's criterion was used to aggregate the farms into clusters, thus minimizing within-cluster variance, and maximizing between-cluster variance. A dendrogram of the resulting hierarchy was used to discriminate farms into classes. For this purpose an empirical trade-off was found between the amount of variance explained by the partition, and a minimum number of classes, according to the parsimony principle. The ten most contributive variables to the overall variance were used to describe the groups of farmers. In each cluster, category frequencies for each variable were compared to their frequency in the whole sample using test values [28,29].

To describe the adoption of footbaths, 7 quantitative variables were used as indicators:

- the individual use of the footbath, corresponding to the number of rainy seasons (RS) during which the farmer used the footbath,
- the ratio between the length of individual use and the number of years of existence of the footbath,
- the ratio between the number of user herds and potential ones,
- the ratio between the number of treated cattle and potential ones,
- the frequency of treatment during the month of June of the last year of use,

**Table 1.** Variables describing practices and perceptions of the farmers.

| Category                             | Variables   | Modalities   |
|--------------------------------------|---|--|
| <b>Implementation of the service</b> | kind of waiting pen*                                | absence/stalling/round with wire netting/intermediate (funnel shaped with wire netting)            |
|                                      | kind of technical support to the implementation*    | Absence/technician/research project  |
|                                      | payment problems*                                   | yes/no   |
|                                      | distance between footbath and night pen             | ≤209 m/210–427 m/428–1,188 m/>1,188 m  |
|                                      | technical difficulties                              | yes/no   |
|                                      | Manager skills                                      | Literate/illiterate, illiterate but helped by a literate person                                    |
|                                      | treatment problems                                  | yes/no   |
|                                      | absence of water training sessions before treatment | yes/no   |
| <b>Typology of the farming unit</b>  | cattle breed*                                       | cross-bred zebu, cross-bred exotic, pure exotic, Fulani zebu                                       |
|                                      | use of a metallic pen*                              | yes/no   |
|                                      | instruction level*                                  | elementary school, secondary school, traditional   |
|                                      | number of individual facilities*                    | ≤1, 2–3, 3   |
|                                      | type of activities lead by the GLK*                 | none, without financial management, with financial management                                      |
|                                      | importance of ticks as a constraint                 | first constraint, second constraint, third constraint, not cited among the three first constraints |
|                                      | farmland ownership                                  | yes/no   |
|                                      | number of collective facilities                     | 0, 1, >1   |
|                                      | ratio of resident cattle                            | ≤0.1/0.1–1/1   |
| presence of herds during May         | yes/no  |  |
| <b>Farmer perceptions</b>            | efficiency of footbath against ticks*               | absence, good, partial   |
|                                      | ease of use of the footbath*                        | constraining, easy   |

The ten most contributive variables to the overall variance are marked with \*. doi:10.1371/journal.pntd.0001276.t001

- the number of months of use per year,
- the total number of cattle crossing the footbath (number of heads \* number of treatments) during the last year of use.

These quantitative variables were submitted to a PCA. The clusters of farmers characterized by their practices were projected on the first plane of the PCA to compare their adoption intensity. The adoption indicators were then compared between clusters previously identified from their breeding practices using a Kruskal-Wallis rank sum test [30]. When the overall effect was significant, bivariate comparisons were done using a multiple comparisons Steel test [31].

All the statistical analyses were achieved using the R software package [32]. MCA and PCA were done with the ade4 package of R functions [33].

### Ethics statement

All farmers provided informed consent before filling the forms. The consents were oral to ensure equal treatment of the subjects, since a large part of the farmers were illiterate (72%). The use of oral consent was approved by the ethics committee of CIRDES and was documented as the first question of all the forms used in this study, after presentation of its goals.

### Results

#### Contribution of the descriptive variables to the overall variance

Among the variables describing the practices and perceptions of the farmers, the ten most contributive to the overall variance were the type of waiting pen, the technical support, the cattle breed, the use of a metallic pen, the payment problems, the observed efficiency against ticks, the type of instruction of the farmer, the number of individual facilities, the kind of activities carried on by the GLK and the easiness of use of the method (individual perception). Their modalities were

well discriminated by the first plane of the MCA (Fig. 2), and their frequencies were different between groups (Fig. 3), in particular for the type of waiting pen, the technical support, and the cattle breeds.

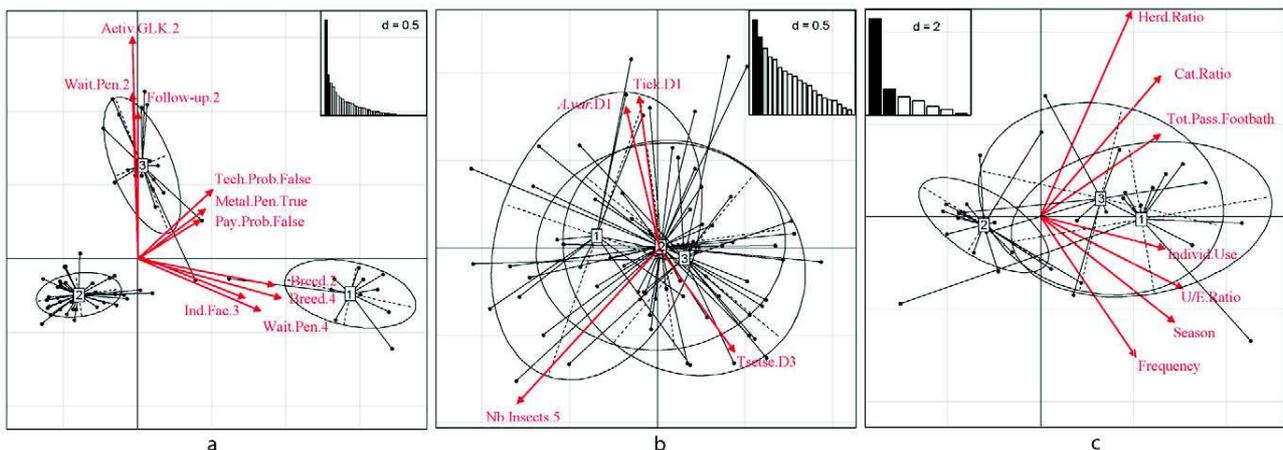
#### Correlations between descriptive variables

The use of a stalling as a waiting pen, characterizing the modern farmers, was the most contributive category to the first axis of the MCA. It was highly correlated with a high level of instruction (high school and more), to the use of improved breeds (pure European breeds and cross-bred with European breeds), to a low distance between the footbath and the night pen, as well as a technical support by a technician, the absence of collective facilities, numerous individual facilities (more than 3 categories), ticks as an important constraint (third constraint to cattle breeding in general) and a partial observed effect of the footbath against ticks ( $p < 0.05$ , Fig. 2). The use of a metallic pen (waiting pen or stalling) was associated to an absence of difficulty for the cattle to cross the footbath and to an absence of payment problems ( $p < 0.05$ , Fig. 3), as well as a positive assessment of the easiness of use of the method.

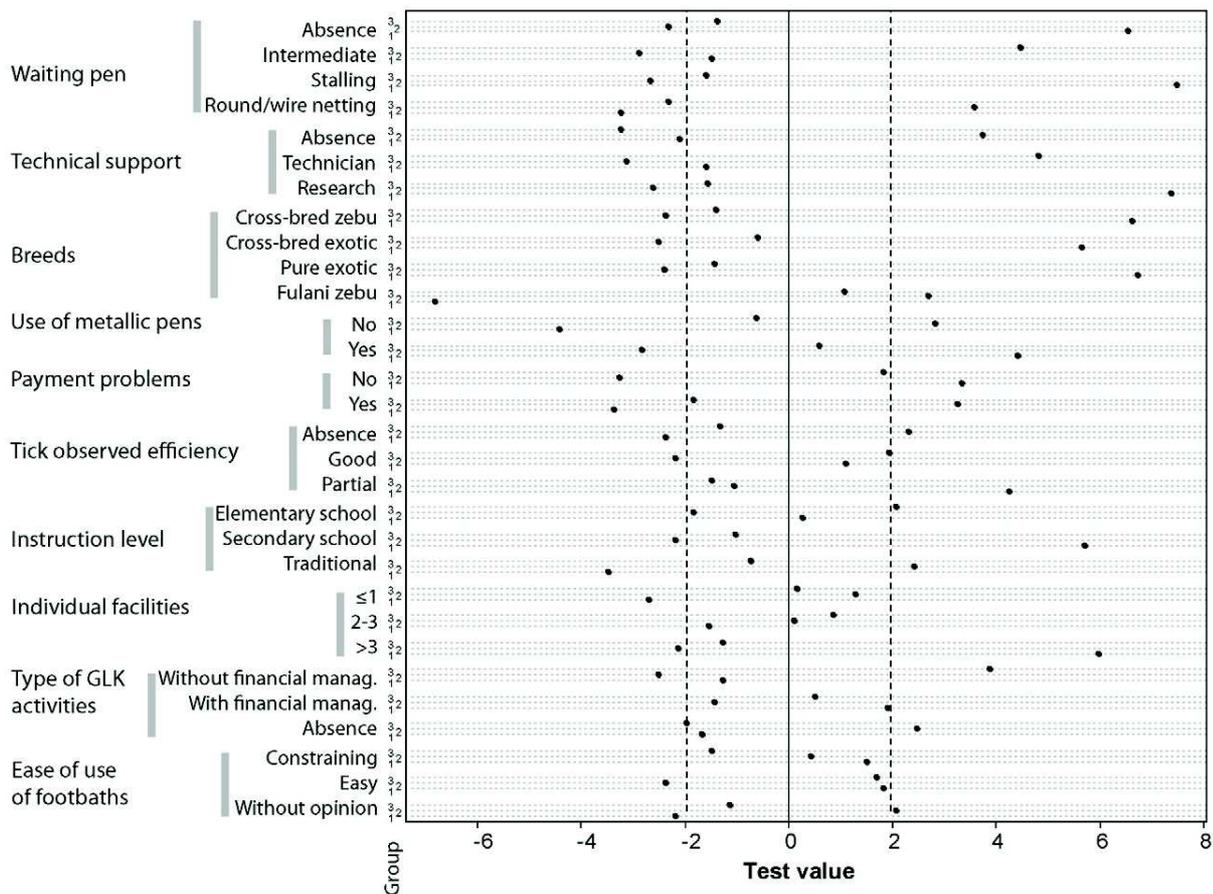
The absence of financial activities in the GLK was the most important modality on the second axis. It was correlated with the use of intermediate waiting pens (funnel shaped with wire netting), and with a technical support by a research project, as well as with a large distance between the footbath and the night pen (3<sup>rd</sup> quartile, from 787 to 1,188 m) ( $p < 0.05$ , Fig. 2).

#### Description of the breeding systems in the farmers groups

The three groups were well discriminated by the first factorial plane of the MCA (Fig. 2). Group 1 was discriminated from the two others by the first axis; the second axis discriminating group 3 from the two others. Projections of farmers belonging to a GLK were generally close to each other on this factorial plane, since



**Figure 2. Characterization of the three clusters of farmers using multivariate analyses.** From the left to the right, projections of the three groups of farmers discriminated by the ascendant hierarchical classification on the first planes of (a) the MCA applied to the breeding practices and perceptions of the farmers, (b) the MCA applied to the knowledge variables, and (c) the PCA applied to the adoption indicators respectively. The most important modalities are represented by red arrows: Axtiv.GLK.2, absence of financial activity in the GLK, Wait.Pen.2, use of an intermediate waiting pen; Follow.up.2, technical support provided by a research project; Tech.Probs.Fales, absence of technical difficulties; Metal.Pen.True, use of a metallic pen; Pay.Prob.False, absence of payment problems; Breed.2, cross-bred with European breeds; Breed.4, pure European breeds; Ind.Fac.3, more than three individual facilities; Wait.Pen.4, stalling; Tick.D1, ticks not identified as dangerous; A.var.D1, *A. variegatum* not differentiated from other tick species; Tsetse.D3, tsetse diagnosed and vectorial role known; Nb.Insects.5, number of insect categories considered as dangerous; Herd.Ratio, ratio of the number of treated herds on those having access to the footbath; Cat.Ratio: ratio of the number of treated cattle on those having access to the footbath; Tot.Pass.Footbath, total number of cattle passed through the footbath during one rainy season; Individ.Use, number of years of individual use; U/E.Ratio, ration of the time (years) of individual use on the time of existence of the footbath; Season, duration (months) of the treatment period during the last year of use; Frequency, frequency of use during the last rainy season (June).  
doi:10.1371/journal.pntd.0001276.g002



**Figure 3. Test values per modality of the main variables describing farmers groups.** The central black line corresponds to the median frequency of the modality in the population and the dotted lines to its 95% confidence interval.  
doi:10.1371/journal.pntd.0001276.g003

some descriptive variables were measured at the scale of the GLK. However, such closeness was not systematic. For example, two farmers of the Yegueresso GLK belonged to a group different from other members (Fig. 4).

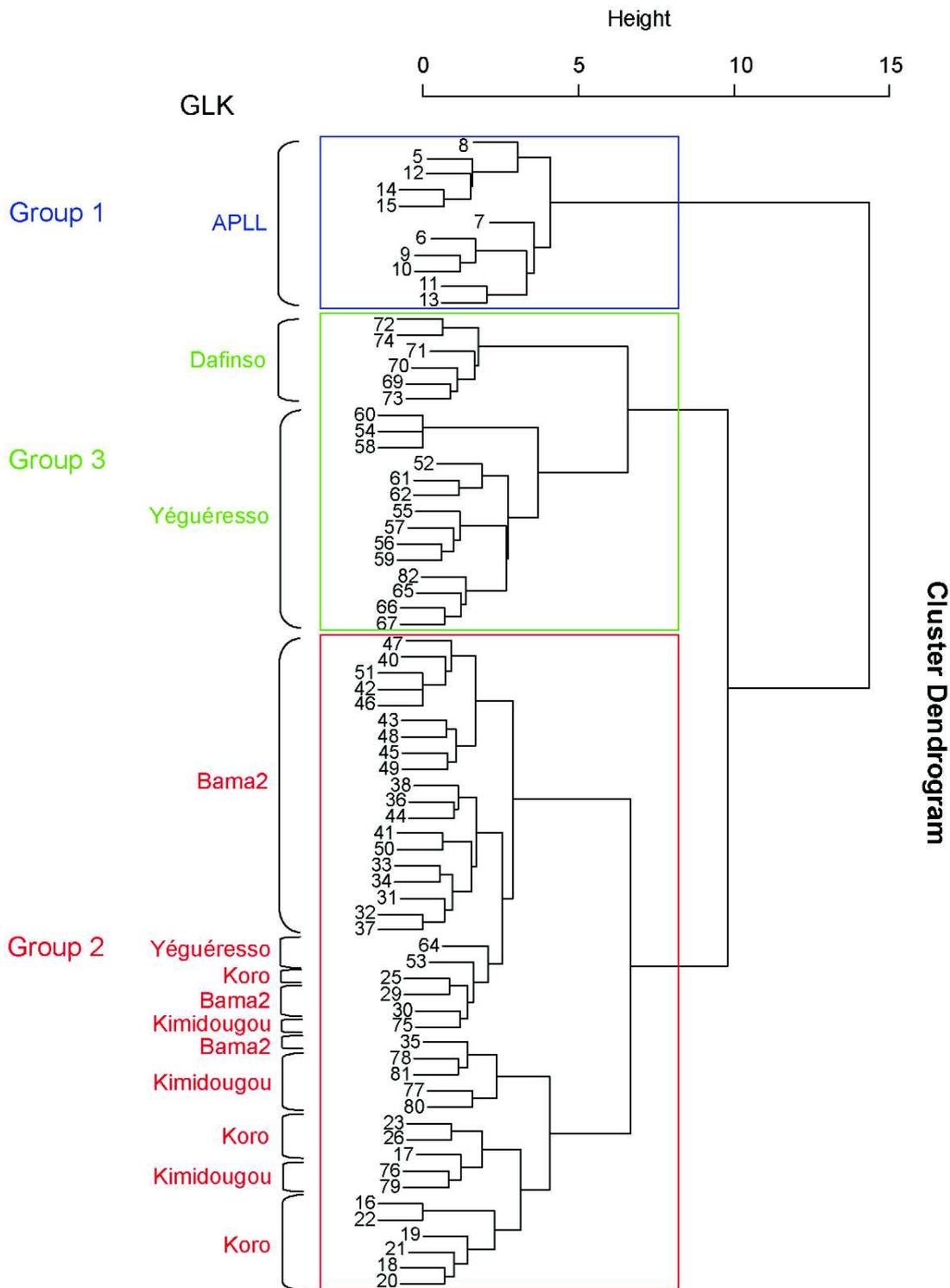
The first group included 11 farms corresponding to the ten Ouagadougou farmers (one of them owning two farms). The second group included all the surveyed farmers ( $n = 41$ ) of 3 GLK (Koro, Bama 2 and Kimidougou) plus two Yegueresso farmers. The last group included most Yegueresso farmers, and those of Dafinso (Fig. 4).

Group 1 (Ouagadougou farmers) was associated with item modalities corresponding to modern cattle breeding systems, i.e. stalling as a waiting pen (91%), and sedentary cattle (grazing area close to the stalling, during the rainy season only). They mostly (82%) benefited from a technical follow up by one of the farmers belonging to the same GLK (who was also a consultant in livestock farming). Local Fulani zebus were found in a single farm (9%), whereas the most frequent cattle type was zebu cross-bred with European breeds (45%). Pure European breeds, and some exotic zebu breeds (Goudhali, Azawak, etc.), were also observed. All the farmers belonging to group 1 used a metallic pen (stalling or vaccination corridor). Payment problems did not occur since the footbaths were used individually. A large majority (73%) of the farmers had a high level of instruction (at least secondary school level). The farmers owned at least 3 categories of individual facilities. On the other hand, collective facilities were scarce (18%).

The GLKs lead activities involving financial management. A majority of the farmers (55%) observed a good efficiency of the footbath, whereas one third reported a partial efficiency, and 9% did not observe any impact. A large majority of the farmers (73%) found the footbath convenient and easy to apply. In all the farms, the footbath-night pen distance was  $< 209$  m, conversely to groups 2 and 3. Indeed, the stalling was used as a waiting pen, and footbath was built at its exit. Only one third (27%) experienced technical difficulties. This group was not subjected to any nagana risk and could thus not appreciate the impact of footbaths on tsetse.

Groups 2 and 3 were traditional farmers of the peri-urban area of Bobo-Dioulasso belonging to the UEPL cooperative (Houët dairy farmers union).

Group 2 was the largest cluster of farmers ( $n = 41$ ). All the footbaths had a round waiting pen with wire netting. No technical follow up of the service implementation was provided (after the initial technical training of the elected GLK members achieved at CIRDES). Herds were made of local Fulani zebu (with some cross-breeding with trypanotolerant cattle). A single farmer used a metallic pen (vaccination pen). Up to 98% of the farmers experienced payment problems. Farmers' education was mostly traditional (93%). Most group-2 farmers (70%) owned very few individual facilities (1 at the most), but collective facilities were frequent (80%). Most of them (78%) were unable to judge the ease of use of the footbath because they hardly used it, if ever. Many of



**Figure 4. Cluster dendrogram of the farmers.** The farmers were discriminated in three groups using a hierarchical cluster analysis after a MCA applied to of their practices and perceptions (Ward's method). doi:10.1371/journal.pntd.0001276.g004

the GLK had no other activity than representation (54%). Others had activities involving financial management (46%). 83% of the farmers did not observe any effect of the treatment on ticks, in relation with the low footbath usage in this group. Only 13% of

the group-2 farmers reported a good efficiency against ticks, whereas 5% observed a partial effect. Few night pens were located close to the footbaths (10%), whereas 34% were located 209 to 427 m from it, and 44% even further (>1,188 m). All the farmers

reported technical difficulties. Only 5% this group observed a reduction of nagana risk thanks to the use of footbaths.

Group 3 included 20 farmers owning mainly intermediate waiting pens (75%) whereas only 25% were round pens with wire netting. This group mostly benefited from a follow-up survey implemented by the research team (95%). Indeed, the two footbaths implemented by the CIRDES belonged to the Yegueresso GLK which was well represented in this group. Moreover, the CIRDES used the Dafinso GLK to measure the efficiency of the method against tsetse during one year. Lack of technical follow up after footbath installation only concerned 5% of the group. The main breed was the local Fulani zebu (95%), whereas very few cross-bred cattle with European breeds were observed. One third of the farmers used a metallic pen, and one third experienced payment problems. They were mostly traditionally educated (60%), but 35% went up to the elementary school level. Like group-2 farmers, they owned very few individual facilities (1 at the most for 60% of them), but 90% of them used collective facilities. Sixty-five p. cent of the farmers found the footbath easy to use. The majority (70%) of them belonged to a GLK providing financial management. Most group-3 farmers have mostly (65%) observed a good efficiency of the footbath against ticks whereas 35% did not observe any effect of the treatment. Few night pens (15%) were close to the footbaths. The majority of these night pens (55%) were located between 787 and 1188 m from the footbath. Technical difficulties were very frequent (70%). Only 15% of this group observed a reduction of nagana risk thanks to the use of footbaths, and 5% considered that it stopped nagana transmission.

### Epidemiological knowledge in the three groups

The three groups showed a similar knowledge of the epidemiological system, as demonstrated by their important overlapping on the first plane of the CMA applied to the knowledge variables (Fig. 2b). Groups 2 and 3 harboured a nearly complete overlapping which showed that the two groups of traditional herders mostly shared the same knowledge whereas group 1 did not overlap completely.

The  $\chi^2$ -tests applied to 6 representative variables mainly confirmed this result (see figure S1). However, some minor trends were observed: group 3 that benefited from technical support by the research team better knew the pathogenic impact but were not able to recognize tsetse species more than group 2. Diagnostic mistakes for tsetse were however the most frequent in group-1 farmers (Ouagadougou) who live in an area where tsetse flies were absent.

### Adoption intensity in the 3 farmer groups

Projection of farmer groups on the first factorial plane of the PCA applied to the adoption indicators (Fig. 2c) showed that group-2 farmers were well discriminated with respect from the other groups. Group-1 and -2 farmers overlapped mostly on the first axis of the plane (56% of the global inertia). Group-2 farmers did not adopt the footbath, whereas the two others showed better and similar adoption levels, though they represented different cattle farming and footbath management systems: individual management in group-1 farmers, versus collective management in group-3 farmers.

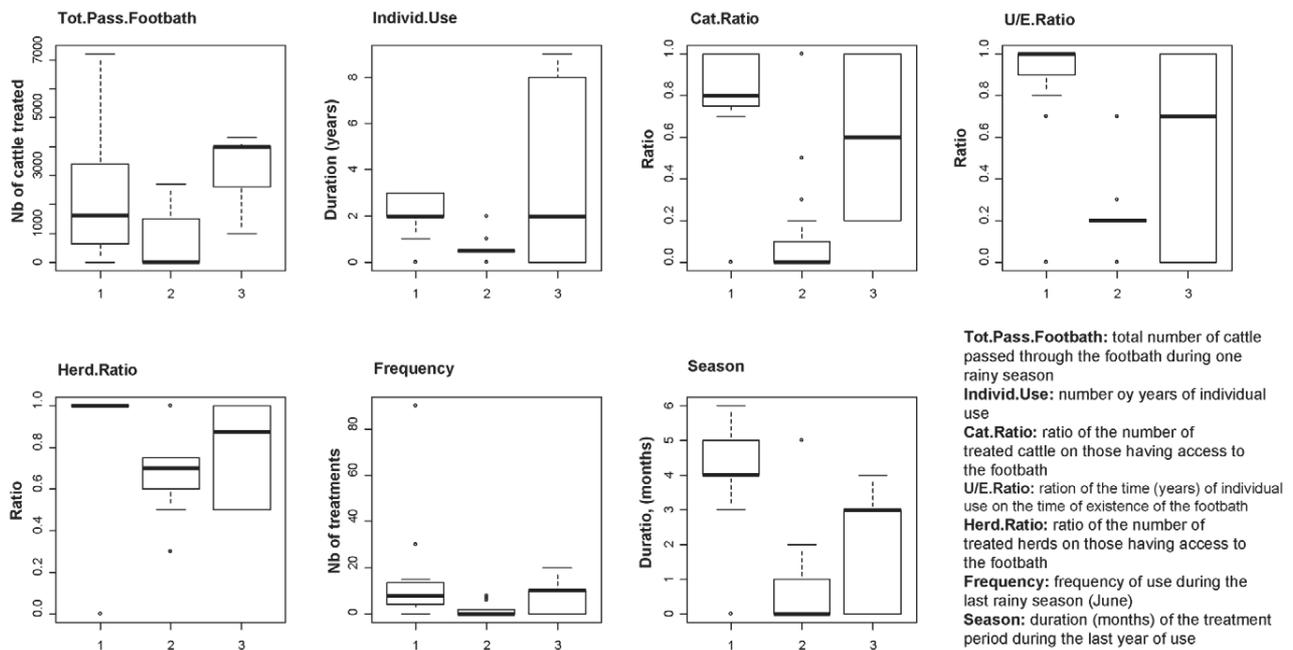
All the adoption indicators were defined so that they should increase with the intensity of adoption. Adoption patterns were different according to each indicator (Fig. 5), confirming that they represented different features of adoption. This was confirmed by the absence of correlation between these variables ( $p > 0.05$ ; Fig. 3).

In group-2 farmers, values taken by the indicators were always low, and lower than in the two others farmer groups ( $p < 0.05$ ). Medians were equal to zero for (i) the total number of cattle treated with the footbath, (ii) the ratio between treated cattle and potential users, (iii) the monthly frequency of treatment, and (iv) the duration of annual use. The median of the duration of individual use was only 0.5 rainy season (RS), corresponding to occasional tests during the first year of use (i.e. less than one complete season). The median of the total number of treatments was 0.5 but the third quartile at 1,500 revealed a strong variability. The ratio between the duration of use and the duration of existence of the footbath was also low in this group (median at 0.2 against 0.7 ( $p = 0.03$ ) and 1 ( $p < 0.001$ ) in groups 3 and 1 respectively). The adoption rate was thus very low in this group.

The median of the total number of treatments per footbath during the last rainy season of use was highest in group 3 (4,000) but the highest maximum ( $> 7,000$ ) was observed in group 1, whose variability was higher. The difference between the mean values (3,494 and 2,377 treatments in groups 3 and 1 respectively) was not significant ( $p = 0.07$ ). The number of cattle having potential access to the footbath was however higher in group-3 farmers (collective use). Duration medians of individual use (number of RS) were identical in these groups (two years,  $p = 0.83$ ) but the variability was much higher in group-3 farmers, with the highest maximum (nine years) corresponding to the first footbaths built by the research team. The ratio between the duration of individual use and the existence of the footbath was highest in group-1 farmers (median of 1, first quartile close to 0.90 and mean value of 0.86). Group-3 farmers harbored lower values (median of 0.70, mean value of 0.53,  $p = 0.04$ ), intermediate between the two others groups. Concerning the ratio between the treated cattle and the potential users, mean values were similar between the groups (0.80 and 0.60 in group-1 and group-3 farmers respectively,  $p = 0.45$ ), but more variable in group-3 farmers. At the herd level, this ratio was 1 for all farmers but one in group 1, which reflected the individual-use feature. In group-3 farmers, median was also high (0.90) and not significantly different at the herd level ( $p = 0.067$ ), although more variable. Monthly frequencies of treatments were also similar in group-1 and -3 farmers, with medians corresponding to the technical recommendations (10 and 12 respectively). However, we observed two ectopic values (30 and 90) in group-1 farmers, corresponding to three treatments per day! Mean frequencies were similar between farmer groups (17 and 18 for group-1 and -3 respectively,  $p = 0.99$ ). Finally, the duration of use during each rainy season was lower in group-3 than group-1 farmers (mean value of 2.2 and 3 months respectively,  $p = 0.002$ ), corresponding to transhumant practices.

### Geographical location of the farmers

In Bobo-Dioulasso, the ratio between the duration of individual use and the existence of each footbath (U/E) was projected on the map (Fig. 1). The herders of the Yegueresso and Dafinso GLKs appeared well discriminated in space and regarding this ratio. This reflected their collaboration with CIRDES: the two first experimental footbaths were built in Borodougou and Tondogosso, belonging to the Yegueresso GLK, where a 4-year technical follow up was implemented to assess their efficiency against *A. variegatum*. In 2007, the highest number of new footbaths (4) was built in this GLK. Similarly, Dafinso was the place where the efficiency of footbaths against tsetse was demonstrated, during the rainy season 2007. In addition, group-3 farmers were generally located closer to Bobo-Dioulasso than the others, and along the main roads.



**Figure 5. Distributions of the adoption indicators within farmers groups.** Boxes and whisker plots presenting the simplified distributions (quartiles, median, 95% intervals) of the adoption indicators in the 3 farmers groups (x axis). doi:10.1371/journal.pntd.0001276.g005

## Discussion

### Practices, knowledge and adoption

Rural knowledge and cultural conceptions are considered to be crucial to explain farmer practices and their evolution. In our study however, we did not observe significant differences concerning the epidemiological knowledge of the 3 groups. Practical knowledge (e.g., accurate diagnostic of insect species) was similar in modern and traditional farmers, even if concept formulations were different. However, instruction level was among the ten more discriminating variables between farmer groups. Indeed, the highest instruction level (provided by the school) corresponded to farmers being more sensitive to scientific concepts of modern cattle farming. This variable was also partly linked to the cattle farming system because farmers with a second professional activity could more easily fund innovations and take more economic risks for their cattle farming activity. Moreover, people living far from urban centers and communication ways belonged to different socio-technical networks and more traditional social systems in which school frequentation was lower, for instance. Indeed, if a research center has to choose between two equivalent study areas, the closest and most accessible will often be selected. Therefore, elected people and the members living close to the main town had more socio-technical exchanges with various partners. As evidence, four footbaths were implemented in the Ygueresso GLK where the first footbaths were built, and the UEPL president used to live.

The two perception items belonging to the ten most important variables were (i) the farmers' perception of the footbath efficiency against ticks (generally considered as their first motivation to use insecticide treatment of cattle [34]), and (ii) the farmers' perception of the easiness of use of the method. Unfortunately, these perception features are not known in advance, and cannot be used to select potential beneficiaries having greater chances to adopt the method in the future. It is clear from this study that the

impact of footbath against tsetse and trypanosomoses was not their first motivation for adoption of the technique, since the control group, located in an area without tsetse, harbored a good adoption rate. Even in the tsetse area, the treatments with footbath were limited to the rainy season, i.e. the period of infestation of cattle by the tick *A. variegatum*. It must be noted however, that treating cattle during the rainy season is enough to prevent trypanosomoses throughout the year in this area [20]. The high rates of dissatisfaction with the footbath against ticks are probably related to two main causes. First, the footbath treatment is not designed to kill the ticks that are already attached to their predilection sites but to prevent new infestations, which gives a negative perception of its efficiency. Second, group 2 did not use the footbaths enough to appreciate its efficiency (median frequency of use of 0) whereas half of the farmers of groups 1 and 3 did not apply the recommended treatment frequencies (medians corresponding to the recommendations) which is upon the rates of dissatisfaction. The efficiency of this technique against *A. variegatum* was confirmed when the appropriate treatment frequency is applied [17] and we did not observe any resistance of ticks against pyrethroids in our study area despite several resistance trials conducted at CIRDES (Adakal, pers. com.).

The practical modalities of footbath implementation, described by the type of waiting pen, the technical support, the distance between footbaths and night pens, and the financial and technical difficulties, appeared preponderant to explain footbath adoption rate in this study. These criteria characterized the difficulty (or conversely the ease) of use of the method [35]. Decreasing the technical constraints related to footbath treatment has always been of a concern since its invention, for example by recommending the respect of a low distance between footbaths and night pens [17]. The technical support provided to the traditional farmers appeared insufficient for those not involved in research projects, i.e., most of them. In addition to a technical support, a regressive financial support was also brought to those involved in these

projects, decreasing the risk undertaken by the herders. Another important element that did not appear in the study is the fact that the two footbaths implemented within research projects were each managed by a single family. Members of the dairy-farmer union (APLL) not only owned more individual facilities, but also benefited from a better support by a technician. Their footbaths were all managed individually, thus eliminating issues related to collective management practices.

The collective management of such innovation may also raise difficulties related to its public-good nature. Indeed, in the context of cattle farming in Burkina Faso [15], as well as in most Sub-Saharan African countries [34], farmers show a clear preference for individual control methods and the borrowing of individual facilities. The change from an individual to a collective mode of management represented an important social change, and a difficult step to overcome. In this situation, restricted application of insecticides using hand spraying might be a better alternative, even if more time consuming [4].

The nature of the waiting pens was very different between the three groups and had an important impact. The most favorable layout was the use of the stalling as a waiting pen, as observed in group-1 farmers. Conversely, all group-2 farmers owned round waiting pens surrounded with wire. They experienced a lot of technical difficulties, especially to make the cattle walk through the footbath, which sometimes was even impossible because cattle did not perceive well the way to follow. The traditional night pens made of branches appeared more suitable, because they were more familiar to cattle.

The analysis of the financial problems met for footbath management was difficult in this study because they were either a cause or consequence of a lack of adoption. Actually, the financial management of a collective good was a problem. It was also an aspect of the implementation modalities for which farmers had to be trained. When farmers refused to pay the service because they didn't want to adopt the method for some reason, payment difficulties then became an indicator of adoption. The relative importance of these two phenomena was difficult to assess in this study.

The cattle farming system (described by the cattle breeds, the use of a metallic pen, the number of individual facilities and the type of activities lead by the GLK) appeared very important here and could have been used to predict the adoption level. The kind of activities lead by the GLK indicated its management type, the level of strengthening of the farmers' capacities and the dynamism of the production system. While the APPL was able to find internal resources to provide a technical follow up for footbaths implementation, it was not possible for the UEPL. In the latter case, without an external follow up (as provided by research projects), difficulties were sometimes impossible to overcome. Economical aspects could not explain the lack of adoption of the method because in all the villages where adoption failed, the number of footbath treatments was <4,000, i.e., below the insecticide stock provided by the project. But, as stated by Alary (2006) in another context, "the structural factors and the economic logic cannot explain all the adoption process. The social or even moral supports, provided by the development agents and the researchers, have played their role too." In some GLKs, sociological blocking has occurred, corresponding to situations outlined by Alary (2006): "the mistrust between producers prevents intra-community changes in the absence of interference of external agents." That is why communication and debates within the farmer groups and socio-technical network are very important to explain the advantages of the proposed innovation process [36].

Concerning cattle breeds, one might argue that this item was a confounding factor for better education and management processes associated with modern farmers. However, one of the group-3 farmers stated that cross-bred cattle (with European breeds) sharing the same night pen than their Fulani zebus, accepted to walk through the footbath more easily than the latter. Other farmers confirmed that Fulani zebus experienced more difficulties than European or cross-bred cattle to use footbaths. This was not surprising because European breeds have been selected on behavioral features, including tameness [37], while Fulani zebus have probably been selected through centuries by African pastoralists on their nervous behavior and their capacity to be easy to handle only by their herder/owner [38]. On the same ground, the item "regular use of a metallic pen" (stalling or vaccination pen) was noteworthy because of its predicting value for adoption intensity. A learning behavior of cattle was probably involved there, also explaining why the waiting pens made of branches were more appropriate in traditional farming systems, because they looked much like traditional night pens.

### Adoption and risk appraisal by the farmers

Why are smallholders from developing countries often reluctant to technologic innovations [39]? Five criteria have been proposed to assess the adoptability of innovations [35,40]: (i) the relative advantage brought by the innovation in comparison to the initial situation, (ii) its compatibility with the current system, (iii) its complexity, (iv) its "triability" in the farmers' context (possibility to test the technique), and (v) its "observability" (possibility to observe the technique used by other farmers). Indeed, the advantage/risk ratio appraisal should be obviously beneficial for a good adoption by farmers.

The relative advantage of the footbath in comparison to other vector control methods has been assessed in experimental and field conditions: it's an efficient, cheaper and less time-consuming method [17,19]. The items "technical difficulties", "difficulties of treatment", "efficiency against ticks" and "easiness of use" have contributed to the assessment of this criterion which was much different across the farmer groups, because it depended on the way the service was implemented. Footbath "triability" was low on average, because few farmers were close enough to a footbath to test it. Even its "observability" was moderate in the GLK where footbaths were more observable and triable (Yeguereeso), the adoption rate was higher. Finally, the compatibility with the current system, and the complexity of the method (2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> criteria), were assessed together by items describing either the production system or the socio-technical parameters (such as the kind of activities conducted by the GLK). It was not possible to give an accurate assessment of each footbath-specific criterion because their distribution was very different across farmer groups. For example, treatment difficulties were a strong constraint for the traditional farmers, but not for the modern farmers.

The good adoption level in the modern farmers of Ouagadougou was not surprising because the farmers were already engaged in an intensification strategy: they already invested in modern facilities (metallic pen, vaccination tunnel, etc), sometimes expensive if the potential technical/economical benefit were important. The implementation of a footbath did not represent a large financial, technical, or social risk. The individual use of these facilities had no social impact in this group. On the other hand, the footbath represented a more important risk for the traditional farmers. Indeed, the farmers mentioned that the cattle could not be treated during their transhumance, when ticks are the most abundant. Therefore, they may have underestimated the economic advantage of the footbath because they focused mainly

on its impact on ticks rather than tsetse (which are present throughout the year). While the farmers did not invest much money in the footbaths, they had to spend time to get the cattle used to cross the footbath, and make efforts (training) to understand and apply the technical requirements (dosage of the insecticide, filling of the forms, etc.).

Moreover, the collective use of the footbaths had a social impact. The footbath managers got a strategic function since they were in charge of the footbath maintenance, and they had to attend all the footbath treatments, and had to record the exact number of treated cattle for each farmer, and to calculate the amounts to be paid by each of them. These managers had to be available (almost every day, which was a very limiting constraint), and to know how to read and write relevant data, and to be able to understand the management documents (abacus, treatment forms)... Therefore, young educated people were often selected as managers. These “children” were also selected because they were obliged to their seniors who considered that they should not be paid for this service nor manage the financial aspect of the activity. Moreover, their new functions conferred them a new strategic position which changed the former social relationships. Indeed, this competition with the traditional authorities can sometimes lead to conflicts, particularly concerning the management of natural resources [39]. When traditional social systems are subjected to tough conditions, and their economical survival depends on hazards (climate, diseases, etc.), their resilience relies on a strong solidarity, and on conservative attitudes, aiming at keeping the economic sustainability of families [39]. Any change of the social system is thus considered as an important stress possibly impacting risk perception related to innovations.

### Recommendations to tsetse control projects

Finally, it must be acknowledged that in other areas, the positive impact of the method on human health might also favor its adoption, a phenomenon that we could not study here. Actually, restricted application of insecticides combined with trypanocide treatment of cattle, might provide locally effective control of Rhodesian sleeping sickness (*T. brucei rhodesiense*) and diminish the trypanosome reservoir in cattle hosts during inter-epidemic periods [9]. In the case of the Gambian sleeping sickness (*T. brucei gambiense*), footbaths might also allow a reduction of disease transmission through a reduction of tsetse density: recently in Chad, in the area of the active focus of Mandoul [41], footbath treatment of cattle herds thus allowed to reduce by 95% the density of *G. f. fuscipes*, the main vector of sleeping sickness (Bouyer, pers. com.). Moreover, it has been suggested that it could help in controlling Malaria [42], within the framework of the One World, One Health' concept (<http://www.oneworldonehealth.org/>). However, underlying concepts are much more difficult to explain in this case: insecticide treatment to break the trypanosome transmission cycle in cattle and thus suppress the reservoir for human infection in the case of Rhodesian sleeping sickness, and to reduce the relative density of tsetse to humans in the case of Gambian sleeping sickness. Therefore, it would necessitate careful training of stakeholders, as well as relevant information for farmers and community medical health workers.

However, the adoption factors identified in this study still allow for provision of the following recommendations to future tsetse control projects willing to include a farmer-based component:

- favor tsetse control strategies that protect a private good and are effective against ticks, i.e. insecticide treatment of cattle, since the control of ticks is the main driver for farmers' active use of the method [34]; in Burkina Faso, even farmers identifying tsetse and trypanosomes as their main constraint did not perceive the benefit of the method;
- allow the observability and triability of the method throughout the target area, before the start of the tsetse control campaign;
- strengthen the GLK through the organization of activities including a financial aspect and allowing them to provide technical services to their members.

In the particular case of restricted application of insecticides, the following advices can be laid:

- diagnose the farming systems and more importantly the socio-technical network of the targeted farmers; if modern farmers belonging to dynamic GLK associations with financial activities are to be involved, the use of footbaths is advisable, with a short-term technical follow-up; if traditional farmers belonging to dynamic GLK associations with financial activities are to be involved, the use of a footbath is advisable, but a long term technical follow-up (at least for 3 years) is necessary; if traditional farmers belonging to GLK with a representative role only (or not belonging to any GLK) are to be involved, collective control is not the best option and individual treatments using hand spraying is probably better [4] (but in this case, the efficiency of the method is questioned since the rate of cattle treated in a given area might be insufficient [21], particularly in the presence of a tsetse re-invasion pressure [34]).
- an individual footbath management is more suitable to ensure a successful adoption, but a collective management is possible, at least at the family level;
- the waiting pen should be fully considered as a part of the innovation, and best built at the exit of the stalling for individual footbaths or funnel-shaped with materials similar to the night pen for the collective ones, to reduce the technical difficulties of treatment; the quality of the waiting pen is all the more important for local breeds.

### Supporting Information

**Figure S1 Test values per modality of the variables describing farmers' knowledge of the epidemiological system.** The central black line corresponds to the median frequency of the modality in the population and the dotted lines to its 95% confidence interval.  
(TIF)

### Author Contributions

Conceived and designed the experiments: FB SH HA FS AMGB JB. Performed the experiments: FB. Analyzed the data: FB JB. Contributed reagents/materials/analysis tools: FB RL JB. Wrote the paper: FB SH HA FS RL JB.

### References

1. Molyneux D, N'dung'u J, Maudlin I (2010) Controlling Sleeping Sickness—“When will they ever learn?” *PLoS Negl Trop Dis* 4: 1–3.
2. Lefort J (1988) Innovation technique et expérimentation en milieu paysan. *Cah Rech Dév* 17: 1–10.

3. Bauer B, Gitau D, Oloo FP, Karanja SM (2005) Evaluation of a preliminary trial to protect zero-grazed dairy cattle with insecticide-treated mosquito netting in Western Kenya. *Trop Anim Health Prod* 38: 31–36.
4. Torr SJ, Maudlin I, Vale GA (2007) Less is more: restricted application of insecticide to cattle to improve the cost and efficacy of tsetse control. *Med Vet Entomol* 21: 53–64.
5. Vale G (2003) Pyrethroid-treated cattle for tsetse control: effect of restricted application. *News Int Cont Path Tryp Vect* 7: 15–16.
6. Bouyer J, Stachurski F, Kaboré I, Bauer B, Lancelot R (2007) Tsetse control in cattle from pyrethroid footbaths. *Prev Vet Med* 78: 223–238.
7. Kagbadouno MS, Camara M, Bouyer J, Courtin F, Morifaso O, et al. (2011) Tsetse control in Loos islands, Guinea. *Parasites & Vectors* 4: 18.
8. Bourn D, Grant I, Shaw A, Torr S (2005) Cheap and safe tsetse control for livestock production and mixed farming in Africa. *Asp Appl Biol* 75: 1–12.
9. Welburn SC, Coleman PG, Maudlin I, Fèvre EM, Odiit M, et al. (2006) Crisis, what crisis? Control of Rhodesian sleeping sickness. *Trends Parasitol* 22: 123–128.
10. Courtin F, Sidibé I, Rouamba J, Jammoneau V, Gouro A, et al. (2009) Impacts observés des évolutions démographiques et climatiques sur la répartition spatiale des hommes, des tsé-tsé et des trypanosomes en Afrique de l'Ouest. *Parasite* 16: 3–10.
11. Courtin F, Rayaissé J-B, Tamboura I, Serdébéogo O, Koudougou Z, et al. (2010) Updating the Northern Tsetse Limit in Burkina Faso (1949–2009): Impact of Global Change. *Int J Environ Res* 7: 1708–1719.
12. Courtin F, Jammoneau V, Kambire R, Solano P (2010) Ivory coast uprising and returning burkinabe immigrants: evaluation of the risk for reemergence of sleeping sickness in Burkina Faso. *Méd Trop* 70: 490–496.
13. Ministère des ressources animales, Ministère de l'économie et du développement (2004) Enquête nationale sur les effectifs du cheptel. Ouagadougou. 85 p.
14. Kamuanga M, Sigué H, Swallow B, Bauer B, d' Ieteren G (2001) Farmers' Perceptions of the Impact of Tsetse and Trypanosomiasis Control on Livestock Production: Evidence from Southern Burkina Faso. *Trop Anim Health Prod* 33: 141–153.
15. Kamuanga M (2003) Socio-economic and cultural factors in the research and control of trypanosomiasis. PAAT Technical and Scientific Series. Rome: FAO. 73 p.
16. Stachurski F (2000) Invasion of West African Cattle by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med Vet Entomol* 14: 391–399.
17. Stachurski F, Lancelot R (2006) Foot-bath acaricide treatment to control cattle infestation by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med Vet Entomol* 20: 402–412.
18. Stachurski F, Bouyer J, Bouyer F (2006) La lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : une méthode innovante utilisée en zone péri-urbaine sub-humide du Burkina Faso. *Rev Elev Méd vét Pays trop* 58: 221–228.
19. Bouyer J, Stachurski F, Gouro AS, Lancelot R (2008) On-station cattle insecticide treatment against tsetse flies using a footbath. *Rev Elev Méd vét Pays trop* 61: 153–160.
20. Bouyer J, Stachurski F, Gouro A, Lancelot R (2009) Control of bovine trypanosomiasis by restricted application of insecticides to cattle using footbaths. *Vet Parasitol* 161: 187–193.
21. Okiria R, Okuna NM, Magona JW, Mayende JSP (2002) Sustainability of Tsetse control by subsequent treatment of 10% of a previously treated Ugandan cattle population with 1% w/v deltamethrin. *Trop Anim Health Prod* 34: 105–114.
22. Liu M (1997) Fondements et pratiques de la recherche action. Paris: L'Harmattan. 351 p.
23. Bouyer J, Kaboré I, Stachurski F, Desquesnes M (2005) Epicutaneous treatment of cattle. Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques. Bobo-Dioulasso: CIRDES/CIRAD. 8 p.
24. Stachurski F (2005) The acaricide footbath, Santé animale en Afrique de l'Ouest: Recommandations Techniques. Bobo-Dioulasso: CIRDES/CIRAD. 8 p.
25. Pichot J-P, Faure G (2008) Systèmes d'innovations et dispositifs d'appui pour les agricultures africaines subsahariennes. In: Devèze J-C, ed. Défis agricoles africains. Paris: Karthala. pp 265–284.
26. Hamadou S, Marichatou H, Kamuanga M, Kanwé AB, Sidibé AG (2003) Diagnostic des élevages laitiers périurbains : Typologie des exploitations de la périphérie de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *J Agr Env Int Dev* 97: 69–92.
27. Snow WF, Rawlings P (1999) Methods for the rapid appraisal of African animal trypanosomiasis in the Gambia. *Prev Vet Med* 42: 67–86.
28. Manly BEJ (2005) Multivariate statistical methods: a primer. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press. 214 p.
29. Lebart L, Morineau A, M. P (1995) Statistique exploratoire multidimensionnelle. Paris: Dunod. 439 p.
30. Hollander M, Wolfe DA (1973) Non parametric statistical inference. New York: John Wiley & Sons. 344 p.
31. Munzel U, Hothorn LA (2001) A Unified Approach to Simultaneous Rank Test Procedures in the Unbalanced One-way Layout. *Biom J* 43: 553–569.
32. R Development Core Team (2011) R: A language and environment for statistical computing. The R Project for Statistical Computing website. Available: <http://www.R-project.org>. Accessed 2011 July 7.
33. Dray S, Dufour AB (2007) The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *J Stat Soft* 22: 1–20.
34. Hargrove JW (2003) Tsetse eradication: sufficiency, necessity and desirability. Edinburgh: Animal Health Programme DFID. 134 p.
35. Mendras H, Forsé M (1983) Le changement social. Paris: Armand Colin. 284 p.
36. Darré J-P (1996) L'invention des pratiques dans l'agriculture. Paris: Karthala. 194 p.
37. Mignon-Grasteau S, Boissy A, Bouix J, Faure J-M, Fisher AD, et al. (2005) Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livest Prod Sci* 93: 3–14.
38. Ayantunde A, Kango M, Hiernaux P, Udo H, Tabo R (2007) Herders' perceptions on ruminant livestock breeds and breeding management in southwestern Niger. *Hum Ecol* 35: 139–149.
39. Alary V (2006) L'adoption de l'innovation dans les zones agro-pastorales vulnérables du Maghreb. *Afr Contemp* 219: 81–101.
40. Rogers E (1983) Diffusion of innovations. New York: Free Press. 576 p.
41. Simarro PP, Cecchi G, Paone M, Ranco JR, Diarra A, et al. (2010) The Atlas of human African trypanosomiasis: a contribution to global mapping of neglected tropical diseases. *Int J Health Geogr* 9: 57.
42. Habtewold T, Prior A, Torr SJ, Gibson G (2004) Could insecticide-treated cattle reduce Afrotropical malaria transmission? Effects of deltamethrin-treated Zebu on *Anopheles arabiensis* behaviour and survival in Ethiopia. *Med Vet Entomol* 18: 408–417.

### **3.3. Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun, au Burkina Faso**

Koné, N., Bouyer, F., Vitouley, H. S., Sidibé, I., N'Goran, E. K., Vial, L., Balenghien, T. & Bouyer, J. (2012) Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun (Burkina Faso). Cahiers Agricultures, 21, 404-416.

(Koné et al. 2012)

#### Résumé

Alors que la mobilisation des savoirs locaux et l'implication des communautés rurales s'avèrent indispensables dans la mise en œuvre des programmes de lutte contre les TAA, deux méthodes participatives ont été utilisées dans 3 sites dans le bassin du Mouhoun au Burkina Faso: il s'agit de la Rapid Rural Appraisal (RRA) et de la Méthode Accélérée de Recherche et de Planification (MARF). Elles ont permis de décrire deux types de systèmes d'exploitation en se basant sur les pratiques zootechniques. La perception du risque a été évaluée dans les différents groupes dans les 3 sites par les méthodes qualitatives ainsi que par l'élaboration d'un scoring sur la base de questionnaires semi-ouverts : elle était principalement liée au site et concordait aux résultats sérologiques et entomologiques avec cependant moins d'exactitude et de précision. Les stratégies de contrôle des TAA, basés essentiellement sur l'usage de trypanocides, étaient encore largement décidées et mis en œuvre par les éleveurs sans appui technique. La MARF a révélé que l'évitement des contacts hôtes/vecteurs était une stratégie efficace mais rarement réalisable. Ces méthodes d'épidémiologie participative constituent des outils pratiques pour le conseil sanitaire adapté à l'échelle locale.

#### Objectifs et Méthode

Cette étude a permis d'une part de tester et de comparer les méthodes et outils de l'épidémiologie participative et d'autre part d'analyser la perception du risque (par la MARF) et son évaluation participative par la RRA en fonction du risque mesuré scientifiquement et les stratégies associées. Ainsi la MARF a été appliquée en utilisant un large éventail d'outils dans les trois grandes catégories (entretiens/ empilements et classements/ outils de visualisation) : il s'agit de l'ISS (Interview Semi-Structurée), des empilements proportionnels, des matrices de notation, de l'outil dessin pour la cartographie participative, et du calendrier. Ces outils ont permis d'estimer qualitativement et semi-quantitativement la perception du risque ainsi que les pratiques zootechniques et sanitaires.

La RRA a été appliquée grâce à des questionnaires semi-ouverts et l'outil de diagnose (des insectes) pour un calibrage des réponses et une pondération afin d'estimer de manière

semi-quantitative le risque trypanosomien. Elle a permis la réalisation d'une typologie des élevages avec en particulier l'analyse de la composition des troupeaux. Le scoring contribue à l'évaluation participative du risque mais n'est pas à proprement parler une étude de perception ; en effet, le scoring utilise des données participatives mais l'analyse est réalisée par les scientifiques alors que la MARP interroge la perception du risque évalué par les éleveurs.

### Principaux résultats

Les méthodes participatives utilisées ici ont montré leur efficacité pour évaluer le risque mais avaient un pouvoir moins discriminant que les études entomologiques et parasitologiques. Cette capacité pouvait être améliorée par un étalonnage de la méthode de scoring sur questionnaire mais cela alourdit considérablement la démarche et doit être préconisé sur les enquêtes incluant un nombre élevé de sites. Les méthodes participatives peuvent être utilisées lorsqu'il n'est pas possible de mener les enquêtes parasitologiques ; cependant, leur intérêt pour analyser et expliquer les stratégies est meilleur lorsque ces données secondaires existent. Lorsque ces données manquent, la qualité des entretiens et de leur analyse devient cruciale.

Le calendrier s'est révélé être un outil intéressant grâce au décalage important de perception du risque entre groupes sociaux (et par rapport aux données entomologiques) : alors que la capacité discriminante des niveaux de risque était fiable mais de gamme restreinte, les décalages de perception étaient intéressants et devaient être interrogés. C'est ainsi que la différence de perception du risque entre les peuhls et les agro-éleveurs d'un même site (Douroula) au début de la saison sèche a été expliquée par une moindre incidence des TAA dans les troupeaux des premiers grâce à l'évitement du cordon ripicole en début de saison sèche. L'établissement des parcours des troupeaux a corroboré cette information obtenue par la cartographie participative.

En terme de lutte contre les TAA, les pratiques ancestrales perdaient du terrain : les traitements ethno-botaniques étaient très peu utilisés dans la boucle du Mouhoun par rapport aux trypanocides et l'évitement du cordon ripicole, bien qu'efficace (mais restreint à la première partie de la saison sèche) devenait de plus en plus difficile à mettre en œuvre à cause des contraintes foncières. Aucune innovation n'a été mise en évidence dans cette zone d'élevage traditionnel. Alors que les capacités de diagnose des vecteurs étaient liées à leur abondance, les connaissances médicales des éleveurs étaient influencées par les projets de

lutte. Cette information a été déduite des données secondaires car l'ensemble du réseau de dialogue n'a pas été investigué.

La place des traitements épicutanés dans les stratégies de lutte contre les TAA par les éleveurs est très variable selon les études et cette constatation renvoie à la manière de poser les questions. En effet, les résultats seront très différents selon que l'on investigate les pratiques de lutte sur la base de la gamme de modalités de lutte connue des scientifiques, ou si l'on pose la question de manière très ouverte en prenant soin de ne pas orienter. Ici, les éleveurs n'ont pas cité le traitement épicutané du bétail comme stratégie de lutte contre les TAA alors que d'autres études font état de cette pratique, sans confirmer sa finalité (lutte contre les tiques ou contre les glossines ?) (Machila et al. 2003, Ohaga et al. 2007).

Notre protocole avait prévu d'étudier la composition du troupeau en fonction de la trypanotolérance avant les entretiens. Concernant le gradient de trypanotolérance observé sur la base des empilements proportionnels et des questionnaires, les pratiques de gestion zootechnique et les conceptions associées n'ont pas été investiguées. Quelques logiques d'action sont cependant connues : l'introduction de zébus pour l'amélioration du format et l'introduction de taurins pour augmenter la trypanorésistance mais l'ensemble des conceptions et logiques d'action doit être approfondi.

L'épidémiologie participative offre des outils performants qui doivent être choisis soigneusement pour répondre à des questions précises concernant l'épidémiologie et les pratiques sanitaires de manière circonscrite.

L'usage de données participatives pour l'analyse scientifique du risque doit cependant être distingué de l'évaluation participative. La manière d'utiliser les outils, leur nombre à mobiliser et la rapidité (liée au nombre d'outils) dépendent grandement des questions auxquelles ces enquêtes vont réellement répondre.

Pour mieux appréhender les logiques d'action des éleveurs, une entrée plus globale sur la gestion des exploitations est nécessaire.

## Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun (Burkina Faso)

Naférima Koné<sup>1,2,a</sup>  
Fanny Bouyer<sup>3,4,a</sup>  
Hervé Sèna Vitouley<sup>1,5</sup>  
Issa Sidibé<sup>1</sup>  
Eliézer Kouakou N'Goran<sup>2</sup>  
Laurence Vial<sup>4</sup>  
Thomas Balenghien<sup>4</sup>  
Jérémy Bouyer<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Cirades  
BP 454  
01 Bobo Dioulasso  
Burkina Faso  
<ferikone@yahoo.fr>  
<visseh79@yahoo.fr>  
<sambo@fasonet.bf>

<sup>2</sup> Université d'Abidjan Cocody  
UFR Biosciences  
Laboratoire de zoologie biologie animale  
Unité parasitologie et écologie parasitaire  
22 BP 770  
Abidjan  
Côte d'Ivoire  
<eliezerngoran@yahoo.fr>

<sup>3</sup> ISRA-LNERV  
Service de bio-écologie et de pathologies  
parasitaires  
BP 2057  
Dakar-Hann  
Sénégal  
<carabus@orange.sn>  
<bouyer@cirad.fr>

<sup>4</sup> Cirad  
UMR15 Cirad/Inra Contrôle des maladies  
animales exotiques et émergentes  
Campus de Baillarguet  
34398 Montpellier cedex 5  
France  
<laurence.vial@cirad.fr>  
<thomas.balenghien@cirad.fr>

<sup>5</sup> Université Cheikh Anta Diop de Dakar  
(Ucad)  
Faculté des sciences et techniques  
Département de biologie animale  
BP 5005  
Dakar-Fann  
Sénégal

### Résumé

La pression trypanosomienne demeure un obstacle pour le développement durable de l'élevage en Afrique subsaharienne, en particulier dans le bassin du Mouhoun, au Burkina Faso. Aujourd'hui, l'utilisation des savoirs locaux et l'implication des communautés rurales apparaissent indispensables dans les projets de lutte contre les trypanosomoses animales africaines (TAA). Deux méthodes participatives ont été utilisées : la *rapid rural appraisal* (RRA) et la méthode accélérée de recherche participative (MARPP). Elles ont permis de décrire deux types de systèmes d'exploitation en se basant sur le mode d'élevage. La perception du risque dans les différents groupes a été évaluée par des méthodes qualitatives et par *scoring* sur la base de questionnaires semi-ouverts : elle était principalement liée au site et concordait plus ou moins avec le risque estimé par la sérologie et l'entomologie, avec cependant moins d'exactitude et de précision. Les stratégies de contrôle des TAA, basées essentiellement sur l'usage des trypanocides, étaient encore largement décidées et mises en œuvre par les éleveurs eux-mêmes. La MARPP a révélé que l'évitement des contacts hôtes/vecteurs était une stratégie efficace mais rarement réalisable. Ces méthodes d'épidémiologie participative constituent des outils pratiques de conseil sanitaire adaptés au contexte.

**Mots clés :** Afrique subsaharienne ; connaissance locale ; diagnostic rural participatif ; gestion du risque ; trypanosomose africaine.

**Thèmes :** méthodes et outils ; pathologie ; productions animales.

### Abstract

#### Farmer perceptions and management strategies of trypanosomian risk in the Mouhoun basin (Burkina Faso)

African animal trypanosomosis (AAT) remains an obstacle to sustainable development of livestock breeding in sub-Saharan Africa, in particular in the Mouhoun river basin, Burkina Faso. Nowadays, use of local knowledge and the implication of beneficiary communities seem essential for sustainable control of AAT. Two participative methods were used: the Rapid Rural Appraisal (RRA) and the Accelerated Participatory Research Method (APRM or PRA). They made it possible to describe two types of livestock systems based on breeding techniques. Risk perception in the various groups was estimated by qualitative methods and a scoring method based on semi-open questionnaires. The level of perceived risk was mainly correlated to the site and matched more or less with the risk as estimated from serological and entomological studies, with however less accuracy and precision. The control strategies, based essentially on the use of trypanocides, were still widely decided upon and applied by the farmers themselves. The PRA showed that avoidance of host-vector contact was an effective strategy, but rarely feasible. These methods of participatory epidemiology constitute practical tools for any sanitary advice well adapted to the context.

Pour citer cet article : Koné N, Bouyer F, Vitouley HS, Sidibé I, N'Goran EK, Vial L, Balenghien T, Bouyer J, 2012. Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun (Burkina Faso). *Cah Agric* 21 : 404-16. doi : 10.1684/agr.2012.0599

Tirés à part : F. Bouyer

**Key words:** African trypanosomiasis; local knowledge; Rapid Rural Appraisal; risk management; trypanosomiasis; West Africa.

**Subjects:** animal productions; pathology; tools and methods.

Les trypanosomoses animales demeurent une entrave pour la production animale malgré les efforts des luttes menées à ce jour (Sow *et al.*, 2010). Au Burkina Faso, selon les chiffres officiels, 460 millions de francs CFA ont été dépensés en 2001 pour l'importation des trypanocides, soit 64 % des importations de médicaments vétérinaires<sup>1</sup>. La quantité de trypanocides utilisés est en réalité au moins le double de la valeur officielle à cause de l'importation illicite massive de médicaments vétérinaires. Les agents pathogènes des trypanosomoses animales africaines (TAA) sont des protozoaires (les trypanosomes) qui sont transmis cycliquement par les glossines et, dans une moindre mesure, mécaniquement par des insectes hématophages comme les tabanidés, en Afrique en général et, plus particulièrement, dans notre zone d'étude où une étude récente a montré une forte association entre risque de transmission cyclique par les glossines et prévalence des trypanosomoses (Pagabeleguem *et al.*, 2012). Le risque trypanosomien considéré dans cette étude correspond à la probabilité qu'un animal soit infecté par un trypanosome. Ce risque ne dépend pas seulement des facteurs liés aux vecteurs mais aussi des pratiques des éleveurs qui exposent plus ou moins leurs animaux et des différentes stratégies de contrôle des TAA (bétail trypanotolérant, trypanocides préventifs/curatifs, lutte anti-vectorielle), d'où l'intérêt de s'intéresser à la perception du risque chez les éleveurs. La lutte anti-vectorielle pouvant être mise en place par les éleveurs repose essentiellement sur l'utilisation d'insecticides épicutanés appliqués au bétail ou sur l'utilisation de pièges et d'écrans imprégnés ou pas d'insecticides (Vreysen *et al.*, 2012).

Les études de perception sont le plus souvent réalisées à partir de question-

naires et d'analyses factorielles ou de modèles linéaires généralisés (Van den Bossche *et al.*, 2000 ; Alary *et al.*, 2002 ; Machila *et al.*, 2003 ; Costard *et al.*, 2009). Toutefois, d'autres méthodes sont maintenant développées et de plus en plus utilisées en épidémiologie : les approches participatives. Elles sont rapides, moins coûteuses, orientent moins les réponses des éleveurs, donnent une vision d'ensemble plus large de la communauté des éleveurs, sensibilisent les éleveurs et travaillent à la définition collégiale et locale de stratégies de lutte. Cette approche a été appliquée dans le cadre d'études de lutte sur les TAA au Kenya (Catley *et al.*, 2002 ; Ohaga *et al.*, 2007).

Les objectifs principaux de cette étude étaient en outre d'évaluer la perception du risque des TAA chez les éleveurs selon leur localisation, leur ethnie et leur mode d'élevage, de décrire les stratégies de contrôle des TAA par les éleveurs et leur impact sur le risque et, enfin, de comparer les résultats issus de deux méthodes participatives entre eux et par rapport au risque évalué par un suivi d'incidence (Métras *et al.*, 2008).

## Méthode

### Choix des sites d'étude et sélection des éleveurs

Le bassin du Mouhoun est situé dans le Sud-Ouest du Burkina Faso où cohabitent deux espèces de glossines riveraines vectrices des TAA d'importance comparable : *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina tachinoïdes*. La zone d'étude présente une végétation de savanes arbustives et arborées caractéristiques des domaines climatiques soudano-guinéens et soudaniens, traversés par des écotypes de forêt-galerie guinéenne sur les affluents, soudano-guinéenne sur la branche ascendante du Mouhoun et soudanienne sur la branche descen-

dante (Bouyer *et al.*, 2005). Cette aire cotonnière a évolué vers la saturation foncière suite à l'intense colonisation agricole depuis 30 ans. L'extension des surfaces cultivées a réduit drastiquement les espaces pastoraux, l'accès aux pistes à bétail et aux points d'abreuvement pour le bétail (Tallet, 2002).

Trois sites ont été sélectionnés (figure 1) sur la base du risque trypanosomien qu'ils représentent, évalué par la densité apparente de mouches infectées par piège (DAPI). En effet, le village de Boromo est à risque faible (DAPI = 0,1 ; paysage dégradé), tandis que Douroula et Kadomba sont à haut risque (DAPI = 1,2 ; paysage demi-dégradé) (Bouyer *et al.*, 2006 ; Koné *et al.*, 2011). Dans ces zones, le bétail est exposé aux glossines et donc au risque trypanosomien lorsqu'il circule sur l'aire de chasse des glossines correspondant à la galerie forestière en saison sèche et à une zone d'environ 2 km autour du cours d'eau pendant la saison des pluies.

Un échantillon aléatoire a été effectué parmi les éleveurs des trois communes où le suivi longitudinal parasitologique<sup>2</sup> du même projet a été réalisé (Métras *et al.*, 2008). Les terminologies utilisées dans cette étude (agropasteurs, agroéleveurs) sont celles retenues par l'Organisation néerlandaise de développement (SNV) et par le Centre d'étude et de réalisation agropastorales (Cétrap). Ainsi, le terme « agropasteurs » désigne les éleveurs (Peuhls) qui pratiquent traditionnellement l'élevage comme activité principale et dont l'activité secondaire est l'agriculture pour l'autoconsommation. Le terme d'« agroéleveurs » désigne les agriculteurs d'origine (migrants et autochtones) dont l'activité principale

<sup>2</sup> Enquête parasitologique (ici sérologique et entomologique) réalisée de manière périodique sur une longue durée (ici 18 mois). Elle est particulièrement adaptée à l'étude de la dynamique spatio-temporelle de l'incidence d'une maladie.

<sup>1</sup> Issa Tamboura, ministère de l'Élevage, communication personnelle.

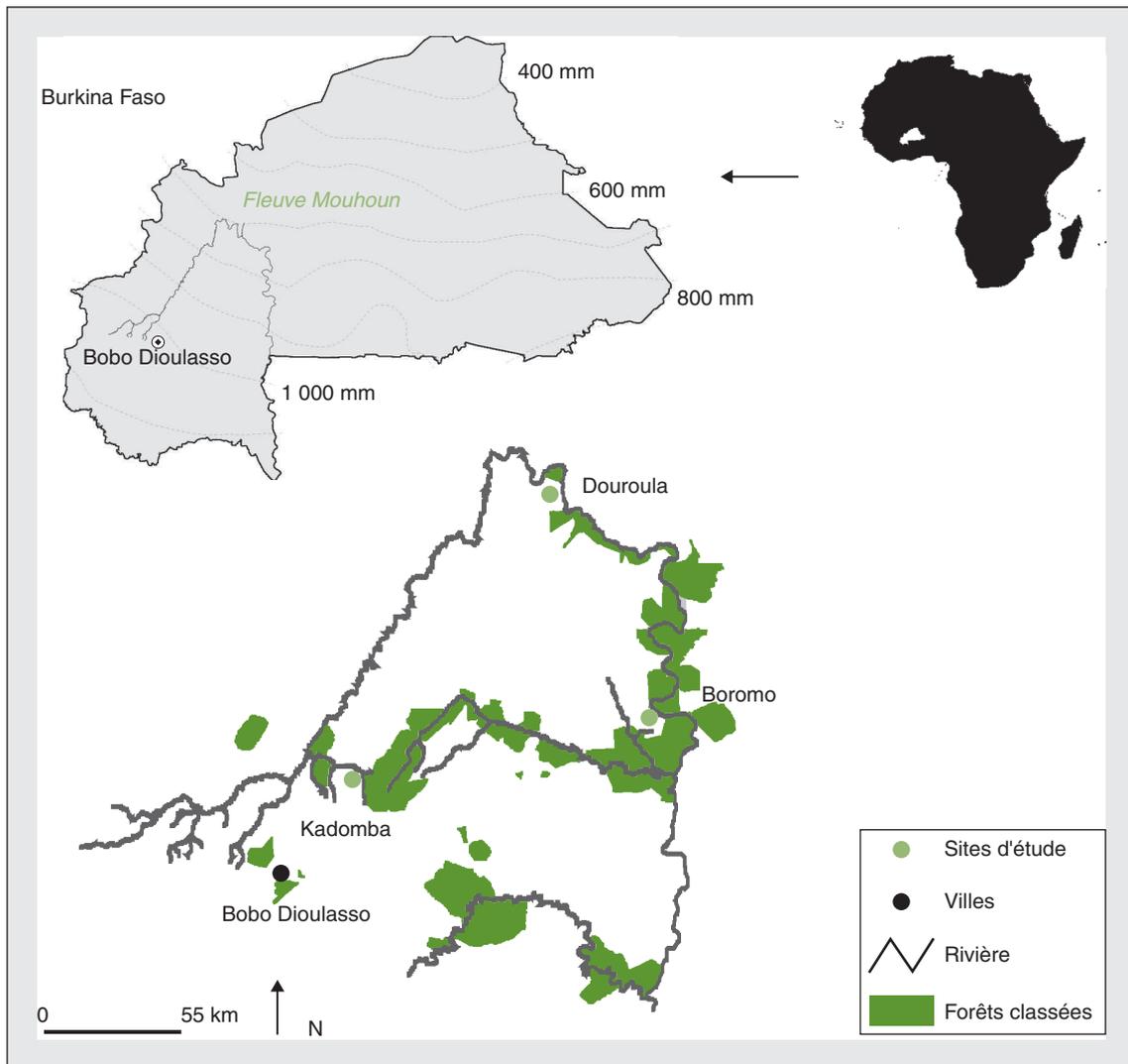


Figure 1. Localisation des trois sites d'étude au Burkina Faso.

Figure 1. Location of the three study sites in Burkina Faso.

est représentée par les différentes cultures de rente et de subsistance et qui pratiquent l'élevage pastoral comme activité secondaire.

### Méthode accélérée de recherche participative (MARP)

Les séances collectives se sont déroulées de novembre 2006 à janvier 2007 par « groupes d'activités ». Ces groupes d'activités, où le mode d'élevage était homogène, correspondaient aux éleveurs d'une même ethnie dans chaque site. Cette organisation a le double avantage de pouvoir replacer facilement les éleveurs dans les grou-

pes issus de la typologie et de pouvoir distinguer l'influence du site.

La méthode utilisée est basée sur le recueil de données secondaires concernant l'épidémiologie des TAA, la sociologie rurale et la zootechnie dans la zone (recherche bibliographique conventionnelle) et les interviews semi-structurées (ISS) (Catley *et al.*, 2001). Le processus de discussion commençait par la validation des données secondaires avec une personne ressource de notre zone d'intervention avant de passer aux séances collectives. Les informations issues des questions ouvertes étaient complétées par les outils de visualisation (dessins, matrices de notation) (Catley et Mohammed, 1996) et de comptage

et classement (empilements proportionnels, calendrier) (Catley *et al.*, 2004). Dans chaque site, trois réunions collectives ont été réalisées à un mois d'intervalle ; elles étaient animées en dioulà par un chercheur (vétérinaire de formation), un technicien diplômé en sociologie et une personne-ressource de la localité. Les objectifs de l'étude et la méthode de travail étaient présentés à la première réunion afin de mobiliser les éleveurs. Lors de la deuxième réunion, les pratiques générales d'élevage étaient abordées lors des ISS et quantifiées par les empilements proportionnels. La dernière réunion permettait d'approfondir la perception du niveau de risque des TAA grâce aux matrices de notation, à

l'outil calendrier et les méthodes de lutte étaient discutées après la diagnose des vecteurs et la réalisation des dessins.

Les empilements proportionnels étaient utilisés pour connaître la composition des troupeaux selon les races, les effectifs ainsi que les taux de morbidité et mortalité des principales maladies. Pour déterminer la morbidité et la mortalité liée à une maladie, les éleveurs représentaient leurs têtes de bétail sur un tableau par des traits qu'ils devaient répartir de manière dichotomique entre animaux sains et animaux malades. Les animaux malades étaient ensuite répartis, selon les maladies, entre animaux décédés et survivants. Ces empilements ont été réalisés au mois de décembre et portaient sur les six derniers mois.

Les matrices de notation des symptômes en fonction de leur importance et de leur spécificité par maladie ont permis aux éleveurs de lister les trois principales pathologies animales rencontrées et les symptômes associés afin de vérifier si les éleveurs distinguaient bien les TAA des autres maladies. Pour cela, la matrice était construite avec les maladies en haut des colonnes et les symptômes en entête des lignes. Pour chaque maladie, les éleveurs attribuaient une note de 0 à 5 à chaque symptôme selon son importance. Une collection d'insectes (mouches tsé-tsé, tabanides, stomoxes, tiques) était présentée pour tester la capacité des éleveurs à reconnaître les glossines.

Ensuite, les éleveurs ont établi un calendrier annuel de l'incidence des TAA et ont quantifié l'abondance des vecteurs selon leur perception des saisons (*tableau 1*). Avec l'outil dessin, ils ont matérialisé les zones de pâturage et d'abreuvement des bovins, les couloirs de déplacement saisonniers et les lieux de rencontre avec la faune sauvage et les glossines (*figure 2*): le groupe d'éleveurs dressait la carte de l'espace en relation avec l'élevage sans aucune aide (soit au sol, soit sur le support papier) puis ils présentaient leur carte et la complétaient devant l'animateur. Au cours des ISS, ce support aide les éleveurs à exprimer leurs connaissances par rapport à la transmission des TAA et leurs pratiques d'élevage dans une dimension spatiale.

## **Rapid rural appraisal (RRA)**

Les questionnaires semi-ouverts ont été renseignés lors d'entretiens individuels avec les éleveurs d'avril 2007 à avril 2008. Ils comportaient cinq parties :

- les informations préliminaires (situation administrative et géographique...);
- les caractéristiques des foyers;
- le type d'élevage et la structure du troupeau;
- la santé animale et les stratégies de gestion sanitaire (notamment les traitements);
- la connaissance des glossines (dont la diagnose des spécimens).

Il a permis d'appliquer en partie la technique pour l'évaluation rapide du risque trypanosomien mise au point en Gambie (Snow et Rawlings, 1999) et de faire une typologie des élevages. Dans cette approche des systèmes d'exploitation, nous avons privilégié l'ethnie et le système de production comme de la Rocque pour la zone agropastorale de Sidéradouougou (de la Rocque *et al.*, 2001).

## **Analyse des données**

La triangulation<sup>3</sup> des données est réalisée grâce aux données de la RRA, de la MARP (données de comptages, classements, visualisation...) et par les données secondaires représentées principalement par les enquêtes entomologiques (Koné *et al.*, 2011) et sérologiques (Métras *et al.*, 2008) ainsi que par les cartes de l'espace utilisé par les troupeaux (parcs de nuit, points d'abreuvement et parcours relevés par GPS) (Coulibaly, 2007). Elle permet de contrôler la validité et la cohérence des données en pré-analyse, puis de comparer les résultats épidémiologiques obtenus par les différentes méthodes.

Les données du questionnaire ont alimenté une base de données relationnelle sous Microsoft ACCESS®

<sup>3</sup> Processus de confrontation des informations issues des entretiens informels, des outils de comptages et classements et des outils de visualisation, avec les apports des observations directes et des données secondaires afin de tester la cohérence et la fiabilité des données recueillies, appliqué, d'une part, au niveau de la récolte des informations et, d'autre part, au niveau de l'analyse des données.

2003 (Microsoft Corporation) et les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R version 2.9.1.

## **Typologie des exploitations**

Elle a été réalisée à partir des données individuelles issues des questionnaires. Huit variables qualitatives (l'activité principale du ménage, la pratique de la transhumance, le mode d'acquisition du troupeau, la vente des animaux, la consommation et la vente du lait, la complémentation, la possession d'ânes) et quatre quantitatives (la main-d'œuvre utile, la taille du troupeau, la proportion de zébus et de bœufs de trait) ont permis d'établir un tableau de contingence. Elles répondent à deux exigences : décrire le système de production et la typologie sociale et être facilement identifiables. Une analyse en composantes principales (ACP) et une analyse des correspondances multiples (ACM) ont été réalisées respectivement sur les variables quantitatives et qualitatives à l'aide du logiciel R (bibliothèque ADE4). Ces résultats ont été utilisés pour une analyse factorielle multiple (AFM) finale, qui est une ACP pondérée, permettant une analyse globale des données et l'identification puis la caractérisation des types d'exploitation (Kiers, 1994).

## **Perception et gestion du risque de TAA**

L'évaluation de la gestion du risque repose sur deux informations complémentaires : la perception de la maladie et les capacités de lutte développées par les éleveurs.

Elle a porté sur les mêmes points pour les deux méthodes : l'évaluation de la connaissance des TAA (spécificité du tableau clinique) et de leur mode de transmission, la perception du risque trypanosomien pour chaque communauté et la description des pratiques sanitaires pour lutter contre les TAA.

L'évaluation du risque trypanosomien est réalisée d'une part par les empilements proportionnels et l'établissement du calendrier pour la MARP et d'autre part par le *scoring* des questionnaires. Ce dernier est basé sur la pondération des réponses permettant de quantifier le niveau global du risque. Une table de *scoring* (*annexe 1*) a été

**Tableau 1. Calendrier saisonnier des TAA et de l'abondance des glossines selon les éleveurs.**

Table 1. Seasonal calendar of AAT and abundance of tsetse flies according to the farmers.

|                    |           | Saison sèche froide<br>(novembre-février) | Saison sèche chaude<br>(mars-mai) | Saison chaude<br>et pluvieuse (juin-octobre) |
|--------------------|-----------|---|-----------------------------------|--|
| Boromo             | TAA       | +   | +                                 | +++  |
|                    | Glossines | +   | ++                                | +++  |
| Douroula (Peuhls)  | TAA       | 0   | ++                                | +++  |
|                    | Glossines | ++  | +                                 | +++  |
| Douroula (Dafings) | TAA       | +++                                       | +                                 | ++   |
|                    | Glossines | +   | ++                                | +++  |
| Kadomba            | TAA       | +++                                       | 0 à +                             | +  |
|                    | Glossines | +   | ++                                | +++  |

0 : pas de cas ; + : rare cas isolé ; ++ : fréquent ; +++ : très fréquent.

établie avec des coefficients par colonne permettant de calculer un score global par répondant. Les intervalles suivants ont été définis : [0;14[ : risque faible ; [14;28[ : risque moyen ; [28;48[ : risque élevé ;  $\geq 48$  : risque très élevé. On obtient ainsi des données semi-quantitatives. La normalité de la distribution des scores a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk (W) et l'histogramme de fréquence. Les moyennes, écarts types et coefficients de variations (coefficient V) ont été calculés. Des Anova ont permis de tester les différences entre les moyennes des scores selon les sites et selon les groupes d'activités. Les comparaisons deux à deux ont été faites grâce au test de Student. Lorsque les variances n'étaient pas homogènes, le test d'Aspin-Welch a été appliqué. Un groupe d'activité a été éliminé à cause de l'effectif réduit (deux agroéleveurs à Boromo) ainsi les analyses ont été faites sur les quatre groupes suivants : les agropasteurs de Boromo, puis les agroéleveurs de Douroula, les agropasteurs de Douroula et enfin les agroéleveurs de Kadomba. Ces analyses statistiques ont été réalisées grâce au logiciel R 2.9.1 et Excel 2007.

## Résultats

L'échantillon était composé de 41 éleveurs de bovins : 14 (12 Peuhls, un Bobo et un Mossi) ont été recrutés sur le site de Boromo, 16 à Douroula (9 [3 Dafings et 6 Mossis] dans le campe-

ment Dafing et 7 Peuhls dans le campement peuhl de Sioma) et 11 Mossis à Kadomba.

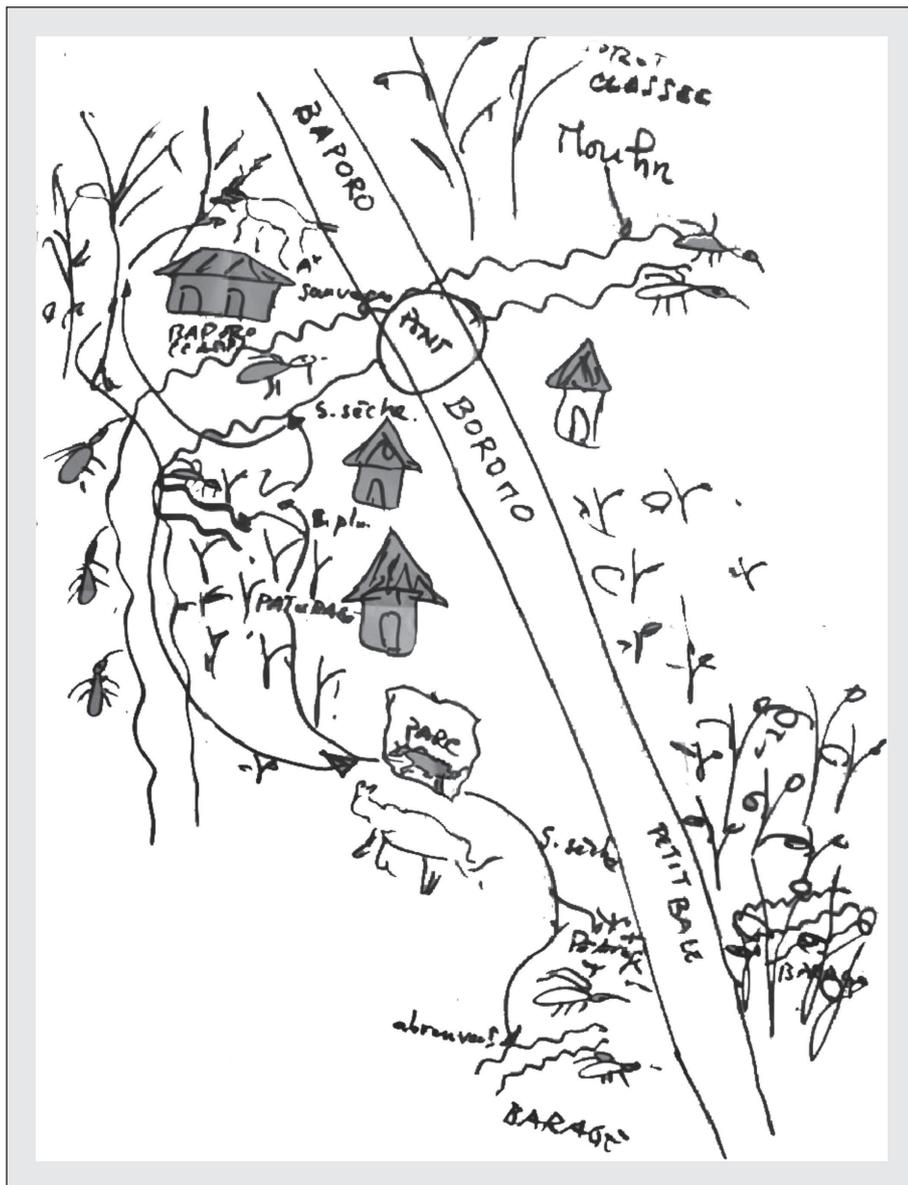
### Caractéristiques et typologie des systèmes d'exploitation

L'échantillon était composé de 46 % de Peuhls, 44 % de Mossis, 7 % de Dafings et 2 % de Bobos. Les Peuhls sont des agropasteurs transhumants alors que les Mossis, les Dafings et les Bobos sont des agroéleveurs sédentaires. L'échantillon de Boromo comportait 14 % d'agroéleveurs et 86 % d'agropasteurs, celui de Douroula 56 % d'agroéleveurs et 44 % d'agropasteurs et celui de Kadomba 100 % d'agroéleveurs. L'alimentation des animaux était constituée essentiellement de fourrage naturel en première partie de saison sèche et, en seconde partie de saison sèche, lorsqu'il venait à manquer, de résidus de culture séchés complétés de manière variable avec des tourteaux de coton et du sel. L'ACM a permis de distinguer deux groupes autour de l'axe F1 qui représente 53 % de l'inertie et 12 % pour l'axe F2. Deux types de systèmes de production ont été mis en évidence (figure 3).

Le premier type correspond aux éleveurs peuhls du site de Boromo et de Douroula, présents en moyenne depuis 24 ans. Ces agropasteurs ont acquis leurs animaux par héritage (100 %). L'autoconsommation (partielle) du lait était pratiquée dans 100 % des élevages. Ils vendaient

des animaux (100 %) et du lait (100 %) pour acheter des vivres. Ils possédaient les troupeaux les plus grands (en moyenne 55 têtes par troupeau), avec une forte proportion de zébus (87 %). Leurs bovins utilisés pour la traction constituaient une partie marginale du troupeau (4 %) et 33 % des éleveurs possédaient des ânes. Ils pratiquaient la semi-transhumance (83 %) en fin de saison sèche (période de soudure) et complétaient moins (44 % dont la moitié ne donnaient que du sel) leurs animaux (principalement les vaches en lactation) que les autres groupes. Les rations étaient essentiellement basées sur l'affouragement naturel.

Le second type regroupe les agroéleveurs migrants mossis (agroéleveurs ayant immigré récemment dans cette zone) des sites de Sioma (Douroula) et Kadomba, installés depuis 15 ans en moyenne ainsi que les autochtones dafings de Sioma. Un éleveur peuhl de Boromo (employé) qui conduisait un troupeau dont il n'est pas propriétaire appartient aussi à ce groupe (observation en haut de l'axe 2 sur la projection de l'AFM). L'élevage extensif était une activité secondaire pour ces agriculteurs. Ainsi, la constitution des troupeaux se faisait à 100 % par achat, et ceux-ci sont de taille modeste (7 bovins par troupeau mossi en moyenne à Douroula, 16 à Kadomba et 3 bovins par troupeau pour les Dafings). Ils avaient tous une très forte proportion de bœufs de trait (55 % ensemble, 51 % pour les Mossis et 93 % pour les Dafings) pour la culture



**Figure 2.** Dessin réalisé par les éleveurs de Boromo illustrant la manière dont les éleveurs perçoivent l'espace utilisé par les troupeaux (représentation des parcs de nuit par rapport aux rivières, à la forêt classée, aux zones de pâturage et aux glossines).

**Figure 2.** Drawing made by the farmers in Boromo showing how they perceive the space used by their herds (representation of the cattle pens with regards to the rivers, the protected forests, grazing areas and tsetse flies).

Cet outil a servi de support de discussion pour les interviews semi-structurées.

attelée et d'ânes (67 %). Ils avaient les plus petites proportions de zébus (globalement 51 % et le minimum est atteint à Kadomba avec 37 %). Ils vendaient souvent des animaux (62 %), ne transhumaient pas (0 %), consommaient très peu (10 %) et ne commercialisaient pas de lait (0 %). Les bœufs de trait bénéficiaient d'une large complémentarité (90 % reçoivent du sel et des concentrés) et

étaient fréquemment loués pour apporter des revenus supplémentaires au ménage.

### Répartition et utilisation des bovins

Les effectifs de bovins obtenus par la MARP et le questionnaire de la RRA sont similaires ( $p = 0,055$ ). La race

zébu peuhl, trypanosensible, était prédominante à Boromo et Douroula mais pas à Kadomba, où dominaient les métis (baoulés × zébus) (tableau 2). Il y avait également des baoulés mais en effectif très réduit. La proportion de race zébu diminuait lorsqu'on progressait vers les sites considérés à risque élevé (Douroula et Kadomba) alors que celle des métis augmentait.

### Connaissance des TAA et de leur transmission

Les empilements proportionnels (MARPs) ont révélé que les TAA étaient classées au troisième rang des maladies entraînant la plus grande morbidité à Boromo, au premier pour les agroéleveurs de Douroula, et au deuxième rang pour les Peuhls de Douroula, et au premier rang à Kadomba. De manière individuelle, 75 % des éleveurs les avaient citées parmi les trois pathologies les plus importantes (RRA).

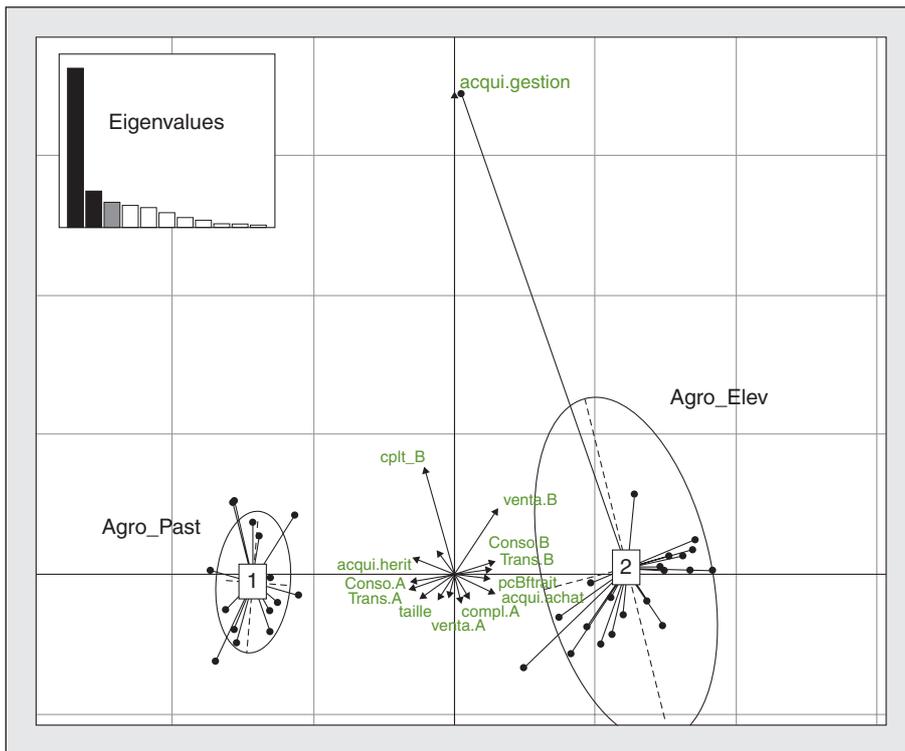
### Signes cliniques des TAA

Les principaux signes cliniques des TAA (appelées « *soumaya* » en dioulà, « *boubane* » en foulfoudé, « *masrai* » en moré) cités dans les trois sites étaient les signes classiques (Lefèvre *et al.*, 2003), hormis la constipation, la fièvre, l'anémie et l'hypertrophie des nœuds lymphatiques, qui ont été omis par les éleveurs (tableau 3). Une large majorité des éleveurs (entre 79 et 100 %) connaissait les TAA et a été capable de lister correctement les principaux signes. Les résultats étaient similaires pour la MARP et les questionnaires de la RRA ( $p = 0,695$ ).

La péripneumonie contagieuse bovine (PPCB), le charbon, la fièvre aphteuse et la rage étaient des pathologies importantes dans ces trois sites.

### Mode de transmission

Quarante-trois pour cent des éleveurs de Boromo, 38 % des Peuhls de Douroula, 18 % des Dafings et 45 % des agroéleveurs à Kadomba attribuaient la maladie aux glossines (« *lin* » en dioulà, « *yambaradji* » en foulfoudé, ou « *zonse* » en moré). En dehors de ceux qui avouaient ne pas en connaître la cause (entre 0 et 37 %), certains l'attribuaient à l'alimentation, à la boisson, à la saleté ou au climat. Dans



**Figure 3.** Répartition des variables et des observations sur le plan factoriel des axes F1 et F2 (expliquant 65 % de l'inertie) de l'AFM.

**Figure 3.** Distribution of variables and observations on the factorial plan of axes F1 and F2 (accounting for 65% of the inertia) of the MFA.

Les deux groupes de systèmes d'exploitation dans la zone étudiée sont identifiés par les ellipsoïdes. Acqui-achat : acquisition du troupeau par achat ; acqui-gestion : l'éleveur conduit un troupeau dont il n'est propriétaire ; acqui-hérit : le troupeau a été acquis par héritage ; agro-élev : agroéleveurs ; agro-past : agropasteurs ; conso : consommation du lait ; cplt : complémentation ; pcBftrait : proportion de bœufs de trait dans le troupeau ; trans : transhumance ; venta : vente des bovins ; A : oui ; B : non.

les trois sites, une minorité d'éleveurs connaissait les glossines : ce sont ceux qui avaient participé à des projets de lutte contre les TAA.

Après présentation des glossines, les éleveurs avaient néanmoins pu établir un calendrier saisonnier de leur abondance et de l'apparition des TAA (tableau 1). À Boromo, les densités de glossines n'étaient jamais très élevées (Koné *et al.*, 2011) alors que les éleveurs indiquaient une densité très forte pendant la saison des pluies. Comme les tabanides et autres vecteurs mécaniques étaient très abondants à cette période, on peut en déduire que les éleveurs confondaient les glossines avec ceux-ci.

Globalement, les éleveurs s'accordaient sur le fait que l'incidence des TAA était maximum à la fin de la saison des pluies et en début de saison sèche, ce qui correspondait aux données sérologiques. Cependant, à Douroula, les Peuhls indiquaient une

incidence nulle pendant la saison sèche froide alors que les autochtones dafings indiquaient une incidence maximale.

### Évaluation du risque trypanosomien

En ce qui concerne la MARP, dans le calendrier (tableau 1), tous les éleveurs ont indiqué une grande fréquence d'animaux atteints de TAA pendant une saison sur trois. Le risque lié aux TAA était estimé très élevé pour tous les sites. Cette méthode n'a cependant pas permis de comparer de manière fine les niveaux de risque entre sites. Concernant les empilements proportionnels, les taux de morbidité liés aux TAA étaient de 1 % à Boromo, de 26 % pour les agroéleveurs de Douroula, de 1 % pour les Peuhls de Douroula et de 20 % à Kadomba.

Les trois sites étaient perçus à risque élevé selon la méthode du *scoring* (moyennes des scores entre 28 et 48). Les coefficients de variation étaient différents par site et par groupe d'activité (tableau 4) : la dispersion était plus élevée à Boromo, suivi de Douroula puis Kadomba. À Kadomba, la moyenne du *scoring* était la plus élevée mais la différence n'était pas significative avec Douroula (le score le plus élevé était trouvé chez les agropasteurs de Douroula). Les avis étaient globalement assez hétérogènes dans tous les sites avec des coefficients de variation proches pour les sites de Douroula (17 %) et Kadomba (14 %). À Boromo, le coefficient de variation était le plus élevé (25 %) : les avis y étaient très hétérogènes sur le niveau de risque, jugé globalement élevé selon la moyenne des scores.

Les scores suivaient une distribution normale ( $W = 0,956$ ,  $p = 0,132$ ). Les scores de Boromo étaient inférieurs à ceux de Douroula et Kadomba ( $p = 0,007$ ), où ils étaient similaires ( $p = 0,758$ ). Globalement, il y avait également une différence entre groupes d'activité des différents sites ( $p = 0,015$ ) mais analysés deux par deux, la perception du risque chez les agropasteurs de Boromo n'était pas différente de celle des agroéleveurs de Douroula ( $p = 0,06$ ), en revanche, elle était différente de celle des agropasteurs de Douroula ( $p = 0,02$ ) et des agroéleveurs de Kadomba ( $p = 0,008$ ). Tous sites confondus, la perception du risque de TAA était globalement similaire chez les agroéleveurs et les agropasteurs ( $p > 0,05$ ). La perception du risque était liée principalement au site.

### Gestion du risque

Dans cette section, la MARP a livré des informations principalement qualitatives. Les estimations chiffrées sont issues des questionnaires uniquement, car les empilements proportionnels n'ont été réalisés que sur l'usage des trypanocides (résultats similaires à la RRA).

### Trypanocides et gestion du risque

Tous les éleveurs utilisaient la voie médicamenteuse basée sur les trypanocides. Les produits curatifs à base

**Tableau 2. Structure des troupeaux issue du questionnaire dans les différentes zones enquêtées.**

Table 2. Herd structures from the questionnaire in the study area.

|                          | Boromo<br>(Peuhl ;<br>Nt = 680) |         | Boromo<br>(Bobo ;<br>Nt = 104) |        | Douroula<br>(Peuhl ;<br>Nt = 306) |         | Douroula<br>(Dafing ;<br>Nt = 42) |        | Douroula<br>(Mossi ;<br>Nt = 10) |        | Kadomba<br>(Mossi ;<br>Nt = 181) |        |
|--------------------------|---------------------------------|---------|--------------------------------|--------|-----------------------------------|---------|-----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
|                          | ♂ = 325                         | ♀ = 355 | ♂ = 59                         | ♀ = 45 | ♂ = 142                           | ♀ = 164 | ♂ = 24                            | ♀ = 18 | ♂ = 10                           | ♀ = 00 | ♂ = 83                           | ♀ = 98 |
|                          | <i>n</i>                        | %       | <i>n</i>                       | %      | <i>n</i>                          | %       | <i>n</i>                          | %      | <i>n</i>                         | %      | <i>n</i>                         | %      |
| Zébu peuhl               | 576                             | 85      | 83                             | 80     | 300                               | 98      | 35                                | 83     | 7                                | 70     | 69                               | 38     |
| Zébu goudali             | 28                              | 4       | 00                             | 00     | 00                                | 00      | 00                                | 00     | 0                                | 0      | 00                               | 00     |
| Taurin baoulé            | 07                              | 1       | 00                             | 00     | 00                                | 00      | 00                                | 00     | 0                                | 0      | 00                               | 00     |
| Métis<br>(zébu × baoulé) | 69                              | 10      | 21                             | 20     | 06                                | 2       | 17                                | 40     | 3                                | 30     | 112                              | 62     |
| Bœufs de trait           | 24                              | 3       | 06                             | 6      | 19                                | 6       | 25                                | 59     | 9                                | 90     | 35                               | 19     |

Nt : effectif animaux ; n : effectif selon la race ou l'utilisation ; ♂ : mâle ; ♀ : femelle.

d'acéturate de diminazène (Bérénil<sup>®</sup> et Veriben<sup>®</sup>) étaient les plus utilisés : selon les groupes entre 58 et 82 % des éleveurs les utilisaient. En effet, les trypanocides curatifs étaient administrés sur les bovins en phase aiguë de TAA ou pendant les campagnes nationales de « vaccination ». Quant aux médicaments préventifs à base de chlorure d'isométymidium (Trypamidium<sup>®</sup>, Véridium<sup>®</sup>), ils étaient globa-

lement peu administrés (entre 0 et 15 % pour la majorité des éleveurs et 43 % pour les Peuhls de Douroula). Les Peuhls utilisaient les trypanocides préventifs à l'aller et au retour de transhumance. Les interventions étaient ponctuelles et le plan de prophylaxie n'était pas établi par un agent vétérinaire mais par l'éleveur. Les autres traitements cités étaient : Vermitan<sup>®</sup> (albendazole, antiparasi-

taire), Oxytetra 10 %<sup>®</sup> (oxytétracycline, antibiotique à large spectre), Vadephen<sup>®</sup> poudre (tétramisole, vermifuge) ainsi que des vitamines et du fer en traitement d'appoint. Soixante-sept pour cent des éleveurs à Boromo, 67 % chez les Dafings, 56 % chez les Peuhls de Douroula et 20 % des éleveurs à Kadomba s'approvisionnaient chez le vétérinaire (plus éloigné pour Kadomba). Entre 27 et

**Tableau 3. Signes cliniques des TAA décrites par les éleveurs.**

Table 3. Clinical signs of AAT described by the farmers.

| Signes cliniques | Boromo<br>(Peuhl ;<br>Nt = 26) |    | Boromo<br>(Peuhl ;<br>Nt = 26) |    | Douroula<br>(Peuhl ;<br>Nt = 18) |    | Douroula<br>(Dafing ;<br>Nt = 17) |    | Kadomba<br>(Mossi ;<br>Nt = 20) |    |
|------------------|--------------------------------|----|--------------------------------|----|----------------------------------|----|-----------------------------------|----|---------------------------------|----|
|                  | <i>n</i>                       | %  | <i>n</i>                       | %  | <i>n</i>                         | %  | <i>n</i>                          | %  | <i>n</i>                        | %  |
| Poils piqués     | 5                              | 19 | 1                              | 50 | 5                                | 33 | 6                                 | 29 | 9                               | 45 |
| Amaigrissement   | 5                              | 19 | 0                              | 0  | 4                                | 28 | 5                                 | 23 | 3                               | 15 |
| Inappétence      | 6                              | 23 | 1                              | 50 | 4                                | 22 | 4                                 | 23 | 5                               | 25 |
| Larmolement      | 4                              | 19 | 0                              | 0  | 2                                | 11 | 2                                 | 12 | 2                               | 10 |
| Nonchalance      | 4                              | 15 | 0                              | 0  | 3                                | 6  | 1                                 | 18 | 0                               | 0  |
| Affaiblissement  | 3                              | 12 | 0                              | 0  | 0                                | 0  | 0                                 | 0  | 2                               | 10 |
| Constipation     | 1                              | 4  | 0                              | 0  | 0                                | 0  | 0                                 | 0  | 0                               | 0  |
| Reste couché     | 0                              | 0  | 0                              | 0  | 1                                | 6  | 1                                 | 6  | 0                               | 0  |

Nt : nombre de réponses données ; n : nombre de citations.

**Tableau 4. Moyennes, écarts types et coefficients de variation calculés pour la perception du risque de chaque groupe d'activité dans chacun des sites.**

Table 4. Mean risk, standard deviation and coefficients of variation calculated for the risk perception of every activity group in each of the sites.

|          |              | Moyennes | Écarts types | Coefficient variation (%) |
|----------|--------------|----------|--------------|---------------------------|
| Boromo   | Agropasteurs | 32       | 8            | 25                        |
| Douroula | Agropasteurs | 38       | 6,5          | 17                        |
|          | Agropasteurs | 41       | 7,3          | 18                        |
| Kadomba  | Agropasteurs | 40       | 5,5          | 14                        |

44 % des éleveurs achetaient les médicaments à la pharmacie. Alors qu'aucun éleveur ne s'approvisionnait sur le marché informel à Boromo et Douroula, à Kadomba 40 % y avaient recours.

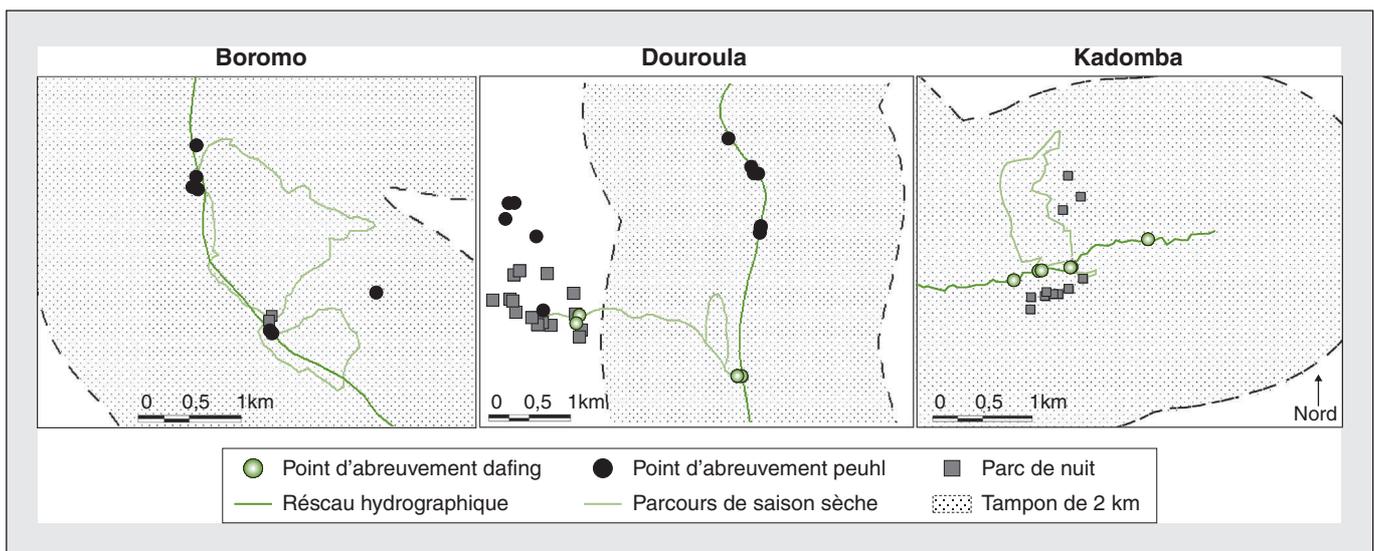
Les traitements étaient administrés par un agent vétérinaire diplômé chez 46 % des éleveurs à Boromo, chez 89 % des Dafings, chez 58 % des Peuhls à Douroula et chez 28 % des éleveurs à Kadomba. L'analphabétisme était très important, de 64 à 100 % selon les groupes. De nombreuses erreurs étaient fréquemment observées sur le terrain (lors des traitements administrés par les éleveurs) concernant la méthode de

préparation des solutés injectables, ainsi que le non-respect des recommandations de fréquence de traitement et de posologie des vermifuges (Desquesnes, 2007). À Boromo, 21 % des éleveurs, 14 % à Douroula chez les Peuhls et 45 % à Kadomba avaient signalé des échecs de traitement trypanocide.

#### Choix du parcours des animaux pour gérer le risque

La majorité des animaux pâturaient et s'abreuvaient aux abords du fleuve lorsqu'ils n'étaient pas en transhumance. La zone tampon de 2 km autour du fleuve englobait largement

les points d'abreuvement et les parcs de nuit à Kadomba et à Boromo (figure 4). Il y était donc impossible d'éviter le contact hôtes-vecteurs : seulement 5 % des éleveurs de Kadomba et Boromo avaient affirmé qu'ils évitaient de rentrer dans la forêt-galerie. À Douroula, en revanche, tous les parcs de nuit et de nombreuses mares temporaires étaient situés hors de la zone tampon, ainsi que la moitié des points d'abreuvements. Ainsi, à Douroula, 55 % des éleveurs peuhls avaient affirmé éviter de rentrer dans la forêt-galerie à cause des mouches tsé-tsé, ce qui était réalisable en début de saison sèche (et en saison des pluies, mais avec



**Figure 4.** Parcours des animaux en saison sèche à Boromo, Douroula et Kadomba.

**Figure 4.** Cattle movement patterns during the dry season in Boromo, Douroula, and Kadomba.

Source : Cirdes, Wellcome Trust « Fragfly » 2007 (B. Coulibaly).

un faible impact sur la rencontre hôtes-vecteurs) grâce à l'utilisation des mares temporaires.

## Discussion

### Caractéristiques et typologie des systèmes d'exploitation

Trois grands groupes culturels ont été rencontrés : les agropasteurs peuhls, les migrants mossis et les autochtones dafings. Ces groupes d'éleveurs ont été décrits dans une étude portant sur 801 concessions dans le bassin de la rivière Koba (de la Rocque *et al.*, 2001). Malgré l'importance croissante de l'agriculture et la sédentarisation progressive des Peuhls en zone de saturation foncière, leurs pratiques restaient caractéristiques des agropasteurs et se distinguaient bien des agroéleveurs, qu'ils soient migrants (les Mossis) ou autochtones (les Dafings) (*figure 3*) : on observe en effet des différences majeures qui portent à la fois sur les paramètres zootechniques (taille du troupeau, nombre de bœufs de trait, trانشurance, complément alimentaire) et sur la stratégie de production (commercialisation du bétail, du lait et autoconsommation, importance de l'agriculture). Les études menées récemment dans l'Ouest du Burkina Faso montraient que les systèmes de production en milieu rural liés en partie aux ethnies et il était possible de distinguer les systèmes de production avec un nombre restreint de variables (Bouyer *et al.*, 2011). Selon le type d'analyse et le nombre de variables retenues, les études ont mis en évidence jusqu'à sept systèmes de production (de la Rocque *et al.*, 2001). La taille de notre échantillon (41 éleveurs) ne nous permettait pas de distinguer davantage de sous-groupes parmi les agroéleveurs ou les agropasteurs (Serpantié et Devineau, 1991).

Tous les éleveurs possédaient des races locales trypanotolérantes à des degrés variables de métissage selon l'intensité de la pression trypanosomienne (corrélation positive), comme décrit précédemment au Burkina Faso dans les zones périurbaines de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso (Bouyer *et al.*, 2011). La présence permanente des taureaux dans les troupeaux et

l'absence d'outils modernes de sélection génétique rendent difficile le contrôle des origines parentales. Dans les zones à haut risque trypanosomien, l'introduction de sang zébu dans des troupeaux de taurins permet d'améliorer la conformation des animaux en conservant une dominante de race trypanotolérante. Dans les secteurs de moindre pression parasitaire, à l'inverse, l'introduction de sang taurin dans des troupeaux de zébus augmente leur résistance à la trypanosomose tout en conservant la conformation de type zébu (Desquesnes, 2007). Les vocables « *wolosso* » (métis) et « *méré* » (en Côte d'Ivoire) ne distinguent pas les métis zébu/n'dama des métis zébu/baoulé (Sokouri *et al.*, 2007).

### Connaissance des TAA et estimation du risque

Toutes les ethnies avaient donné un nom vernaculaire aux TAA, dont 75 % des éleveurs étaient capables de les diagnostiquer. Cependant, la majorité des éleveurs ignorait leur mode de transmission. Les éleveurs qui connaissaient les glossines et leur rôle de vecteur étaient plus nombreux à Kadomba (45 %) que dans les deux autres localités en relation avec un appui plus important pour la lutte contre les TAA de la part des centres de recherche (Bauer *et al.*, 1992). Ce chiffre est similaire à celui trouvé au Kenya où des projets de lutte contre les TAA ont été réalisés (Machila *et al.*, 2003). Au Burkina Faso, les capacités de diagnose des glossines n'étaient pas liées à la valeur du bétail possédé mais principalement à l'abondance des glossines dans l'espace utilisé par les éleveurs (Bouyer *et al.*, 2011). Les connaissances théoriques étaient influencées principalement par l'action des projets de lutte, qui ont été nombreux dans le Sud-Ouest du Burkina Faso (Sow *et al.*, 2010).

Il a été démontré en Gambie que le *scoring* sur questionnaire peut être appliqué afin d'obtenir rapidement et à moindre coût des informations sur le niveau de risque des TAA dans une zone afin de mieux préparer la lutte (Snow et Rawlings, 1999). Ici les résultats de l'évaluation par le questionnaire (suivi d'un *scoring*) et par la MARP étaient en accord entre eux et

avec les données du suivi longitudinal entomologique (Koné *et al.*, 2011) et parasitologique (Métras *et al.*, 2008) qui montraient que les sites de Douroula et Kadomba étaient à risque plus élevé (séroprévalences bovines de *T. vivax* de 58 % [ $\pm$  5,2 %] et de 82 % [ $\pm$  5,7 %] en fin de saison des pluies) que celui de Boromo (11 % [ $\pm$  3,5 %]). Les comparaisons des moyennes des scores ont cependant permis une moins bonne discrimination des niveaux de risque par rapport à la parasitologie. L'interprétation des coefficients de variation montre l'intérêt de récolter les perceptions individuelles du risque : le coefficient de variation des scores très élevé à Boromo correspondait à une divergence des opinions individuelles, qui pourrait être mise en relation avec un risque plus hétérogène entre les troupeaux et saisons (caractère épidémiologique) (Métras *et al.*, 2008).

Il en est de même pour l'outil calendrier où les différences de niveaux de risque sont minorées entre les sites et la corrélation avec les densités de glossines observées moins importante. On observe donc une limite à la spécificité de cet outil semi-quantitatif basé sur les perceptions : il existe des erreurs de diagnose portant sur les glossines mais aussi sur les cas de TAA qui peuvent être confondus avec d'autres hémoparasitoses. Cependant, le calendrier indique la tendance générale : le risque était maximal en fin de saison des pluies et en début de saison sèche. Un biais de sous-déclaration des effectifs totaux pouvait être envisagé puisque les empilements ont été faits de manière assez formelle avec un comptage précis des animaux sur déclaration au lieu d'une estimation strictement proportionnelle. Les empilements proportionnels ont livré des taux de morbidité nettement inférieurs aux séroprévalences bovines contrairement à cette hypothèse. On observe des niveaux de risque très contrastés : la prévalence observée est particulièrement faible à Boromo et chez les Peuhls de Douroula. Il semble que les déclarations censées représenter les six derniers mois aient été en réalité des évaluations instantanées, influencées par le mois de l'enquête, puisqu'elles correspondaient bien aux prévalences mensuelles mesurées par le suivi parasitologique.

## Gestion du risque

Il est rare d'observer dans les localités d'Afrique subsaharienne un usage aussi intense des trypanocides (100 %) et un abandon total des traitements traditionnels. De nombreuses études font état de traitements traditionnels variés (Grace, 2006). Seuls 43 % des éleveurs à Sikasso (Mali), 74 % à Mandiana (Guinée) et 31 % dans le Kéné Dougou (Burkina Faso) utilisaient des trypanocides de manière exclusive (Grace, 2006). Au Kenya, 92 % utilisaient des trypanocides et 16 % utilisaient des plantes médicinales (Ohaga *et al.*, 2007).

Dans le Mouhoun comme à Sikasso, Mandiana et dans le Kéné Dougou, les éleveurs utilisaient l'acéturate de diminazène en premier choix, et le chlorure d'isoméamidium en second choix. Ils estimaient en effet que le diminazène est plus efficace que l'isoméamidium (appelés « premier » et « deuxième »). Cela indique que le critère principal de choix des éleveurs était la capacité curative dans cette étude, où la grande transhumance était minoritaire. Dans le Mouhoun, seuls les Peuhls programmaient des traitements, mais cependant sans changer de principe actif entre l'aller et le retour de transhumance, alors que c'est recommandé pour limiter le développement des résistances (Desquesnes, 2007).

Les éleveurs du Mouhoun se trouvaient régulièrement confrontés à des échecs de traitement dus à une mauvaise utilisation des médicaments, à l'utilisation de produits périmés, frauduleux, de mauvaise qualité ; l'importance de l'achat des médicaments sur le marché informel et de l'administration par des non-professionnels était associée à l'accès difficile à un vétérinaire. Les échecs dus aux chimiorésistances au diminazène et à l'isoméamidium doivent être considérés car le Burkina Faso figure parmi les dix pays dans lesquels des cas de chimiorésistance ont été constatés dans au moins une région (Delespeaux *et al.*, 2008 ; Talaki *et al.*, 2009 ; Talaki *et al.*, 2006).

D'autres méthodes efficaces comme le traitement épicutané du bétail étaient utilisées au Kenya (45 % des éleveurs y utilisaient du « Pour-on », 27 % utilisaient le bain d'insecticide communal et 7 % utilisaient le pié-

geage biconique pour réduire l'effectif des glossines ; Ohaga *et al.*, 2007). L'usage des ectoparasitocides n'a pas été mentionné par les éleveurs ici car il était à destination des tiques et non pas des glossines, comme déjà constaté au Burkina Faso (Bouyer *et al.*, 2011).

Les éleveurs du Mouhoun étaient conscients de l'importance de maintenir le bétail dans un bon état général pour lutter contre les TAA, d'où l'utilisation de compléments alimentaires, minéraux, vermifuges, vitamines, etc. Cependant, les rations alimentaires chez les Peuhls étaient insuffisantes en saison sèche et leurs animaux particulièrement vulnérables en période de soudure.

Concernant la stratégie d'évitement des contacts, 14 % évitaient de faire brouter et boire leurs animaux dans les zones à risque (Ohaga *et al.*, 2007). Dans le Mouhoun, cette pratique semblait aussi minoritaire notamment en raison des contraintes spatiales. En effet, dans notre étude, seuls les Peuhls de Douroula l'appliquaient en saison froide.

La MARP, par l'usage combiné de ses différents outils, a révélé l'efficacité de la stratégie d'évitement du contact hôte-vecteur pratiquée traditionnellement par les Peuhls qui utilisaient les mares temporaires pour abreuver le bétail évitant ainsi de le faire pénétrer dans le cordon ripicole. En effet, à Douroula, les déclarations de morbidité due aux TAA des Peuhls étaient complètement à l'opposé de celles des agroéleveurs en saison sèche froide (morbidité nulle *versus* morbidité très élevée) en relation avec cette pratique mise en œuvre uniquement par les agropasteurs de cette localité. Ces différences ont été confirmées par les prévalences sérologiques respectives des deux groupes (Métras *et al.*, 2008). En saison sèche chaude, les animaux étaient contraints de s'abreuver au fleuve, faute de mare temporaire, et en saison des pluies, la plus grande capacité de dispersion journalière des vecteurs en dehors du cordon ripicole rendait le contact hôte-vecteur difficile à éviter. Les dessins et les relevés des parcours étaient nécessaires pour visualiser l'existence de cette pratique et expliquer l'observation du calendrier. Cette étude montre l'importance de recourir à une large gamme d'outils participatifs contraire-

ment aux études qui utilisent principalement les questionnaires et ISS. La dynamique des interfaces hôte-vecteur-parasite repose en grande partie sur les contraintes et motivations des propriétaires qui peuvent être sociales, culturelles, ethniques ou économiques (de la Rocque *et al.*, 2001). Ici, la saturation foncière ne permettait plus dans la majorité des sites la réalisation de la stratégie d'évitement spatial. Les éleveurs ont un besoin accru d'assistance technique de proximité pour adapter leurs stratégies de lutte contre les TAA du fait de l'augmentation des zones saturées foncièrement et de l'augmentation des chimiorésistances aux trypanocides.

## Conclusion

Les perceptions des niveaux de risque étaient liées principalement au site et non à l'ethnie ou au mode d'élevage. Cette étude montre que les méthodes participatives doivent être soigneusement choisies en fonction des objectifs. Le *scoring* sur questionnaire individuel a permis de comparer les niveaux de risque car il fournit des données semi-quantitatives pour répondre à une question précise. Cependant, un étalonnage des classes de risque est nécessaire : il doit être réalisé avec des données parasitologiques de la zone étudiée afin de pouvoir mieux comparer les résultats entre sites. La MARP est la méthode d'investigation la plus rapide, la moins coûteuse et apporte une connaissance globale des perceptions et des pratiques. Elle a permis ici d'obtenir une connaissance plus complète des stratégies de lutte et a mis en évidence l'efficacité de la stratégie d'évitement du contact hôte-vecteur pratiquée traditionnellement par les Peuhls. Cependant, elle nécessite l'usage et la maîtrise d'une gamme variée d'outils participatifs (des outils de visualisation, comptage et classement en plus des entretiens informels). La MARP est un outil de recherche mais aussi de communication et d'assistance technique qui peut être utilisé sur le terrain par les agents de développement et les vétérinaires privés pour l'élaboration de stratégies et de suivi de gestion sanitaire adaptées au contexte local. Cela est préconisé

par certains groupes pharmaceutiques comme CEVA Santé animale dans le cadre de formations des vétérinaires distributeurs. ■

## Remerciements

Ce travail a bénéficié de la collaboration internationale du Cirades et du Cirad. Il a été effectué avec l'appui financier du projet Wellcome Trust n° 075824. Nous tenons à remercier le directeur général de Cirades, Pr Abdoulaye Gouro, pour la fourniture d'excellentes conditions de travail ; Adama Sana, Bila Cene, Félix Sanou et Lansina Sanogo pour l'aide pendant les études sur le terrain ; Samir Messad (Cirad) pour sa contribution dans l'analyse statistique, ainsi que le service vétérinaire de Boromo.

## Références

- Alary V, Messad S, Taché C, Tillard E, 2002. Approche de la diversité des systèmes d'élevage laitier à la Réunion. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 55 : 285-97.
- Bauer B, Kabore I, Liebisch A, Meyer F, Petrich-Bauer J, 1992. Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin pour on for cattle. *Tropical Medicine and Parasitology* 43 : 41-6.
- Bouyer F, Hamadou S, Adakal H, Lancelot R, Stachurski F, Belem AMG, et al., 2011. Restricted application of insecticides: a promising tsetse control technique, but what do the farmers think of it? *Plos Tropical Neglected Diseases* 5 : e1276.
- Bouyer J, Guerrini L, Cesar J, de la Rocque S, Cuisance D, 2005. A phyto-sociological analysis of the distribution of riverine tsetse flies in Burkina Faso. *Medical and Veterinary Entomology* 19 : 372-8.
- Bouyer J, Guerrini L, Desquesnes M, de la Rocque S, Cuisance D, 2006. Mapping African Animal Trypanosomosis risk from the sky. *Veterinary Research* 37 : 633-45.
- Catley A, Chibunda RT, Ranga E, Makungu S, Magayane FT, Magoma G, et al., 2004. Participatory diagnosis of a heat-intolerance syndrome in cattle in Tanzania and association with foot-and-mouth disease. *Preventive Veterinary Medicine* 65 : 17-30.
- Catley A, Irungu P, Simiyu K, Dadye J, Mwakio W, Kiragu J, et al., 2002. Participatory investigations of bovine trypanosomiasis in Tana River District, Kenya. *Medical and Veterinary Entomology* 16 : 1-12.
- Catley A, Okoth S, Osman J, Fison T, Njiru Z, Mwangi J, et al., 2001. Participatory diagnosis of a chronic wasting disease in cattle in southern Sudan. *Preventive Veterinary Medicine* 51 : 161-81.
- Catley AP, Mohammed AA, 1996. The use of livestock-disease scoring by a primary animal-health project in Somaliland. *Preventive Veterinary Medicine* 28 : 175-86. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167587796010380](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167587796010380)
- Costard S, Porphyre V, Messad S, Rakotondrahanta S, Vidon H, Roger F, et al., 2009. Multivariate analysis of management and biosecurity practices in smallholder pig farms in Madagascar. *Preventive Veterinary Medicine* 92 : 199-209.
- Coulibaly B, 2007. *Spatialisation du risque trypanosomien: cas de trois sites d'études (Kabomba, Boromo, Douroula)*. Ouagadougou : Université de Ouagadougou.
- de la Rocque S, Michel JF, Cuisance D, de Wispeleare G, Solano P, Augusseau X, et al., 2001. *Le risque trypanosomien : du satellite au microsatellite : une approche globale pour une décision locale*. Versailles : éditions Quae.
- Delespeaux V, Geysen D, Van den Bossche P, Geerts S, 2008. Molecular tools for the rapid detection of drug resistance in animal trypanosomes. *Trends in Parasitology* 24 : 236-42.
- Desquesnes M, 2007. *Les trypanosomoses bovines : stratégies de lutte à l'échelle du troupeau*. Bobo-Dioulasso : Cirad ; Cirades. [www.cirades.org/spip.php?rubrique63&debut\\_articles\\_rubrique=20# pagination\\_articles\\_rubrique](http://www.cirades.org/spip.php?rubrique63&debut_articles_rubrique=20#pagination_articles_rubrique)
- Grace D, 2006. *Epidemiology and control of cattle trypanosomosis in villages under risk of trypanocide resistance in West Africa*. PhD thesis, Freie Universität (Berlin). [www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS\\_thesis\\_000000002527](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000002527)
- Kiers HAL, 1994. Simple structure in component analysis techniques for mixtures of qualitative and quantitative variables. *Psychometrika* 56 : 197-212.
- Koné N, N'Goran EK, Sidibe I, Kombasséré AW, Bouyer J, 2011. Spatio-temporal distribution of tsetse (Diptera: Glossinidae) and other biting flies (Diptera: Tabanidae and Stomoxinae) in the Mouhoun River Basin, Burkina Faso. *Medical and Veterinary Entomology* 25 : 156-68.
- Lefèvre P, Blancou J, Chermette R, 2003. *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail-Europe et régions chaudes*. Paris : Lavoisier.
- Machila N, Wanyangu SW, McDermott J, Welburn SC, Maudlin I, Eisler MC, 2003. Cattle owners' perceptions of African bovine trypanosomosis and its control in Busia and Kwale Districts of Kenya. *Acta Tropica* 86 : 25-34.
- Métrás R, Bouyer J, Vitouley HS, Koné N, Lancelot R, 2008. *Impact of landscape fragmentation and season on cattle trypanosomosis, in the Mouhoun river basin, Burkina Faso*. Xth European multicollaboration of parasitology, Paris.
- Ohaga SO, Kokwaro ED, Ndiege IO, Hassanali A, Saini RK, 2007. Livestock farmers' perception and epidemiology of bovine trypanosomosis in Kwale District, Kenya. *Preventive Veterinary Medicine* 80 : 24-33.
- Pagabeleguem S, Sangaré M, Bengaly Z, Akoudjin M, Belem AMG, Bouyer J, 2012. Climate, cattle rearing systems and African Animal Trypanosomosis risk in Burkina Faso. *PLoS ONE*. doi: 10.1371/journal.pone.0049762
- Serpantié G, Devineau JL, 1991. Le programme « Interrelation systèmes écologiques-systèmes de culture en zone soudanienne (Ouest Burkina) ». *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Atelier international du 2 au 5 décembre 1991, Montpellier, 1993. [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_6/colloques2/38753.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/38753.pdf)
- Snow WF, Rawlings P, 1999. Methods for the rapid appraisal of African animal trypanosomosis in the Gambia. *Preventive Veterinary Medicine* 42 : 67-86.
- Sokouri DP, Loukou NE, Yapi-Gnaoré CV, Mondeil F, Gnanangbe F, 2007. Caractérisation phénotypique des bovins à viande (*Bos taurus* et *Bos indicus*) au centre (Bouaké) et au nord (Korhogo) de la côte d'Ivoire. *Animal Genetic Resources Information* 40 : 43-53.
- Sow A, Sidibe I, Bengaly Z, Bouyer J, Bauer B, Van den Bossche P, 2010. Fifty years of research and fight against tsetse flies and animal trypanosomosis in Burkina Faso. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa* 58 : 95-118.
- Talaki E, Sidibe I, Diall O, Affognon H, Grace D, Djiteye A, et al., 2009. Variations saisonnières et facteurs de risques des trypanosomoses animales dans un contexte de chimiorésistance dans la zone de Sikasso au Mali. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa* 57 : 149-60. <http://ajol.info/index.php/bahpa/article/view/44978>
- Talaki E, Sidibe I, Diall O, Grace D, Barry AM, Djiteye A, et al., 2006. Répartition spatiale des trypanosomoses animales en relation avec la chimiorésistance dans la zone cotonnière de l'Afrique de l'Ouest (Mali et Guinée). *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales* 4 : 45-50. <http://hdl.handle.net/10568/2056>
- Tallet B, 2002. Comment gérer un « espace fini » ? Nouveaux enjeux fonciers en zone de colonisation agricole dans l'Ouest du Burkina Faso. *Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis*. 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun, 2003. <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/13/69/98/PDF/T228Tallet.pdf>
- Van den Bossche P, Doran M, Connor RJ, 2000. An analysis of trypanocidal drug use in the Eastern Province of Zambia. *Acta Tropica* 75 : 247-58.
- Vreysen MJB, Seck MT, Sall B, Bouyer J, 2012. Tsetse flies: their biology and control using area-wide integrated pest management approaches. *Journal of Invertebrate Pathology*.

### Annexe 1

**Questionnaire à scorer (un document associé, non présenté ici, indique le score que rapporte chaque modalité de réponse et permet de cocher la colonne correspondante)**

| Thème   | Question |   |   |   |   |   | Sans réponse             |
|---|----------|---|---|---|---|---|--------------------------|
| <b>1. Information des éleveurs</b>  |          |   |   |   |   |   |                          |
| <i>*Importance de la TAA par rapport aux autres maladies</i>  |          |   |   |   |   |   |                          |
| Principales causes de mortalité dans son élevage  | IV.1     |   |   |   |   |   |                          |
| Principales maladies rencontrées dans la zone   | IV.2     |   |   |   |   |   |                          |
| <i>*Connaissance de la TAA</i>  |          |   |   |   |   |   |                          |
| Connaissez-vous la TAA ?  | IV.3     |   |   |   |   |   |                          |
| Connaissez-vous les symptômes ?   | IV.4     |   |   |   |   |   |                          |
| Connaissez-vous le nom local de la TAA ?  | IV.5     |   |   |   |   |   |                          |
| <i>*Connaissance de la glossine</i>   |          |   |   |   |   |   |                          |
| Connaissez-vous la glossine ?   | V.4      |   |   |   |   |   |                          |
| Connaissez-vous le nom local de la glossine ?   | V.5      |   |   |   |   |   |                          |
| La rencontrez-vous souvent ?  | V.6      |   |   |   |   |   |                          |
| Rencontrez-vous ces animaux sauvages ?  | V.9      |   |   |   |   |   |                          |
| <i>*Prévalence/incidence TAA</i>  |          |   |   |   |   |   |                          |
| Combien de vos animaux sont-ils atteints de TAA ?   | IV.6     |   |   |   |   |   |                          |
| TAA fréquente ?   | IV.10    |   |   |   |   |   |                          |
| <i>*Impact de la TAA</i>  |          |   |   |   |   |   |                          |
| Combien d'animaux atteints sont-ils morts ?   | IV.8     |   |   |   |   |   |                          |
| <i>*Prévention et traitements contre la TAA</i>   |          |   |   |   |   |   |                          |
| Utilisation de trypanocides préventifs, curatifs  | IV.7     |   |   |   |   |   |                          |
| Races élevées   | III.5    |   |   |   |   |   |                          |
| Compléter la grille de score en multipliant le nombre total de réponses positives dans chaque colonne par les valeurs suivantes : |          |   |   |   |   |   |                          |
|   |          | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |                          |
| Total de la colonne   |          |   |   |   |   |   | voir la somme ci-dessous |
| Additionner les scores par colonne pour donner un score total =   |          |   |   |   |   |   |                          |

### **3.4. Importance des infections à transmission vectorielle selon le système de production : trypanosomose bovine et dynamique d'innovation des éleveurs au Sénégal**

Bouyer, F., Bouyer, J., Seck, M. T., Sall, B., Dicko, A. H., Lancelot, R. & Chia, E. (2015) Importance des infections à transmission vectorielle selon le système de production : trypanosomose bovine et dynamique d'innovation des éleveurs au Sénégal. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 34, 199-212.

(Bouyer et al. 2015)

#### Résumé

Au Sénégal, dans le cadre du projet d'éradication des glossines dans les Niayes, une analyse croisée de 10 études de cas a été réalisée et constitue la phase inductive de l'évaluation de l'impact de la disparition du risque trypanosomien sur les trajectoires d'innovation des élevages. Pour cela, la méthodologie de l'analyse compréhensive socio-technique et les outils d'épidémiologie participative ont été mobilisés afin de comprendre les logiques d'action des éleveurs. Les stratégies ont été analysées selon les objectifs des éleveurs et leurs capacités à mobiliser le réseau socio-technique pour 3 principaux types d'éleveurs : les agro-pasteurs, les agro-éleveurs et les éleveurs intensifs laitiers.

Le risque trypanosomien constitue une contrainte intégrée dans les logiques d'action et donc les conduites d'élevage par le recours à la génétique trypanotolérante, la prophylaxie médicale ou le choix de zones à faible risque pour la localisation des élevages. Ainsi la disparition du risque trypanosomien aura un impact majeur sur la composition des troupeaux et leur orientation stratégique. Cette évolution du contexte sanitaire va infléchir les trajectoires des élevages selon différentes voies d'intensification dans un contexte fortement concurrentiel.

Des indicateurs et déterminants des capacités d'innovation dégagés par cette étude seront intégrés dans des questionnaires pour préciser et quantifier les différentes trajectoires d'évolution des élevages afin d'améliorer l'évaluation de l'impact socio-économique du projet. La méthodologie présentée ici est transposable pour comprendre l'impact des changements de divers contextes sanitaires sur les dynamiques locales d'innovation des éleveurs.

#### Objectifs et méthode

Comment améliorer la compréhension de l'impact du risque trypanosomien sur les trajectoires d'innovation alors que le changement du contexte sanitaire dans les Niayes est

récent (l'éradication était effective depuis moins de 3 ans au moment de l'enquête dans le premier bloc et non terminée dans les autres) ? Une démarche pour comprendre comment le risque trypanosomien était intégré dans les logiques d'action des acteurs et comment les dynamiques d'innovation seraient infléchies s'est avérée indispensable. Il s'agissait de mettre en œuvre une phase inductive pour identifier les processus d'innovation en cours, les déterminants et les indicateurs des capacités d'innovation des éleveurs placés dans leur réseau socio-technique afin de pouvoir passer à une phase d'abduction pour construire les hypothèses d'évolution des trajectoires d'innovation, dans leur diversité. Un abord global des stratégies d'exploitation était indispensable pour comprendre l'ensemble des logiques d'action et comment le risque trypanosomien y est intégré. L'étude de cas a permis ici de comprendre des phénomènes, des trajectoires et n'avait pas vocation à décrire des situations (Darré et al. 2004), bien qu'une quantification ait été esquissée suite à des exigences éditoriales.

Compte-tenu des contraintes temporelles, des moyens alloués à l'enquête de terrain, un compromis a été recherché pour la mise au point des méthodes et outils d'enquête, le nombre d'entretiens (et donc le nombre d'enquêtés) à réaliser et le périmètre de l'analyse. Le domaine du possible en matière d'innovation étant vaste, il a donc été décidé de s'intéresser particulièrement à la composition du troupeau comme entrée sur l'innovation et aux dynamiques d'innovation associées. En effet, à chaque choix de race et de type d'allotement est associé un réseau de pratiques, de valeurs et d'acteurs.

Ainsi les études de cas ont porté sur 10 élevages pour l'analyse croisée. En complément de cette analyse s'ajoutent (voir annexes 1 et 2 pour la méthode) l'analyse d'un entretien avec un chercheur en zootechnie de l'ISRA (annexe 3), celle d'un entretien avec un responsable de la DSV (annexe 4) et l'analyse d'un débat collectif avec 9 éleveurs sur la base de la restitution des résultats (annexe 5) qui seront abordés en partie 3.5.

L'échantillon a été constitué de manière stratifiée pour obtenir une diversité maximale de trajectoires selon la maximum variation sampling technique (Lindlof and Taylor 2010). Ainsi, l'échantillonnage a été stratifié par système d'élevage d'après le recensement réalisé pour l'étude socio-économique (Bouyer et al. 2014): 2 éleveurs élevant principalement des Gobras (18% des éleveurs dans les Niayes), 3 élevant principalement des races exotiques (17%) et 5 élevant principalement des Djakorés (65%). Comme les systèmes d'élevage utilisant des Gobras et des Djakorés ont davantage de proximité de pratiques, les proportions n'ont pas été exactement suivies et une étude de cas a été attribuée en plus à la catégorie des éleveurs de bovins exotiques pour mieux saisir leurs logiques d'actions.

La méthodologie de l'entretien compréhensif s'est affinée au fur-et-à-mesure de la progression dans les études de cas par apprentissage (en relation avec d'une part la formation, suivie à mi-parcours, à l'entretien et l'analyse compréhensifs dispensée par le GERDAL et d'autre part l'adaptation de la méthode au matériau selon les principes de l'entretien compréhensif) (Kaufmann 2013). Ainsi l'aboutissement a été de mieux développer la technique d'entretien compréhensif et de retarder la mise en œuvre des outils d'EP et les questions sur un mode questionnaire : avec chaque éleveur, les deux premiers entretiens ont été consacrés à la gestion globale de l'exploitation selon la méthode d'entretien du GERDAL (voir 2.2.2.4) avec une entrée concrète sur les pratiques. La matrice de notation des maladies et la gestion sanitaire ont été abordées en 3<sup>ème</sup> entretien et les données quantitatives manquantes ont été complétées au 4<sup>ème</sup> entretien. La transcription de l'entretien est devenue intégrale, la partie questionnaire étant remplie d'une part sur la base de la transcription et d'autre part directement au cours du dernier entretien. Les pondérations par empilements proportionnels sont apparues plus fiables que les classements et les ont partiellement remplacés.

Ici, la connaissance de l'historique d'une exploitation a été utilisée pour comprendre ses objectifs (Capillon and Manichon 1978, Chia 1992, Brossier et al. 1997, Chia et al. 2014). Le changement du contexte sanitaire est un changement exceptionnel (Desrumaux 1986), dont les changements de pratiques conséquentes doivent être étudiés de manière synchronique. L'analyse des trajectoires d'exploitation doit permettre d'identifier les invariants et les objets de changement.

### Principaux résultats

3 grands groupes d'éleveurs en première approche ont été définis mais plusieurs trajectoires possibles devront être envisagées à l'intérieur de ces groupes (qui devront donc être subdivisés). Pour prévoir l'impact de l'éradication du risque sur l'innovation, un travail qualitatif pour comprendre les dynamiques en cours devra être réalisé et complété par une étude quantitative.

En ce qui concerne les agro-pasteurs qui sont les plus nombreux dans les Niayes, la définition d'être éleveur est structurante pour les invariants (comme les objets centraux des conceptions) (Moulin et al. 2004). L'entretien compréhensif a ici révélé le concept « être un vrai éleveur » et son importance pour les éleveurs de tradition peuhle : être un vrai éleveur, c'est avoir un troupeau avec reproduction (être naisseur et pas seulement commerçant ou engraisseur) et vivre avec les animaux dont la qualité et le bien-être importe en opposition avec les éleveurs qui ne sont pas présents en permanence sur l'exploitation, qui délèguent la

gestion de celle-ci et ont une approche productiviste (choix économiques prépondérants). On retrouve dans la controverse de l'accès aux ressources naturelles (résidus de récolte, terres agricoles) l'importance de cette définition car certains éleveurs traditionnels se sentent en concurrence avec ceux qui ne sont pas de vrais éleveurs et qui viennent de surcroît des autres communes: ils établissent un lien entre cette concurrence et leurs difficultés à vivre de l'élevage qui attise un sentiment d'injustice. Cette définition est aussi importante car les éleveurs de tradition peuhle ne veulent pas être de simples engraisseurs/ commerçants de bétail. Cependant, cette norme sociale ne fait plus l'unanimité dans le groupe des agropasteurs peuhls car certains placent leurs objectifs économiques au-dessus de leurs objectifs identitaires : il s'agit des plus jeunes ou ceux qui sont socialement défavorisés (un petit nombre d'éleveurs dans le campement de M. D. à Thiès ont indiqué de manière discrète leur préférence pour une spécialisation dans l'engraissement et la commercialisation de taureaux sans lot *tyosaan*). La compréhension de ces normes sociales a permis d'expliquer les dynamiques et il conviendra de quantifier les différentes catégories d'éleveurs (groupes sociaux) grâce à des indicateurs (de capacités d'innovation) et leur évolution dans le temps.

Sans avoir l'ambition de faire une étude sociologique approfondie des différents types de gestion du troupeau *tyosaan* (gestion très centralisée, disjointe ou collective) comme l'a fait Ancy au Ferlo (Ancy et al. 2009), il est utile de connaître les principales logiques de gestion du troupeau et notamment la gamme de variantes avec les conceptions associées (comme la modification de la pyramide des âges du troupeau par la vente précoce des taureaux pour diminuer le risque de vol et de mort subite par ingestion de plastiques) propres au milieu social étudié.

Dans le discours des éleveurs apparaît un concept intermédiaire central : ce qu'est « un bon animal ». Un concept proche (« la belle brebis avec de belles cornes ») avait été aussi mis en évidence pour expliquer l'échec des programmes d'amélioration génétique dans les Pyrénées occidentales (Labatut et al. 2013). La question de l'ancrage territoriale des races locales remet en question le choix de l'échelle de raisonnement pour l'évolution des systèmes d'élevage. L'échelle du territoire doit être préférée à celle de l'exploitation et ou de la nation. Le régime socio-technique (avec un réseau d'acteurs et de normes) à l'échelle du territoire est une clé de lecture (Geels and Schot 2007, Baret et al. 2013). L'importance de l'accès local à des reproducteurs de race locale ayant un bon statut sanitaire et correspondant aux critères des éleveurs peut expliquer l'échec de programmes d'amélioration génétique. Les éleveurs peuhls qui ont des objectifs culturels prépondérants recherchent des reproducteurs ayant l'esthétique du zébu peuhl-peuhl et leur permettant d'exploiter au maximum les pâturages disponibles,

avec une complémentation minimale. Cette stratégie est comparable aux éleveurs de brebis Manex noire qui ne sont pas intéressés par le gain génétique tel que défini par les zootechniciens et n'utilisent pas les services d'amélioration génétique (Labatut et al. 2013). La norme sociale peuhle (la plus) traditionnelle est d'utiliser les géniteurs mâles nés dans le troupeau et d'introduire par achat uniquement des génisses. La dimension patrimoniale des lignées de Gobras (appelés gobour ou peuhl-peuhl) « *élevés par [le] père et [le] grand-père* » est une forme de conservation de la race. Donc les normes sociales peuhles qui explicitent à la fois des objectifs et des manières de faire permettent de comprendre des stratégies. La connaissance partielle de ces normes peut être source de biais car les acteurs peuvent invoquer, au premier abord, des normes qui ne dirigent pas effectivement l'action. C'est le cas des éleveurs peuhls qui, bien que voulant augmenter la taille de leur troupeau tyosaan, ont dû vendre leurs animaux les plus âgés pour prévenir les pertes dues aux vols des animaux de valeur ou aux mortalités par occlusion intestinale liée à l'ingestion de plastiques. La norme qui dirige l'action est celle de la sauvegarde économique ; elle entre en concurrence avec la norme qui porte les valeurs culturelles et qui est citée en premier car plus valorisée socialement. Ainsi le choix de suivre une norme plutôt qu'une autre (de manière provisoire ou permanente) est influencé par la dynamique du réseau socio-technique. L'identification des problèmes en discussion dans les réseaux de dialogue et des controverses conduit aux sujets sur lesquels les normes vont être remodelées collectivement.

Les structures qui conseillent les éleveurs sont les agents vétérinaires d'Etat, les vétérinaires privés et les firmes européennes et brésiliennes qui vendent les semences et les produits vétérinaires ; les vendeurs d'aliment « *sont juste des vendeurs* » : il n'y a pas de filière intégrée. Ces structures vont toutes dans le sens de l'intensification laitière ou mixte avec un engouement pour la modernisation de l'agriculture en Afrique tournée vers le marché. Or les motivations culturelles et sociales des éleveurs, en particulier peuhls mais pas seulement, de ceux qui ont « *l'amour de l'élevage* » et/ou qui élèvent pour avoir à disposition des bovins pour les dots de mariages, pour les cérémonies de leurs marabouts ne sont pas prises en compte.

Ainsi les bovins métis dont la production est encouragée par l'Etat et de manière plus large la sphère vétérinaire sont des construits socio-techniques non stabilisés que nous qualifierons d' « objets-valises » (Flichy 2003). En effet, les usages et conceptions associées sont très différents d'un groupe d'acteurs à un autre. L'Etat souhaiterait qu'ils soient produits uniquement par insémination artificielle et utilisés comme des vaches laitières rustiques uniquement pour la production (et pas pour la reproduction). Nous avons vu que certains

éleveurs laitiers intensifs les produisent par insémination artificielle et considèrent qu'un lot de vaches métisses (avec une gestion zootechnique similaire au lot de vaches laitières exotiques) est utile pour assurer une production laitière régulière pendant les mois les plus chauds. Parmi les agro-éleveurs, nous avons rencontré certains éleveurs qui envisagent les métis comme des porteurs de traits génétiques intéressants et qui sont utilisés comme géniteurs dans l'optique de produire une nouvelle race de bovins qui serait adaptée à leur conduite et objectifs d'élevage. Certains agro-pasteurs introduisent aussi une génétique laitière mais en ayant davantage la volonté de rester sur une base génétique locale. Enfin, de nombreux agro-éleveurs et agro-pasteurs envisagent l'élevage de quelques vaches métisses élevées à l'attache pour la production laitière, en marge du troupeau, bien que cette situation soit encore peu rencontrée (en particulier chez les agro-pasteurs), que le mode d'acquisition des métis (par achat ou par insémination) soit fluctuant et que l'usage de ces métisses ne soit pas stabilisé. En effet, le réseau de pratiques et d'acteurs est en construction et il a été donné à voir des éleveurs qui commençaient l'élevage de métisses en envisageant en cas de difficultés une finalité bouchère pour celles-ci plutôt que laitière. Un manque d'information sur les races européennes inséminées a été observé au niveau des agro-éleveurs allant jusqu'à ignorer quelle est la race inséminée (car les paillettes de différentes races étaient transportées ensemble et qu'aucune information n'accompagnait le choix des paillettes).

Alors que la DSV envisage/ souhaite une transition de tous les éleveurs vers la production laitière intensive, ces objectifs laitiers sont un point important à débattre. Le concept intermédiaire d'un « bon animal » a permis de découvrir que de nombreux éleveurs (de groupes sociaux différents) ont une conception commune : un animal de qualité, de race locale ou métisse est celui qui a reçu un allaitement maternel de qualité, en quantité et en qualité. La qualité de cet allaitement a aussi été mise en relation avec la qualité du pâturage naturel et avec la durée de l'allaitement qui doit être long (18 mois). Cette conception est surtout importante pour les reproducteurs, et ne s'applique pas aux animaux achetés et destinés à la boucherie. Par conséquent, l'objectif de production laitière sera envisagé différemment selon que l'animal soit de race laitière exotique ou non. Les éleveurs ayant des races locales ou métisses et qui veulent produire leurs reproducteurs par la monte naturelle envisagent leur spécialisation laitière de manière très différente de ceux qui sont des intensifs laitiers assurant la reproduction par insémination artificielle, puisqu'une partie importante du lait sera réservé au veau, que les éleveurs souhaitent encore utiliser le pâturage naturel et qu'une réduction de l'intervalle entre les vêlages n'est pas souhaité.

Alors que les critères d'exploitation (réforme) ne sont pas apparus pertinents pour certains auteurs (ou jusqu'ici) pour connaître les stratégies de sélection et que la maîtrise des saillies et donc des croisements par les éleveurs extensifs a été remise en cause, les éleveurs extensifs (avec conduite au pâturage des mâles et femelles ensemble) indiquent quel est le taureau « *qui monte* » et ils ont des critères de choix des géniteurs et donc de réforme des mâles non destinés à la reproduction basés sur l'état corporel, l'esthétique (le type Gobra), et le gabarit mais aussi quelquefois sur les qualités laitières des mères de taureaux. C'est le recueil des filiations non enregistrées par écrit qui pose problème ; par contre, le processus de choix de croisement est raisonné, même s'il n'est pas totalement contrôlé et qu'une petite proportion de saillies peut être réalisées par des taureaux dominants issus d'autres troupeaux rencontrés au pâturage (Fig. 14). Ainsi il est intéressant de connaître les critères de choix du concept intermédiaire « *le taureau qui monte* » qui synthétise bien la stratégie de reproduction. Les éleveurs qui ne pratiquent pas l'insémination artificielle introduisent généralement l'augmentation de gabarit ou l'esthétique Gobra ou les qualités laitières par le taureau c'est-à-dire une introduction de génétique trypanosensible. L'état général du taureau placé dans les conditions d'élevage sert de curseur pour la durée de sa carrière reproductive ainsi que la santé de sa descendance. Les éleveurs traditionnels testent donc régulièrement le risque trypanosomien mais il est intégré dans une évaluation globale de la résistance qui comprend aussi l'adaptation aux conditions alimentaires. Les éleveurs qui entretiennent des lignées familiales de Zébu Gobra en ne prenant comme reproducteurs que les taureaux nés dans le troupeau (et en introduisant des génisses de même race) auront des capacités d'innovation génétique très restreintes (voir 4.1).



*Fig. 14. Veaux d'un troupeau traditionnel avec géniteurs Djakorés (sans pratique de l'insémination artificielle) : présence d'un veau métis issu d'une saillie fortuite avec un taureau de race exotique issu d'un autre troupeau (cliché F. Bouyer).*

La rusticité des femelles est un critère de choix très important pour les éleveurs. Des éleveurs appartenant aux 3 catégories d'éleveurs ont expliqué que la production de bonnes génitrices (de race locale ou métis) est déterminée par un allaitement suffisant en qualité et en quantité de celles-ci dans leur jeune âge. Un critère physique peu connu des zootechniciens a été explicité : il s'agit de la forme du crane à la base des cornes. Il sera utile donc de quantifier le nombre d'éleveurs mobilisant ce critère.

Le réseau de dialogue et de relations professionnelles des éleveurs intensifs enquêtés était plus varié (avec une situation de multi-appartenance renforcée par l'emploi de bergers peuhls) que les agro-pasteurs. Ils effectuent des alliances avec des acteurs très variés et appartenant à des sphères différentes : les agriculteurs ou propriétaires terriens des communes avoisinantes, les vétérinaires privées et publics ainsi que le Ministère de l'Elevage (par des relations commerciales et techniques comme les services d'insémination et les groupes de lobbying, les firmes et associations européennes associées à l'équipement agricole, le matériel génétique, les médicaments qui, accompagnés d'information, sont des objets-frontières entre ces mondes agricoles éloignés. Si l'information est bien mobilisée et remaniée au niveau des vétérinaires et éleveurs laitiers intensifs, elle circule très peu vers les autres catégories d'éleveurs.

Les éleveurs intensifs ont des relations privilégiées avec le secteur vétérinaire : les vétérinaires et agronomes sont très bien représentés soit comme propriétaires, soit comme gérants de ferme ou prestataires sous contrat (en particulier au sein de l'ANIPL). Parmi les études de cas, un éleveur présente une situation de multi-appartenance poussée, en étant éleveur, vétérinaire praticien, prestataire pour plusieurs fermes modernes, importateur des génisses gestantes et de semences dont un des clients est l'Etat, prestataire pour les campagnes d'insémination dirigées par l'Etat et consultant. Il a bâti cette stratégie pour être à la fois porte-parole des éleveurs intensifs, centre de traduction entre les firmes européennes et les éleveurs et effecteur à distance. Les éleveurs intensifs laitiers prennent, de plus, de nombreuses initiatives pour négocier l'accès aux résidus, aux concentrés et l'accès aux terres cultivables et mobilisent pour cela le milieu associatif et tentent de mobiliser des personnes investis d'un pouvoir important. Cela leur donnerait un avantage sur les éleveurs extensifs au niveau de la vulnérabilité (Alary et al. 2014); cependant ils ne possèdent aucune sécurité concernant l'accès aux terres cultivables et évoquent comme contrainte le problème de leur

faible poids électoral; ils présentent ainsi une vulnérabilité qui pourrait remettre en cause la pérennité de leur élevage. La vulnérabilité peut concerner des producteurs non touchés par la pauvreté (Alary et al. 2014). La vulnérabilité des agro-pasteurs est évoquée par les éleveurs eux-mêmes mais aussi par la DSV aussi bien par les agents vétérinaires sur le terrain que par les responsables en haut de la hiérarchie.

Les éleveurs citadins doubles actifs ayant de très petits effectifs et déléguant la gestion du troupeau (Ba Diao 2005) n'ont pas été enquêtés. Le biais d'échantillonnage est probablement issu d'un ensemble de conjonctions : le fait que les éleveurs ayant de petits troupeaux forment la plus petite catégorie d'éleveurs (dans la liste réalisée par les agents vétérinaires) et que le recrutement impliquait (après le tirage au sort) l'accord des éleveurs pour s'engager dans une série de 4 entretiens. En effet, il est probable que le recensement initial par les agents de la DSV a sous-détekté les éleveurs ayant très peu d'animaux, qui ont un recours moins important aux vétérinaires. Il est probable que le réseau social de leurs bergers peuhls soit beaucoup sollicité.

Pour comprendre et évaluer l'impact du risque trypanosomien sur l'innovation, il est nécessaire de comprendre et de quantifier les dynamiques sociotechniques locales et de voir cet impact comme une inflexion de trajectoires en cours. Au Sénégal, l'analyse qualitative de ces dynamiques différenciées a permis d'identifier des indicateurs de capacités d'innovation qui seront utilisés pour quantifier et suivre les différentes trajectoires d'innovation. Il s'agit de du statut initial du troupeau (et du type d'allotement) et des objectifs associés, des capacités d'investissement, du mode d'alimentation fourragère des bovins, de l'appartenance à un groupement professionnel, du mode de gestion de la reproduction et des races choisies pour les géniteurs ainsi que l'usage de bovins pour les événements sociaux.

# Importance des infections à transmission vectorielle selon le système de production : trypanosomose bovine et dynamique d'innovation des éleveurs au Sénégal

F. Bouyer <sup>(1, 2, 3)\*</sup>, J. Bouyer <sup>(1, 2, 3)</sup>, M.T. Seck <sup>(1)</sup>, B. Sall <sup>(4)</sup>, A.H. Dicko <sup>(1)</sup>, R. Lancelot <sup>(2, 3)</sup> & E. Chia <sup>(5)</sup>

(1) Institut sénégalais de recherches agricoles, Laboratoire national d'élevage et de recherches vétérinaires, B.P. 2057, Dakar – Hann, Sénégal

(2) Unité mixte de recherche « Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes », Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), 34398, Montpellier, France

(3) Unité mixte de recherche 1309 « Contrôle des maladies animales exotiques et émergentes », Institut national de la recherche agronomique (INRA), 34398, Montpellier, France

(4) Direction des Services vétérinaires, Dakar, Sénégal

(5) Unité mixte de recherche 0951 « Innovation », Institut national de la recherche agronomique – Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (INRA-CIRAD), 34398 Montpellier, France

\*Auteur chargé de la correspondance : neptisliberti@gmail.com, bouyer@cirad.fr

## Résumé

Au Sénégal, un projet d'éradication d'une population de glossines (*Glossina palpalis gambiensis*) a été mis en place dans une région favorable à l'intensification de l'élevage, la région côtière des Niayes, dans le but de lever la contrainte trypanosomienne et de permettre une intensification écologique de la production bovine.

L'analyse croisée de dix études de cas constitue la phase inductive de l'évaluation de l'impact de la levée de cette contrainte sanitaire sur les trajectoires des stratégies d'élevage. Pour cela, la méthodologie de l'analyse compréhensive et des outils de l'épidémiologie participative ont été mobilisés afin de comprendre les logiques d'action. Les stratégies ont été analysées selon les objectifs des éleveurs et leurs capacités à mobiliser le réseau socio-technique, pour trois principaux types d'éleveurs : les agro-pasteurs, les agro-éleveurs et les intensifs laitiers.

Le risque trypanosomien constitue une contrainte intégrée dans les conduites d'élevage par le recours à la génétique trypanotolérante, la prophylaxie médicale ou le choix de zones à faible risque pour la localisation des élevages. Ainsi, la disparition du risque trypanosomien aura un impact majeur sur la composition des troupeaux et leur orientation stratégique. Cette évolution du contexte sanitaire va infléchir les trajectoires des élevages selon différentes voies d'intensification dans un contexte fortement concurrentiel.

Les indicateurs de capacités d'innovation dégagés par cette étude seront utilisés pour suivre quantitativement les différents scénarios d'évolution prenant en compte les logiques d'action des éleveurs afin d'évaluer l'impact socio-économique de l'éradication des populations de glossines dans cette région. La méthodologie présentée est utilisable pour comprendre l'impact du contrôle d'autres infections à transmission vectorielle sur les dynamiques d'innovation des éleveurs.

## Mots-clés

Analyse compréhensive – Étude de cas – Intensification écologique – Maladie à transmission vectorielle – Race bovine – Risque sanitaire – Sénégal – Système d'élevage – Théorie de l'acteur-réseau – Trypanosomose animale africaine – Zone des Niayes.

## Introduction

En Afrique sub-saharienne, les conditions agro-écologiques et les systèmes d'élevage sont tels que les infections à transmission vectorielle représentent une contrainte à l'intensification des productions animales chez les ruminants. Les trypanosomoses animales africaines transmises par les glossines (Diptera, Glossinidae), ou nagana, sont ainsi considérées comme la principale contrainte sanitaire à l'intensification de l'élevage bovin (1). Leur impact varie selon les systèmes de production et les capacités à mettre en place une stratégie de lutte intégrée, qui nécessite généralement d'innover en réalisant des investissements et en changeant les pratiques d'élevage (2).

Au Sénégal, un projet d'éradication d'une population de glossines (*Glossina palpalis gambiensis*) a été mis en place dans la région côtière des Niayes, bande de 30 à 40 km située le long de la côte Atlantique, où des conditions micro-climatiques particulières sont propices à l'intensification de l'agriculture et de l'élevage. Ce projet est coordonné par la Direction des Services vétérinaires, avec un objectif d'intensification écologique (3) : il s'agit en effet d'augmenter la production et la productivité de l'élevage bovin tout en réduisant la population bovine. Les auteurs ont étudié l'impact de la levée de la contrainte sanitaire (trypanosomoses animales africaines) associée à l'éradication de cette population de vecteurs selon les systèmes de production. L'hypothèse est que la disparition du risque trypanosomien a d'une part un effet positif sur la productivité des systèmes d'élevage bovin et d'autre part influence les trajectoires d'innovation en favorisant le changement de régime socio-technique (groupes d'actants structurant l'innovation technologique et habitudes cognitives associées) (4). Comprendre ces trajectoires est un défi important pour quantifier les bénéfices socio-économiques associés à cette intervention et nécessite d'analyser les dynamiques à l'échelle du réseau socio-technique.

## Méthodes

L'évolution des stratégies des éleveurs et de leurs pratiques a été étudiée grâce à l'analyse croisée de dix études de cas basées sur des entretiens compréhensifs (quatre entretiens par éleveur espacés d'au moins une semaine). Des outils d'épidémiologie participative ont été utilisés pour aborder avec les éleveurs le contexte sanitaire. Les éleveurs ont été sélectionnés aléatoirement dans la zone ciblée par ce projet après stratification de leur population (environ 1 000 éleveurs dont 513 géolocalisés lors d'une enquête préliminaire) sur les systèmes d'élevage préalablement identifiés par une étude socio-économique (3) : trois éleveurs utilisant majoritairement des races exotiques (correspondant à 17 % des éleveurs dans la zone d'étude), deux éleveurs utilisant

principalement des Gobras (18 %) et cinq éleveurs utilisant principalement des bovins trypanotolérants (65 %).

### Approche globale des stratégies d'exploitation par entretiens compréhensifs

Les études de cas ont été utilisées afin d'identifier de nouveaux processus et concepts (5). Il s'agit de renforcer une boucle réursive abduction / déduction / induction (Fig. 1) (6). Les pratiques des éleveurs traduisent leur rationalité, portant à la fois sur ce que sont les choses et sur ce qui est souhaitable (normes sociales). Pour comprendre une action, il est nécessaire de connaître ce qui l'explique et la justifie pour les sujets eux-mêmes (7). Ainsi, les pratiques ont été reliées aux conceptions qui leur sont associées, en étudiant la manière dont elles sont élaborées, afin de comprendre les dynamiques en cours (8). En effet, les processus décisionnels du quotidien sont issus de formes collectives de pensée, remodelées en fonction des débats qui ont lieu dans le réseau de dialogue des sujets, et intègrent la gestion du risque.

Les hypothèses et liens de causalité identifiés dans cette phase inductive seront ultérieurement explorés par une enquête socio-économique basée sur un échantillonnage plus large (composante hypothético-déductive, Fig. 1).

### Utilisation des outils de l'épidémiologie participative

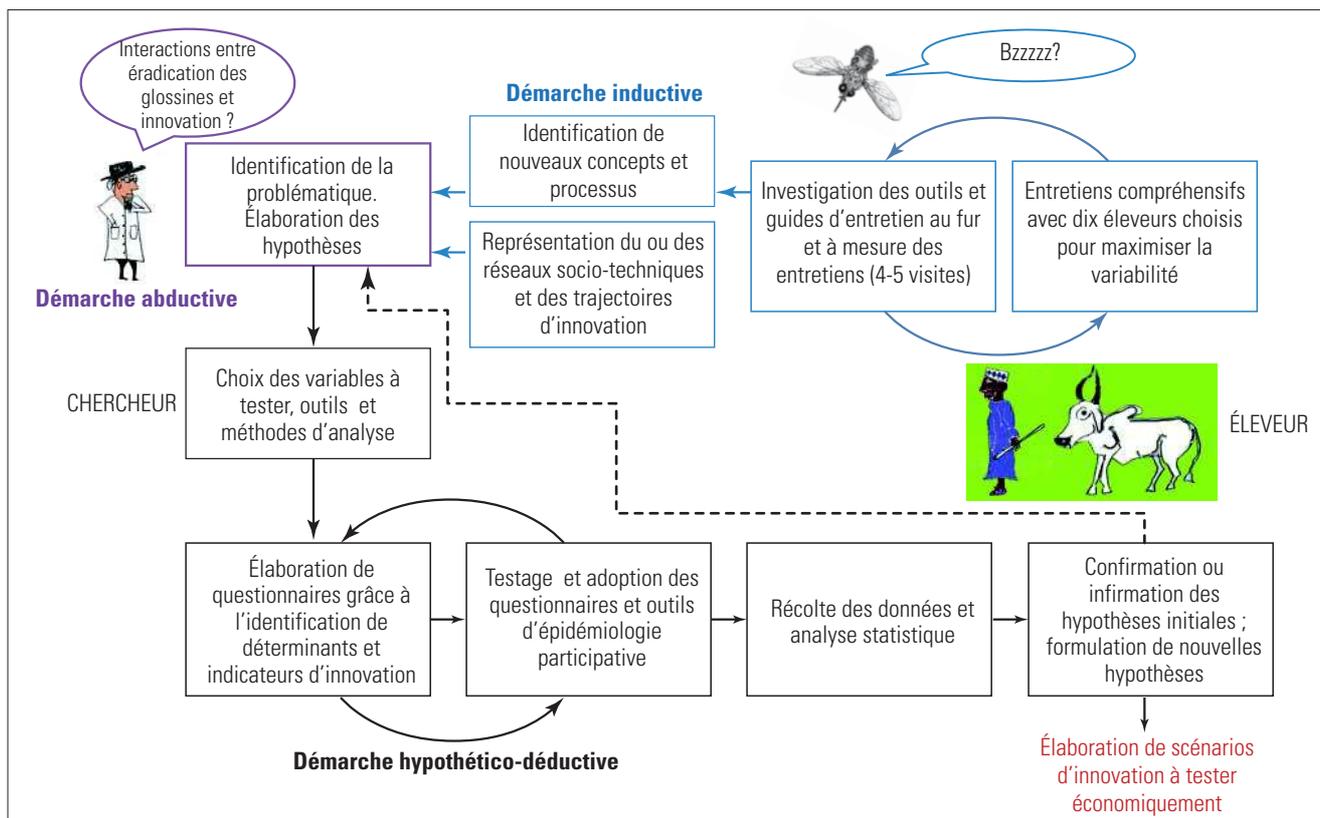
Le risque trypanosomien est très hétérogène dans les Niayes, mais il existe des données précises sur la répartition spatiale des vecteurs cycliques des trypanosomoses animales africaines (9).

Pour évaluer la perception du risque de maladies vectorielles, chaque éleveur a réalisé une matrice de notation des maladies afin d'adopter un langage commun sur les maladies et de récolter les connaissances et perceptions spécifiques aux trypanosomoses animales africaines (10, 11). Des empilements proportionnels ont été réalisés sur l'incidence annuelle des trypanosomoses animales africaines depuis 2010. Ces données semi-quantitatives ont été croisées avec les données quantitatives des traitements trypanocides et autres administrés en 2010 et 2013.

Les races ont été classées par les éleveurs selon les trois critères les plus récurrents lors des descriptions (esthétique, productivité, rusticité), après une phase d'entretiens compréhensifs.

### Analyse des réseaux socio-techniques et de dialogue

Les conceptions individuelles qui sous-tendent l'action sont issues d'une construction collective et l'usage des



Déduction : tirer une conséquence à partir d'une règle générale et d'une observation empirique (cas)  
 Induction : trouver une règle générale qui pourrait rendre compte de la conséquence si l'observation empirique est vraie  
 Abduction : élaborer une observation empirique qui relie une règle générale à une conséquence (retrouver la conséquence si la règle est vraie)

**Fig. 1**  
**Démarche méthodologique adoptée pour caractériser les interactions entre risque trypanosomien et systèmes d'élevage dans les Niayes**

Les résultats présentés dans cette publication correspondent à la démarche inductive

technologies et des innovations passe par la sollicitation d'un réseau socio-technique (12, 13). L'étude des dynamiques a ainsi nécessité un changement d'échelle, de l'exploitation agricole aux réseaux socio-techniques dans lesquels elle s'insère. Pour cela, l'analyse s'est inscrite dans le cadre méthodologique de la sociologie de l'acteur-réseau (14), qui envisage la contribution des entités humaines et non humaines de la même manière (actants). Les groupes sociaux et les réseaux de dialogue ont été caractérisés, car la diversité des relations et des débats (avec les pairs, les partenaires techniques...) favorise l'innovation.

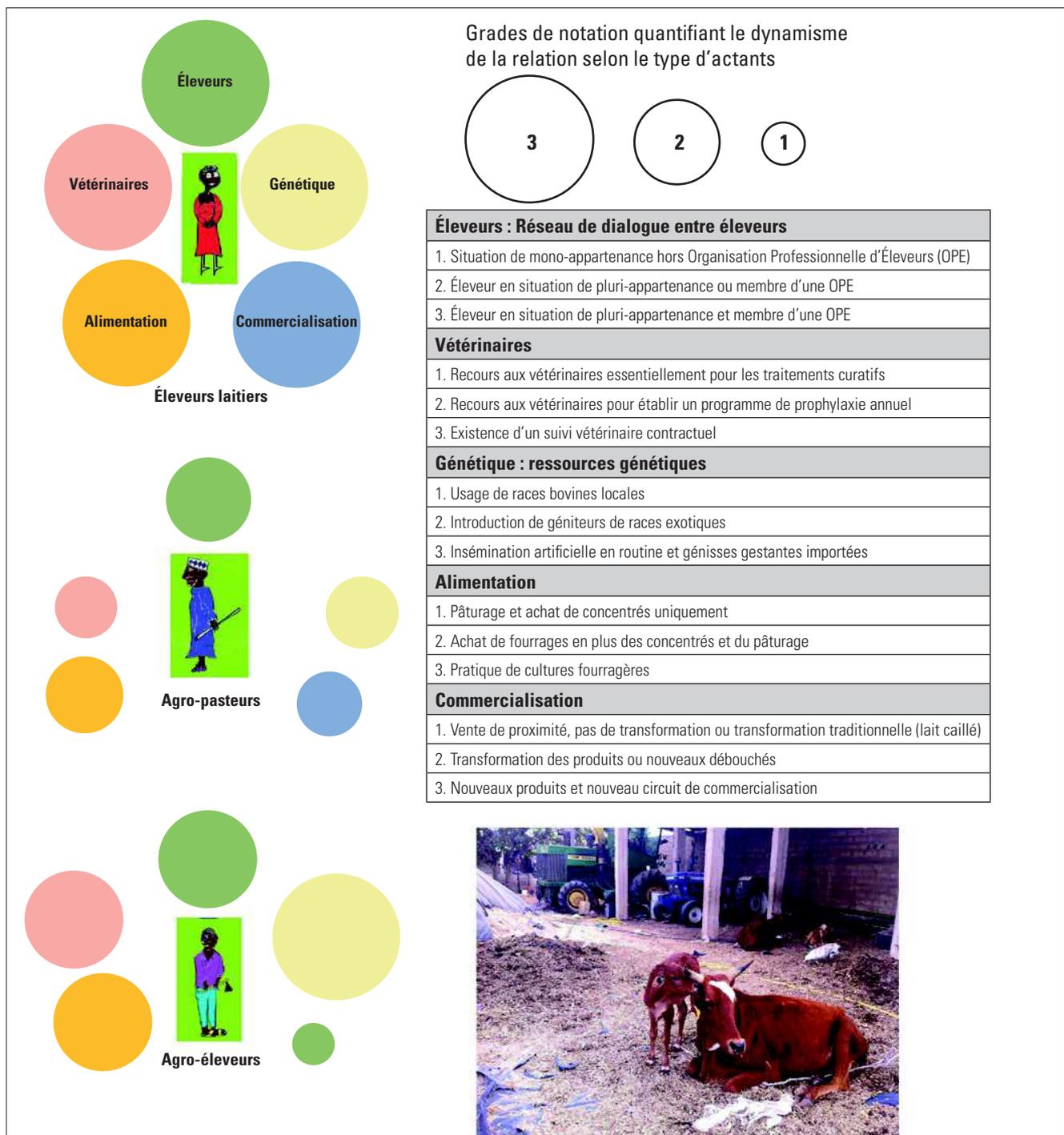
## Résultats

### Coexistence de trois systèmes d'élevage dans les Niayes

Les trajectoires des élevages associés aux objectifs personnels des éleveurs permettent de caractériser les points de vue objectivement situés (8) et de comprendre

les trajectoires d'innovation. Ainsi, la typologie employée a été modifiée par rapport à celle qui avait été utilisée pour l'échantillonnage. La première dichotomie est observée entre les producteurs laitiers (n = 2/10), qui ont commencé leur activité d'élevage avec des fonds provenant d'une autre activité rémunératrice et qui ont acquis par achat des bovins de race exotique laitière, maintenus en stabulation permanente, et les éleveurs possédant des troupeaux allant au pâturage (n = 8/10). Parmi ces derniers, on distingue les pasteurs et agro-pasteurs (n = 6/8), qui possèdent des troupeaux à effectif moyen à grand dont la vocation est principalement bouchère, des agro-éleveurs (n = 2/8) qui, initialement agriculteurs, ont développé des troupeaux petits à moyens dans une visée de production mixte viande et lait.

Les éleveurs laitiers ont réalisé des investissements importants en achetant des génisses gestantes en France, en pratiquant l'insémination artificielle en routine et en s'équipant avec des infrastructures et équipements modernes. Ils recourent aux services vétérinaires privés et publics et à des prestataires de service en France pour la génétique et la santé animale



**Fig. 2**  
**Relations des éleveurs avec les principaux groupes d'actants du réseau socio-technique de l'élevage dans les Niayes en fonction du système d'élevage**

La distance entre les boîtes (éleveurs) et les bulles (actants) est proportionnelle à la fréquence des contacts ; la taille des bulles est proportionnelle au dynamisme de la relation vis-à-vis des capacités d'innovation

(Fig. 2). L'usage intensif d'intrants et la culture fourragère (maïs, sorgho) caractérisent ce système.

La majorité des pasteurs et agro-pasteurs interrogés, d'ethnie peuhle (majoritaire dans l'échantillon de 277

élevages enquêtés en 2010 [3]), recherchent dans leur activité d'élevage une adhésion à leur identité, notamment en possédant un troupeau *tyossan* ou *diofndé aada* pour « être un vrai éleveur » (Tableau I). Bien que la plupart aient une tradition d'élevage, certains élèvent un troupeau issu

**Tableau I**  
**Désignation et sens de quelques termes en wolof et pulaar utilisés par les éleveurs**

| Termes                | Traduction/désignation   | Sens pour les usagers   |
|-----------------------|--|---|
| <i>Nagé, nayi</i>     | <i>Nagé</i> : « vache » au singulier en pulaar ( <i>nayi</i> , au pluriel) | Les bovins de manière générale  |
| <i>Tyossan</i>        | « Tradition » en wolof   | Le troupeau <i>tyossan</i> est le troupeau d'origine, qui est transmis de génération en génération et qui a un rôle de transmission des lignées ancestrales de bovins à l'intérieur de la famille |
| <i>Diofndé aada</i>   | « Parc de nuit traditionnel » en pulaar                                    | Par extension, le troupeau traditionnel, qui est l'équivalent du troupeau <i>tyossan</i>  |
| <i>Nayi wuro</i>      | « Vaches de la maison/ de la ville » en pulaar                             | Ce sont des vaches achetées pour la reproduction et qui ne sont pas vendues. L'éleveur peut élever la race de son choix   |
| <i>Thiogal</i>        | « Grand troupeau » en pulaar   | Désigne les taureaux achetés dans les systèmes pastoraux traditionnels (hors des Niayes) et revendus pour l'embouche  |
| <i>Moussane</i>       | « Épuisement » en wolof  | Similaire aux trypanosomoses animales africaines dans les matrices de notation ; fait le lit des autres maladies  |
| <i>Sompt, somptou</i> | L'équivalent de <i>moussane</i> en pulaar                                  | Similaire aux trypanosomoses animales africaines dans les matrices de notation  |
| <i>Ripass</i>         | « Aliment bétail » en wolof  | L'aliment bétail en granulés  |
| <i>Diambours</i>      | « Personnes neutres » en wolof   | Personnes choisies pour leur neutralité vis-à-vis des protagonistes et sollicitées pour arbitrer un conflit à l'amiable   |
| <i>Loumas</i>         | « Marchés hebdomadaires » en wolof   | Marchés à bestiaux traditionnels hebdomadaires ; désignés souvent par la ville où le marché à lieu  |
| <i>Gobour</i>         | La race Gobra en pulaar, appelée aussi <i>peuhl-peuhl</i>                  | Le zébu <i>peuhl</i> du Sénégal   |

**Tableau II**  
**Présentation des modes d'alimentation des troupeaux observés sur les dix études de cas selon les systèmes d'élevage**

| Système d'élevage   | Pâturage  | Résidus de récolte  | Concentrés  |
|---------------------|---|---|---|
| <b>Laitier</b>      | Les animaux sont en stabulation permanente pour un meilleur contrôle des conditions sanitaires et pour faciliter la traite deux fois par jour | Certains éleveurs ne faisant pas partie de l'échantillon de cette étude achètent des résidus de maïs ou de haricot. La paille est achetée hors des Niayes   | Choisis en fonction du meilleur rapport qualité/prix et donnés selon les besoins estimés par calcul par lot (stade physiologique)   |
| <b>Agro-éleveur</b> | En fonction de la localisation, la période de pâturage varie de 12 à 4 mois lorsqu'il s'agit d'éviter les dégâts aux cultures                 | Donnés à partir des champs des propriétaires ou négociés avec les voisins au meilleur prix. Complémentation nouvelle par les cartons  | Donnés préférentiellement aux bovins à l'engraissement ou en lactation, sans calcul de ration et quelquefois de manière irrégulière en relation avec les opportunités d'achat |
| <b>Agro-pasteur</b> | Le pâturage est pratiqué toute l'année. En fin de saison sèche, les bergers utilisent les fourrages ligneux                                   | Usage très variable ; toxicité versus recherche de qualité (selon l'impact sur la production). Négociés, pendant la deuxième partie de la saison sèche, collectivement lorsqu'il s'agit des champs des agro-industriels | Ils sont donnés préférentiellement aux animaux à l'engraissement ou en lactation, sans calcul de ration et souvent sur une période restreinte à la fin de la saison sèche     |

d'animaux hérités, et d'autres ont reconstitué un troupeau « *nayi wuro* » qui redeviendra un troupeau *tyossan* pour leurs enfants (Tableau I). Ces troupeaux ont pour vocation de perpétuer des lignées familiales, ancestrales de bovins (15) : ils sont l'objet de normes de transmission (par héritage) et de gestion zootechnique spécifiques. Ces lignées appartiennent aux races zébu Gobra et Djakoré (métisse entre Gobra et N'Dama, cette dernière race étant trypanotolérante) et les acquisitions de bovins se réalisent au marché hebdomadaire traditionnel (*louma*). La norme sociale de l'élevage pastoral *peuhl* se caractérise à l'origine par de faibles investissements

en infrastructure et en matériel ainsi que par l'exploitation des ressources naturelles par le pâturage et la transhumance saisonnière, les dépenses liées à la complémentation étant restreintes à la fin de saison sèche. Chez les éleveurs enquêtés, une tendance à l'augmentation des dépenses alimentaires a été néanmoins observée, en relation avec les difficultés d'accès aux ressources naturelles et l'élevage de nouvelles races (Tableau II).

Des modes d'allotement des bovins très contrastés ont été observés. Chez les éleveurs laitiers, il y a d'une part les

lots de génisses et de vaches de races européennes (dont les proportions par races sont justifiées techniquement) et d'autre part des lots de vaches de races locales (Djakoré, zébus Gobra ou Maure) ou des métisses. Cette stratégie est justifiée par le fait de garder des vaches plus rustiques pour limiter la baisse de la production laitière pendant les mois les plus chauds.

Chez les agro-pasteurs (n = 6/8) on observe soit l'existence d'un unique troupeau avec reproduction (*tyossan* ou reconstitué), soit la séparation entre un lot *tyossan*, un lot de bovins d'embouche et quelquefois un lot de bovins en confiage (bovins appartenant à des bouchers). Dans un contexte urbain/périurbain, on observe une réduction des effectifs de certains troupeaux *tyossan* bien que la norme sociale soit de les augmenter. Diverses contraintes, en plus de la diminution des pâturages naturels, sont énoncées selon la localisation des élevages : la crainte de cas de mortalité subite dus à l'ingestion de sachets plastiques, la crainte des vols d'animaux de grand gabarit, ou les tensions avec le voisinage à cause des nuisances. L'élevage et le commerce des taureaux d'embouche nés hors des Niayes (*thiagal*) permettent de répondre aux besoins économiques avec une durée d'élevage réduite car les bovins sont achetés adultes sur les marchés, selon des critères différents des animaux reproducteurs.

On observe plusieurs variantes des normes sociales concernant la gestion de la reproduction dans les troupeaux *tyossan* alors que les normes de transmission (héritage) sont davantage conservées : les éleveurs évoquent à ce propos les prescriptions religieuses. En effet, alors que certains éleveurs évoquent la règle ancienne selon laquelle les géniteurs mâles doivent être obligatoirement nés dans le troupeau, certains introduisent des géniteurs de race différente (de phénotype proche) et d'autres pratiquent même l'insémination artificielle.

### Lien entre perceptions des races et systèmes d'élevage

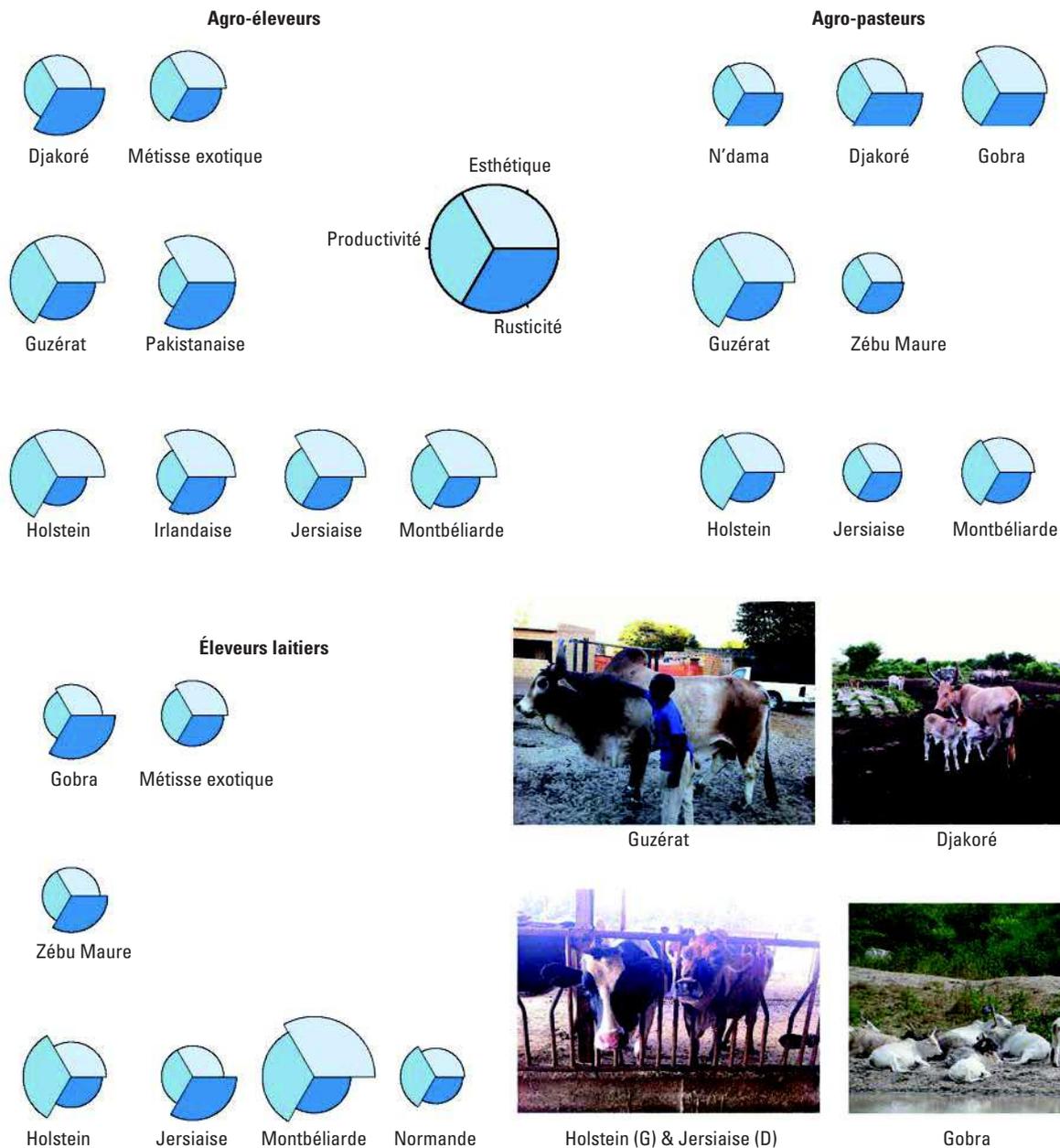
Les agro-pasteurs et pasteurs (n = 6/10) apprécient les zébus de race Gobra pour des raisons culturelles et parce que cette race représente un bon compromis entre esthétique, productivité et rusticité (Fig. 3). Appelée *gobour* ou, de manière assez explicite, *peuhl-peuhl*, elle est la seule race à avoir fait l'objet d'une description assimilable à un standard de race (Encadré 1). Cette race est valorisée pour son grand format, sa rusticité et la qualité de son lait, riche en matières grasses (Encadré 1). Les éleveurs préfèrent rester dans le standard de race pour le troupeau *tyossan* et diversifier les races au niveau des taureaux d'embouche. Pour les agro-éleveurs et les éleveurs laitiers enquêtés, c'est aussi la race préférée pour le métissage. Ces animaux sont très sensibles aux trypanosomoses animales africaines (16).

Les Djakorés, appelés parfois N'Dama ou *nago ordinaire*, sont appréciés de manière globale pour leur rusticité et leur longue carrière de reproduction, à la fois par les agro-éleveurs et les agro-pasteurs (Fig. 3). Certains l'assimilent à la race N'Dama. Un agro-pasteur qui, malgré un risque trypanosomien élevé, a diversifié les races grâce à une prophylaxie médicale rigoureuse indique que ses femelles N'Dama sont celles qui ont la plus grande longévité et le plus grand nombre de vêlages. La race descend dans les classements en termes d'esthétique, de productivité et même de rusticité lorsque le risque trypanosomien diminue (hors zone à glossines). Des métissages non spécifiquement Djakorés sont observés par introduction de géniteurs de races variées et par insémination, quelquefois pratiquée dans des troupeaux hérités.

Les races européennes sont perçues très différemment selon les systèmes d'élevage (Fig. 3). Le réseau d'éleveurs intensifs a développé des savoirs spécifiques aux différentes races dans le contexte local alors que les autres éleveurs essaient les différentes races sans préférence spécifique (les métis sont appelés « *nago pompés* »). L'une des recommandations qui circulent au sein de l'association des éleveurs intensifs laitiers préconise une composition de troupeau associant deux tiers de Montbéliarde ou Jersiaise pour la qualité du lait à un tiers de Holstein pour la quantité de lait. La race Holstein est décrite comme la plus productive par lactation, mais pas sur l'ensemble de la carrière en raison d'une longévité moindre. Le choix des races ainsi que de la taille idéale des troupeaux est toujours l'objet de débats dans ce réseau, influencés par les expériences locales et les liens commerciaux.

Les agro-éleveurs placent les races européennes plus haut dans leur classement que les agro-pasteurs, en relation avec de meilleurs apports fourragers. Ceux qui ont essayé l'insémination trouvent que les métis F1 ne sont pas assez « résistants » et présentent une moins bonne conformation lorsqu'ils vont au pâturage ; ils voudraient donc améliorer le métissage. Ils ont pourtant augmenté leurs dépenses de santé en se rapprochant des vétérinaires par la mise en place d'une meilleure prophylaxie sanitaire.

Concernant les races locales, les éleveurs enquêtés expriment une préférence pour les veaux nourris sous la mère pour obtenir des géniteurs en meilleure santé et n'envisagent donc qu'une commercialisation partielle de la production laitière (voir Encadré 1). Enfin, la race Guzérat (race exotique importée et diffusée par l'État sénégalais dans les années 60 et 70) a une très bonne réputation parmi les agro-pasteurs et agro-éleveurs, qui apprécient son esthétique (proche de la Gobra) et sa productivité mais expriment des difficultés à trouver des reproducteurs. La race Pakistanaise est préférée pour la production laitière.



**Fig. 3**  
**Perceptions des races bovines par les éleveurs selon les systèmes d'élevage**

Les éleveurs ont classé les races selon trois critères : l'esthétique, la productivité et la rusticité. Les quatre premières races ont été gardées par classement et les races non classées pour un paramètre bien que citées pour un autre paramètre ont un classement correspondant à un score de 5. Les points attribués sont inversement proportionnels à la place dans le classement (par paramètre) et une moyenne a été réalisée par type d'éleveurs pour construire les radars.

**Site d'implantation des élevages, exposition au risque et perception du risque**

La distribution des systèmes d'élevage est fortement liée à celle du vecteur : 34 % des élevages situés dans la zone sans glossines utilisent majoritairement des races

trypanosensibles contre 4 % dans la zone avec glossines (3). Le fait que le risque trypanosomien soit trois fois moins élevé dans la zone sans glossines (17) a ainsi permis l'innovation au niveau des races. De plus, les éleveurs laitiers intensifs ont, dès leur installation, employé des docteurs vétérinaires comme gérants de ferme ou comme prestataires permanents.

**Encadré 1****Extraits d'entretiens compréhensifs réalisés avec dix éleveurs dans la zone des Niayes, Sénégal en 2013 et 2014**

« Le gobour [Gobra] est blanc, il est très joli ! [...] En dehors de la couleur, l'animal présente une longue queue, un fanon développé ! Il a de grandes cornes et une grande bosse ! »

(M.S., pasteur et commerçant de bovins à Thiès)

« Le gobour [Gobra] est la race préférée. Quand c'est bien nourri, il bat tout le monde ! Il est plus résistant, à la chaleur, à la sécheresse. Il supporte aussi la soif ! Il peut rester une journée sans boire. »

(M.S., pasteur et commerçant de bovins à Thiès)

« Mon berger, il ne fait la traite que le soir, il laisse les veaux téter la nuit et le matin pour qu'ils grandissent plus vite... »

(M.B., agro-éleveur à Niacoulrab)

« Le fait que l'animal a bien tété, qu'il a été bien nourri avec le lait, je vais le savoir. S'il n'a pas été bien nourri dans son enfance, il ne sera jamais bien. Je le sais grâce à mon expérience. Je regarde la base des cornes, le front ! »

(M.S., pasteur et commerçant de bovins à Thiès)

« La Djakoré c'est une race adaptée, qui restait dans la zone. Avec l'avancée de la médecine vétérinaire, on arrive à élever d'autres races : la Mauresque, la Gobra, les métis. »

(M.B., agro-pasteur et boucher à Ndiakhirate-Digue)

« Le gobour [Gobra] est habitué à la terre d'ici. »

(M.D., agro-pasteur à Thiès)

« Si elle va en brousse, elle aura forcément sompt [trypanosomoses animales africaines]. »

(M.S., agro-pasteur à Diacksaw Peuhl (Sangalkam))

« On ne le [somptou / trypanosomoses animales africaines] voit pas sur nos animaux car nous on traite. C'est fréquent dans la zone des Niayes » ; « Elle [la maladie] tue rarement. Elle freine le développement de l'animal mais ne tue pas vite. Il y a moins de lait. »

(M.B., agro-pasteur et boucher à Ndiakhirate-Digue)

« Nous souhaitons développer l'agriculture et l'élevage. L'agriculture et l'élevage vont ensemble. »

(M.K., agro-éleveur à Kayar)

« L'agriculture et l'élevage sont liés, il faut les associer. »

(M.B., agro-éleveur à Niacoulrab)

« Les races locales sont plus résistantes ici mais elles sortent moins de lait ! L'État a donné des races pakistanaises, c'est très demandé actuellement. Non, ce n'est pas Guzérat. Je n'aime pas les Guzérats. C'est une race de viande, je cherche le lait. Le lait est vendu le soir même, à 500 francs CFA en gros à Keur Massar. Je le vends à 500 francs à ma femme et elle le revend à 600 francs. »

(M.B., agro-éleveur à Niacoulrab)

« Le fait d'être en GIE [groupement d'intérêt économique] est un atout car l'État reconnaît les groupements. Des gens veulent faire de l'insémination mais s'ils ne sont pas en GIE, c'est difficile. »

(M.K., agro-éleveur à Kayar)

« Le métissage... dans le cadre d'améliorer la race. On nous a fait savoir que l'entretien de ces animaux n'était pas facile. Il faudrait faire de la culture fourragère et donner du ripass et des résidus de culture en plus. »

(M.K., agro-éleveur à Kayar)

« J'ai commencé avec la race locale, mais on m'a fait savoir que les animaux issus de l'insémination sont plus rentables parce qu'ils produisent plus de lait. Même à la vente, ils rapportent beaucoup plus que la race locale. Le Guzérat, lui aussi rapporte beaucoup d'argent car il est de grand gabarit. S'il n'y a pas ces deux races-là [métis et Guzérat], je choisis la race locale. »

(M.K., agro-éleveur à Kayar)

Ceux-ci échangent très fréquemment des informations entre eux via l'association et par des échanges informels (Fig. 2).

Les agro-éleveurs et agro-pasteurs enquêtés justifient le fait de démarrer leur élevage avec la race locale (à savoir, dans les Niayes, la race Djakoré) par la disponibilité et l'adaptation de celle-ci au contexte sanitaire. La contrainte des trypanosomoses animales africaines n'est pas explicitement citée comme critère de choix car les éleveurs ont une approche globale de la rusticité. Ils indiquent cependant que les races trypanosensibles sont moins adaptées au contexte sanitaire (Encadré 1).

Les éleveurs peuhls originaires du Nord du Sénégal (n = 2/10) préfèrent pour des raisons culturelles reconstituer leurs troupeaux avec la race Gobra : ils résident principalement dans la zone sans glossines (région de Thiès). Dans ce contexte sanitaire, c'est la race Gobra qui est citée comme la plus rustique et résistante aux maladies, notamment du fait de sa résistance à la dermatophilose (*gaye* ou *ram*) associée à la présence des tiques (*Amblyomma variegatum* [Acari, Ixodidae], diagnose non proposée) (Encadré 1).

Dans les matrices de notation, les tableaux cliniques appelés *moussane* ou *sompt* sont similaires aux trypanosomoses

animales africaines et la description des signes cliniques est plus complète chez les agro-pasteurs ayant une tradition d'élevage que chez les agro-éleveurs et ceux qui utilisent la prophylaxie médicale. Une confusion serait cependant possible avec certaines infections transmises par les tiques (anaplasmose, babésiose). Le classement des contraintes sanitaires par les éleveurs fait apparaître des différences de perception du risque selon leur exposition au risque sanitaire : les cinq éleveurs dans la zone avec glossines citent les trypanosomoses animales africaines parmi leurs principales contraintes sanitaires et trois d'entre eux la citent en première place, contrairement aux éleveurs hors zone à glossines dont trois ne les citent pas du tout, alors que les races trypanosensibles qu'ils possèdent sont sous prophylaxie par trypanocides.

La diminution récente du risque liée au programme d'éradication des glossines n'est perçue que par les éleveurs de la zone à glossines élevant des Djakorés et n'utilisant pas de traitements prophylactiques : ils indiquent une forte diminution d'animaux atteints l'année suivant l'éradication, tout en s'abstenant de pronostic sur le futur.

Ainsi, les trypanosomoses animales africaines constituent une contrainte perçue par tous les éleveurs de notre échantillon. Tous utilisent des traitements trypanocides en curatif et la moitié appliquent les traitements prophylactiques deux à quatre fois par an, même dans la zone sans glossines. Cependant, les éleveurs ne présentent pas les trypanosomoses animales africaines comme une préoccupation actuelle, contrairement aux maladies telles que la dermatose nodulaire contagieuse bovine, la fièvre aphteuse ou la fièvre de la vallée du Rift, dont les incidences annuelles sont fortement variables (les avortements dus à la fièvre de la vallée du Rift étant une préoccupation surtout pour les éleveurs laitiers). Les éleveurs ne parlent pas du projet d'éradication des glossines. Ils ont intégré la gestion du risque trypanosomien dans leur conduite d'élevage, soit par la génétique trypanotolérante, soit par la prophylaxie médicale, soit les deux. Le contrôle des trypanosomoses animales africaines uniquement par les traitements curatifs n'est observé que chez les troupeaux Gobras, peu ou pas exposés aux glossines, ou les troupeaux de Djakorés.

Ceux qui sont exposés à un risque trypanosomien important associent le risque à une caractéristique constitutive de l'environnement sur laquelle on ne peut agir (Encadré 1). Ceux qui utilisent les trypanocides en prophylaxie estiment contrôler ce risque grâce à cette stratégie de prévention, tout en ayant connaissance de son impact sur la productivité (Encadré 1).

### **Stratégies d'élevage et gestion des ressources alimentaires**

Les différents modes de gestion de l'alimentation (Fig. 2, Tableau II) peuvent être caractérisés selon la conduite des

animaux sur parcours naturel, la production de cultures fourragères, l'achat de concentrés et l'achat de résidus de récolte et autres fourrages (foin, paille).

La conduite sur parcours naturel est la norme chez les éleveurs traditionnels : seuls les éleveurs intensifs laitiers maintiennent leurs vaches de races européennes ou métisses en stabulation permanente. Un éleveur intensif qui envoyait son lot de vaches Djakorés en petite transhumance a décidé d'arrêter cette pratique qu'il associait à un taux élevé de mortalité, attribué à une mauvaise prise en charge des animaux atteints de dermatose nodulaire contagieuse bovine et de fièvre de la vallée du Rift, couplée à un déficit alimentaire.

Les troupeaux de Djakorés et Gobras vont le plus souvent (n = 7/8) au pâturage toute l'année mais les éleveurs signalent de manière unanime les difficultés croissantes liées à la diminution des surfaces accessibles aux troupeaux. Les alternatives observées sont l'usage de deux sites de pâturage selon la saison (saison sèche / saison des pluies), distants de quelques kilomètres et l'élevage à l'attache pendant une période longue (> 6 mois) pour éviter les dégâts aux cultures dans les cuvettes maraîchères. La stratégie des agro-éleveurs se caractérise par des troupeaux de taille faible à modérée et par l'intensification d'une production mixte viande et lait (Encadré 1). L'usage des résidus de récolte est très variable. Il existe même une controverse sur la toxicité des résidus de récolte à cause des pesticides. Les efforts pour obtenir des résidus de récolte varient donc beaucoup : certains éleveurs qui font du maraîchage donnent leurs résidus de récolte et complètent en négociant à faible coût avec d'autres maraîchers alors que certains investissent des sommes importantes pendant la saison sèche pour négocier de manière collective l'accès à l'hectare de résidus de haricot ou de maïs auprès des agro-industriels. Les prix sont très variables et les stratégies diffèrent selon les éleveurs : la norme la plus ancienne est de dépenser le minimum afin de limiter les pertes en saison sèche, quitte à déplacer le troupeau « pour se rapprocher des tiges de mil qui sont deux fois moins chères », mais on observe une autre variante, nouvelle chez les agro-pasteurs, qui est d'acheter des résidus plus chers en privilégiant l'effet observé sur la production : « c'est cher mais c'est de la qualité ».

Enfin, la pratique de cultures fourragères n'a été observée que chez les éleveurs laitiers dont l'objectif est de produire suffisamment d'ensilage pour couvrir les besoins annuels du troupeau. Le foin et la paille sont achetés hors des Niayes.

### **L'accès variable aux prestations techniques**

Deux réseaux de prestation de soins et conseils vétérinaires sont observés : d'une part les agents d'État qui effectuent des soins vétérinaires en plus de leurs fonctions régaliennes et d'autre part les cliniques vétérinaires privées. La répartition

de ces prestataires n'est pas homogène et alors que les éleveurs situés en zone urbaine (Thiès, Sébikotane, etc.) indiquent avoir le choix, le problème de la disponibilité des vétérinaires est récurrent lorsque les éleveurs sont éloignés des centres urbains.

La dernière campagne d'insémination artificielle a été engagée par l'État en 2009 avec des semences de races laitières européennes (18). Cette campagne avait pour but de favoriser l'élevage de métisses F1 à vocation laitière chez les éleveurs extensifs. Certains éleveurs expliquent s'être regroupés en groupements d'intérêt économique (GIE) ou en associations afin de pouvoir bénéficier de l'insémination artificielle (Encadré 1). L'information qui circule entre éleveurs est « qu'une vache [de race européenne] peut entretenir toute une famille ». Les éleveurs ont reçu le message technique que les métisses avaient besoin d'être élevées en stabulation et qu'elles étaient plus exigeantes que les Gobras ou Djakorés sur le plan alimentaire (Encadré 1). Ceux qui n'ont pas pratiqué l'insémination évoquent soit le statut *tyossan* de leur troupeau et leur préférence pour la race « élevée par [le] père et [le] grand-père », soit le fait qu'ils ne veulent pas dépenser davantage en alimentation. Parmi ceux qui ont déjà pratiqué l'insémination (n = 7/10), ceux qui continuent à la pratiquer sont les deux producteurs laitiers qui en ont un usage exclusif et ceux qui se sont engagés dans l'amélioration génétique pour une production mixte (les deux agro-éleveurs et un agro-pasteur). Pour ceux qui recourent à l'amélioration génétique, le risque lié à cette innovation est considéré acceptable grâce au paiement différé et subventionné par l'État de l'insémination et au fait que les métisses valent plus cher à la vente, même si elles sont vendues plus précocement que les Gobras ou les Djakorés (Encadré 1).

Les éleveurs extensifs évoquent leurs difficultés à élever de manière rentable les métisses à cause de l'investissement nécessaire pendant plusieurs années avant les premiers bénéfices (temps de gestation et d'élevage jusqu'à la première lactation). Les éleveurs ayant une autre source de revenus (agriculture, commerce, etc.) sont ceux qui arrivent à élever les métisses pour la production laitière. Un programme national d'aide à l'obtention de prêt pour l'élevage est en cours mais la question de l'accès au crédit reste en discussion.

## Discussion

Les données existantes sur l'élevage dans la zone des Niayes représentent principalement le point de vue des zootechniciens (3, 18, 19, 20, 21). La démarche participative des entretiens compréhensifs utilisée ici a permis de restituer les logiques d'action du point de vue des éleveurs (22).

## Réseaux socio-techniques et capacités d'innovation

La préoccupation récurrente chez tous les éleveurs est la pression foncière (20). Elle entraîne un accès réduit aux pâturages, des conflits entre éleveurs extensifs et agriculteurs, et une incertitude quant à l'accès aux terres cultivables pour ceux qui produisent leur fourrage.

Alors que certains développent des stratégies pour éviter les conflits avec les agriculteurs en maintenant leurs animaux à l'attache ou en pratiquant une transhumance à faible distance, d'autres continuent le pâturage à proximité bien qu'ils doivent payer des amendes en cas de dégâts infligés aux cultures par les animaux. Face à ces conflits avec les agriculteurs, plusieurs stratégies sont observées : le recours à des médiateurs (*diambours*), ou la négociation entre associations et producteurs agricoles concernant les modalités d'accès aux résidus de récolte.

Cependant, un nouveau phénomène préoccupe certains éleveurs : le manque d'accès aux résidus de récolte à cause de la concurrence avec les producteurs intensifs qui viennent des autres communes rurales pour négocier avec les agriculteurs.

Une des principales fonctions de l'association des éleveurs laitiers est son rôle de lobbying auprès du ministère de l'Élevage. Ainsi, ses principales préoccupations sont la sécurisation de l'alimentation et de la santé animales. En effet, les éleveurs ne possèdent pas de terres et subissent chaque année l'incertitude de l'accès aux terres à louer. De plus, le réseau socio-technique de l'innovation « cultures fourragères » doit être amélioré : les éleveurs n'ont pas accès à du matériel agricole de bonne qualité, les semences fourragères ne sont pas adaptées à leurs besoins... Enfin, en santé animale, ces élevages réclament un accès plus rapide aux vaccins suivant l'évolution du contexte sanitaire (épizooties de fièvre aphteuse, de dermatose nodulaire contagieuse bovine, de fièvre de la vallée du Rift...).

Le choix des races est aussi un sujet à débat fréquent entre éleveurs et avec les vétérinaires publics et privés : ces derniers sont très présents dans les réseaux de dialogue des éleveurs en voie d'intensification ou avec un degré important de pluri-appartenance (relations de dialogue avec des groupes sociaux différents) (Fig. 3). Les éleveurs les plus traditionnels se réfèrent essentiellement aux expériences de leurs pairs (leur réseau de dialogue est essentiellement circonscrit au groupe de producteurs localisé).

La commercialisation du lait est une préoccupation seulement pour les éleveurs intensifs qui doivent changer leurs pratiques de transformation et de distribution au-delà d'un volume seuil. On observe qu'un nouveau réseau d'acteurs et de nouvelles normes de consommation sont en construction.

Bien que le gouvernement ait joué un rôle incitatif important via ses campagnes d'insémination (23), le secteur privé a pris le relais et importe génisses gestantes et semences ainsi que les médicaments et matériel associés, quelquefois même au service de l'État. Les partenariats avec des coopératives et firmes européennes basés sur des relations commerciales s'accompagnent de flux d'informations techniques et donc d'apprentissages. La préférence d'une race par les éleveurs ne suffit pas à son succès (exemple : manque de disponibilité de reproducteurs Guzérat) : le réseau peine à se reconfigurer à son avantage alors que les races européennes sont favorisées par la circulation de semences pour insémination.

### Trajectoires d'innovation en relation avec la suppression du risque trypanosomien

La suppression du risque trypanosomien améliore la productivité des races trypanosensibles et retire l'avantage de la trypanorésistance dans l'appréciation de la rusticité, mais aussi de la productivité et de l'esthétique des races. Cela va engager les éleveurs à abandonner les Djakorés pour des races trypanosensibles plus productives et mieux conformées dans un contexte indemne de trypanosomoses animales africaines (Fig. 3).

Les éleveurs de Gobras ne représentent que 3 % des éleveurs dans la zone infestée, contre 21 % dans la zone sans glossines. Étant donné que, pour chaque système d'élevage, la manière de solliciter le réseau socio-technique est similaire pour les races Djakoré (65 % des éleveurs globalement) et Gobra, le changement de l'une vers l'autre race est aisé. L'incertitude est plus grande concernant la transition vers l'élevage laitier. En 2004, les fermes laitières représentaient 1 % des élevages bovins dans les Niayes (18). En 2010, cette proportion a atteint 19 % dans la zone sans glossines contre 8 % dans la zone infestée (3).

Les éleveurs laitiers sont résolument engagés dans l'innovation mais avec une prise de risque qui n'est possible que par l'apport important de fonds. Leurs systèmes de normes et leur réseau d'acteurs ne sont pas encore stabilisés.

Des savoirs et savoir-faire se développent au sujet de la zootechnie des races exotiques : ils s'élaborent à la fois dans le réseau des intensifs laitiers et chez les éleveurs extensifs, en particulier chez les agro-éleveurs, avec un flux d'informations entre les deux. Le degré de pluri-appartenance des éleveurs conditionne les flux d'informations et les comparaisons en fonction des conditions d'élevage.

Les normes de gestion du troupeau présentent de nombreuses variantes qui s'expliquent par la phase de transition entre régimes socio-techniques. Certains éleveurs extensifs posent la question de comment opérer cette transition techniquement et financièrement. En

particulier, les éleveurs expérimentent les métissages avec peu d'encadrement technique pour combiner rusticité et productivité et produire leurs propres reproducteurs, alors que la politique du ministère prévoit un recours permanent à l'insémination. Les éleveurs intensifs posent les questions de comment sécuriser l'accès à la terre et comment développer la commercialisation. Globalement, tous les éleveurs sont confrontés au problème (à résoudre) de la sécurisation de leur accès au foncier. Cette contrainte est favorable à l'intensification et donc à l'innovation.

L'intégration agriculture-élevage est un concept investi par les agro-éleveurs (24), qui veulent une taille de troupeau moyenne à faible, en stabulation saisonnière ou permanente, en relation avec leurs capacités d'alimentation fourragère. Ils ont un objectif d'intensification mixte (lait et viande) basée sur des races exotiques, pour lequel l'acquisition des savoirs et savoir-faire n'en est qu'à ses débuts. L'éradication des glossines aura un effet facilitateur de la transition, qui pourrait continuer vers une intensification laitière.

Selon C. Corniaux, le lait est, dans les sociétés lignagères du Nord du Sénégal, un produit social dont la gestion est soumise à des règles sociales qui conditionnent la contrainte technique (25). Ici, les agro-pasteurs et pasteurs envisagent la commercialisation du lait comme une source de revenus additionnelle « pour gérer le quotidien » (dépenses alimentaires réalisées par les épouses) tout en gardant un objectif principal de production bouchère ; certains envisagent la stabulation d'un noyau de vaches laitières : c'est donc un indicateur à suivre. L'embouche et la commercialisation de races trypanosensibles comme les zébus Gobra et Guzérat constituent une voie probable d'intensification pour ces derniers car elles permettent de générer davantage de fonds, à taille de cheptel constant. Comme les réseaux d'acteurs et de normes sociales sont similaires, la transition sera aisée.

Une étude récente effectuée dans la région des Niayes a montré que dans les systèmes d'élevage utilisant des races trypanosensibles (Gobra ou exotique), la taille du troupeau était inférieure de 45 % et les ventes annuelles des productions (lait et viande) étaient de 250 € (s.d. 513) par tête contre 74 € (s.d. 38) dans le système traditionnel trypanotolérant ( $p < 10^{-3}$ ) (3). Les gains attendus de l'éradication des glossines reposent donc sur un changement du système d'élevage avec abandon de la race Djakoré, ce qui est cohérent avec les trajectoires envisagées. Cependant, la rentabilité financière dépend de la vitesse de transition des systèmes. À Zanzibar, un taux annuel de changement de système d'élevage de 2 % a été observé les cinq premières années après l'éradication de *Glossina austeni* (26). Cependant, sachant que dans la région des Niayes, le réseau socio-technique de l'élevage est déjà en cours de reconfiguration avec le renforcement d'un réseau de nouveaux acteurs, de nouvelles normes et l'accumulation

d'apprentissages, il est probable que la vitesse des transitions suivra la courbe en S de l'innovation : il y aura une accélération prononcée de celle-ci après la phase initiale d'adoption par les innovateurs précoces (27). Une enquête socio-zootecnique sur un échantillon plus large permettra de suivre les indicateurs de capacités d'innovation, à savoir : la typologie initiale de l'élevage (en particulier le statut des troupeaux), les capacités d'investissement (par crédit ou double activité), le mode d'alimentation fourragère des bovins, l'appartenance à une organisation professionnelle d'éleveurs (OPE), le mode de gestion de la reproduction, les races des géniteurs. Il sera alors possible d'améliorer le modèle économique grâce à des scénarios plus crédibles que ceux précédemment testés (3), ce qui est nécessaire pour estimer le ratio coûts-bénéfices de l'intervention de lutte anti-vectorielle. Ainsi, entre un scénario à faible taux de transition annuel de 2 % des éleveurs possédant des races trypanotolérantes vers les autres catégories d'éleveurs, et un scénario suivant une courbe en S, les auteurs ont estimé une évolution du taux de rentabilité interne du projet de 10 % à 19 % respectivement (3).

L'analyse croisée d'études de cas a permis de comprendre comment le risque trypanosomien est intégré dans les logiques d'action des éleveurs dans les Niayes. L'évaluation de l'importance sanitaire et économique des maladies à

transmission vectorielle ne suffit pas à mesurer l'impact d'un programme de lutte.

La démarche présentée ici peut être appliquée à d'autres infections à transmission vectorielle économiquement importantes et influentes sur les stratégies des éleveurs et les systèmes d'élevage. Dans cette même région des Niayes, on peut penser à la cowdriose transmise par *Amblyomma variegatum*, ou à la dermatophilose associée à la présence de cette même tique. Des méthodes intégrées de lutte contre ces maladies existent et pourraient faire l'objet d'innovations au Sénégal ou ailleurs (28, 29). D'une manière plus générale, il en va de même pour des infections non vectorielles, contre lesquelles des stratégies régionales et mondiales de contrôle progressif ou d'éradication sont en cours d'élaboration : une compréhension fine des dynamiques au sein des réseaux socio-techniques est essentielle pour favoriser l'innovation en matière de stratégies de contrôle, et pour évaluer leur impact socio-économique. ■

## Importancia de las infecciones transmitidas por vectores según el sistema productivo: la tripanosomosis bovina y la dinámica de innovación de los ganaderos en el Senegal

F. Bouyer, J. Bouyer, M.T. Seck, B. Sall, A.H. Dicko, R. Lancelot & E. Chia

### Resumen

En una región del Senegal propicia a la intensificación de la producción ganadera, la región costera de los Niayes, se puso marcha un proyecto de erradicación de una población de glosinas (*Glossina palpalis gambiensis*) con el fin de eliminar la limitación que supone la tripanosomosis y hacer así posible una intensificación ecológica de la producción bovina.

El análisis cruzado de diez estudios de caso constituye la fase inductiva para evaluar la influencia que tendría la desaparición de esa limitación sanitaria sobre la trayectoria de las estrategias productivas. Para ello se apeló a los métodos del análisis exhaustivo y a las herramientas de la epidemiología participativa con objeto de aprehender las lógicas de trabajo. Se analizaron así las estrategias en función de los objetivos del ganadero y de su capacidad para movilizar a la red sociotécnica en el caso de tres grandes tipos de producción: la agropastoral, la agroganadera y la lechera intensiva.

El riesgo de tripanosomosis es una limitación que la praxis ganadera tiene integrada mediante el recurso a la genética tripanotolerante, la profilaxis médica

o la elección de zonas de escaso riesgo para establecer explotaciones. Por ello la desaparición de ese riesgo tendrá una gran influencia en la composición de los rebaños y su orientación estratégica. Semejante evolución del contexto sanitario va a modificar la trayectoria de las explotaciones ganaderas, que seguirán diferentes vías de intensificación en un contexto de gran competencia.

Los indicadores de capacidad de innovación definidos a partir de este estudio serán utilizados para hacer un seguimiento cuantitativo de las diferentes hipótesis de evolución teniendo en cuenta las lógicas de trabajo de los ganaderos con el fin de evaluar la repercusión socioeconómica de la erradicación de las poblaciones de glosinas de la región. La metodología aquí presentada se puede utilizar también para saber cómo puede repercutir el control de otras infecciones transmitidas por vectores en las dinámicas de innovación de los ganaderos.

### Palabras clave

Análisis exhaustivo – Enfermedad transmitida por vectores – Estudio de caso – Intensificación ecológica – Raza bovina – Riesgo sanitario – Senegal – Sistema de producción – Teoría del actor-red – Tripanosomosis animales africanas – Zona de los Niayes.



## Références

1. Van den Bossche P., de La Rocque S., Hendrickx G. & Bouyer J. (2010). – A changing environment and the epidemiology of tsetse-transmitted livestock trypanosomiasis. *Trends Parasitol.*, **26** (5), 236–243.
2. Bouyer J., Bouyer F., Donadeu M., Rowan T. & Napier G. (2013). – Community and farmer-based management of animal African trypanosomosis in cattle. *Trends Parasitol.*, **29** (11), 519–522. doi:10.1016/j.pt.2013.08.003.
3. Bouyer F., Seck M.T., Dicko A., Sall B., Lo M., Vreysen M.J.B., Chia E., Bouyer J. & Wane A. (2014). – Ex-ante benefit-cost analysis of the elimination of a *Glossina palpalis gambiensis* population in the Niayes of Senegal. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **8** (8), e3112. doi:10.1371/journal.pntd.0003112.
4. Geels FW. & Schot J. (2007). – Typology of sociotechnical transition pathways. *Res. Policy*, **36** (3), 399–417. doi:10.1016/j.respol.2007.01.003.
5. David A. (2003). – Études de cas et généralisation scientifique en sciences de gestion. *Rev. Sci. Gestion*, **39**, 139–166. Page web : <http://econpapers.repec.org/RePEc:dau:papers:123456789/1444> (consultée le 25 novembre 2014).
6. David A. (1999). – Logique, épistémologie et méthodologie en sciences de gestion. DRM Publications, Châtenay-Malabry, 23 pp.
7. Weber M. (1971). – Économie et société (J. Chavy & E. Dampierre, trad.). Plon, Paris.
8. Ruault C. (1996). – L'invention collective de l'action : initiatives de groupes d'agriculteurs et développement local. L'Harmattan, Paris.
9. Dicko A.H., Lancelot R., Seck M.T., Guerrini L., Sall B., Lo M., Vreysen M.J.B., Lefrançois T., Williams F., Peck S.L. & Bouyer J. (2014). – Using species distribution models to optimize vector control: the tsetse eradication campaign in Senegal. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, **111** (28), 10149–10154.
10. Catley A. (2000). – The use of participatory appraisal by veterinarians in Africa. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **19** (3), 702–719.
11. Catley A., Alders R.G. & Wood J.L.N. (2012). – Participatory epidemiology: approaches, methods, experiences. *Vet J.*, **191** (2), 151–160. doi:10.1016/j.tvjl.2011.03.010.

12. Akrich M., Callon M. & Latour B. (1988). – À quoi tient le succès des innovations ? 1: L'art de l'intéressement, gérer et comprendre. *Ann. Mines*, **11**, 4–17.
13. Lemery B. (2003). – Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture. *Sociol. Travail*, **45** (1), 9–25.
14. Akrich M., Callon M. & Latour B. (2006). – Sociologie de la traduction. Textes fondateurs (C. Méadel, édit.). Presses des Mines, Paris, 304 pp.
15. Ancey V., Ickowicz A., Corniaux C., Manoli C. & Magnani S. (2009). – Stratégies pastorales de sécurisation chez les Peuls du Ferlo (Sénégal). *J. Africanistes*, **78** (1–2). Page web : <http://africanistes.revues.org/2280> (consultée le 16 octobre 2014).
16. Bouyer J., Solano P., Cuisance D., Itard J., Frézil J.-L. & Authié E. (2010). – Trypanosomosis: control methods. In *Infectious and parasitic diseases of livestock* (J. Bouyer, P. Solano, D. Cuisance, J. Itard, J.-L. Frézil, E. Authié & G. Uilenberg, édit.). Éditions Lavoisier (Tec & Doc), Paris, 1936–1943.
17. Seck M.T., Bouyer J., Sall B., Bengaly Z. & Vreysen M.J.B. (2010). – The prevalence of African animal trypanosomoses and tsetse presence in Western Senegal. *Parasite*, **17** (3), 257–265.
18. Ba Diao M. (2005). – Situation et conditions de développement de la production laitière intensive dans les Niayes au Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 138 pp.
19. Ba Diao M. (2001). – Urban-rural linkages for animal products supply in Dakar. Development Planning Unit, University College, Londres.
20. Ba Diao M. (2004). – Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. *Cah. Agric.*, **13** (1), 39–49.
21. Dia D. (2009). – Les territoires d'élevage laitier à l'épreuve des dynamiques politiques et économiques: éléments pour une géographie du lait au Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 336 pp.
22. Darré J.-P. (1999). – La production de connaissance pour l'action. Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Institut national de la recherche agronomique, Paris, 244 pp.
23. Kouamo J., Sow A., Lèye A., Sawadogo G.J. & Ouédraogo G.A. (2009). – Amélioration des performances de production et de reproduction des bovins par l'utilisation de l'insémination artificielle en Afrique subsaharienne et au Sénégal en particulier : état des lieux et perspectives. *Rev. Afr. Santé Prod. Anim.*, **7** (3–4), 139–147. Page web : [http://eismv.org/IMG/pdf/KOUAMO\\_et\\_al.\\_RASPA\\_6\\_3-4\\_2009139-148.pdf](http://eismv.org/IMG/pdf/KOUAMO_et_al._RASPA_6_3-4_2009139-148.pdf) (consultée le 25 novembre 2014).
24. Bonfiglioli A.M. (1990). – Pastoralisme, agro-pastoralisme et retour : itinéraires sahéliens. *Cah. Sci. Hum.*, **26** (1–2), 255–266.
25. Corniaux C. (2005). – Gestion technique et gestion sociale de la production laitière : les champs du possible pour une commercialisation durable du lait. Cas des modes de production actuels du Delta du fleuve Sénégal. Thèse de doctorat, Institut national agronomique de Paris-Grignon, Paris, 258 pp.
26. Vreysen M.J.B., Saleh K., Mramba F., Parker A., Feldmann U., Dyck V.A., Msangi A. & Bouyer J. (2014). – Sterile insects to enhance agricultural development: the case of sustainable tsetse eradication on Unguja Island, Zanzibar, using an area-wide integrated pest management approach. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **8** (5), e2857.
27. Rogers E. (1983). – Diffusion of innovations. Free Press, New York, 576 pp.
28. Stachurski F. & Lancelot R. (2006). – Foot-bath acaricide treatment to control cattle infestation by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med. Vet. Entomol.*, **20** (4), 402–412.
29. Stachurski F. (2000). – Invasion of West African cattle by the tick *Amblyomma variegatum*. *Med. Vet. Entomol.*, **14** (4), 391–399.

## **4. Discussion et perspectives**

### **4.1. Synthèse: les capacités d'innovation des éleveurs en relation avec le risque trypanosomien**

Alors que la flexibilité des systèmes d'élevage en Afrique Subsaharienne est connue pour reposer davantage sur la composante animale que sur l'innovation technique (Blanc et al. 2008), en particulier en relation avec les contraintes alimentaires et sanitaires, quel sera l'impact de la modification spécifique du changement sanitaire sur les sources de flexibilité et donc sur les types d'innovation ?

Dans un contexte ouest-africain où la demande en produits carnés et laitiers est nettement supérieure à l'offre locale et ne cesse d'augmenter, se traduisant par des importations coûteuses, l'incitation de la part des Etats et des organismes internationaux à investir dans l'élevage intensif et à innover se concrétise à travers des projets de développement qui se succèdent. Cependant, les stratégies d'appui des Etats sont assez verticaux et leur mise en œuvre au gré des financements extérieurs est trop peu participative au niveau de leur conception et de la mise en œuvre.

Les éleveurs effectuent une évaluation du risque trypanosomien selon différentes modalités qui dépendent de leur localisation et de leur système d'élevage. Au Burkina Faso, la perception du niveau du risque était principalement liée aux sites géographiques (voir 3.3) et les zones de transmission étaient connues des agro-pasteurs peuhls. Dans la zone des Niayes, comme les troupeaux trypanosensibles se trouvent majoritairement dans les zones sans glossines (avec un risque trypanosomien très faible), les éleveurs traditionnels utilisant la race Djakorée trypanotolérante étaient plus sensibles aux variations du risque trypanosomien d'une année sur l'autre car en l'absence de traitement préventif, le nombre de bovins ayant besoin d'un traitement curatif était directement lié à la variation du risque.

Dans la boucle du Mouhoun, le cordon ripicole était identifié comme zone à risque par les agro-pasteurs peuhls et une stratégie d'évitement saisonnier de l'interface était pratiquée lorsque les conditions foncières l'autorisaient. Dans les Niayes, cette localisation précise des zones de risque n'avait pas été rapportée, en relation avec l'absence de rivières (rendant le repérage des sites à glossines moins évident). Il existait néanmoins une information sur les zones les plus à risque (comme la commune de Pout) qui circulait du fait des informations par les vétérinaires et par les éleveurs qui parlaient des difficultés sanitaires et économiques de certaines fermes. Des variations considérables de rentabilité économique des élevages ont été

rapportées par Ba Diao (Ba Diao 1991). Mais le choix de localisation des élevages intensifs en race exotique était d'abord dirigé par la proximité des sites et voies de distribution des produits laitiers.

Dans l'analyse croisée (3.4) ainsi que dans l'enquête d'épidémiologie participative (3.3), les matrices de notation indiquent que les tableaux cliniques similaires à celui des TAA sont identifiés par les éleveurs par des noms vernaculaires mais que la qualité de leur description est variable, plus précise chez les éleveurs ayant une tradition d'élevage. Cette description était moins détaillée voir absente chez les éleveurs sans tradition d'élevage déléguant la gestion la gestion de leur troupeau : l'identification de la maladie était déléguée au berger et/ou le vétérinaire. Dans les zones à glossines au Burkina et au Sénégal, les TAA étaient classées parmi les 3 contraintes sanitaires les plus importantes pour tous les systèmes d'élevage. Au Sénégal, les études de cas ont montré que cette maladie, en relation avec son endémicité (et un niveau de risque faible) ne constituait pas un sujet de débat principal par rapport aux maladies d'allure épizootique (FVR ou DNCB) et aux problèmes d'accès aux ressources alimentaires (pâturage, résidus et terres arables). Le risque trypanosomien était associé à une caractéristique de l'environnement et il était géré par une combinaison entre la génétique, les traitements trypanocides et la localisation de l'élevage. Les pratiques ancestrales d'évitement de l'interface vecteur-bovin n'étaient pratiquées que par les éleveurs peuhls qui avaient cette connaissance traditionnelle et lorsque l'espace pastoral n'était pas saturé. L'innovation en matière de lutte au niveau des éleveurs reste marginale. L'analyse de l'adoption du pédiluve a montré que lorsqu'elle concerne un objet technologique et un changement de la manière de travailler, l'innovation était plus aisée pour les éleveurs intensifs déjà engagés dans l'innovation technique, du fait d'un apprentissage des bovins à un type de technologie, de capacités à mobiliser un appui technique et à une absence d'enjeu social. Pour les éleveurs traditionnels, le dispositif d'enrôlement doit être aménagé (voir 3. 2).

Au Burkina et au Sénégal, c'était dans le principal bassin de consommation, autour de la capitale que l'on trouvait les élevages intensifs basés sur des races hautes productrices trypanosensibles. C'est aussi dans ces zones que le risque trypanosomien était absent (périphérie de Ouagadougou) ou faible (zone des Niayes autour de Dakar). Cette connaissance de ce facteur favorable ainsi que celui du climat (pour Dakar) étaient des arguments portés par le réseau vétérinaire qui voyait dans l'intensification de l'élevage dans ces zones péri-urbaines privilégiées avec un modèle d'élevage dérivé de celui pratiqué en Europe la voie unique pour réduire les importations de produits laitiers et carnés et développer l'activité vétérinaire. Cependant des éleveurs ont tenté de mettre en place des élevages intensifs dans la zone

périphérique de Bobo-Dioulasso et ont été confrontés à un risque trypanosomien important vis-à-vis duquel la lutte par trypanocides s'est avérée insuffisante pour prévenir des pertes par mortalité et des chutes de production mettant ainsi ces élevages en échec économique. La même situation a été observée à Pout dans les Niayes.

L'information concernant le projet d'éradication des glossines dans les Niayes n'était pas mobilisée pour l'action bien que les éleveurs adaptaient en permanence leurs pratiques en relation avec le risque trypanosomien.

La trypanosomose (ou *moussane* ou *sompt*) est un objet intermédiaire utilisable uniquement pour découvrir la gestion thérapeutique (principalement par traitements trypanocides préventifs ou curatifs) mais ce concept n'est pas mobilisé et donc mobilisable pour aborder la gestion zootechnique du risque. La gestion du risque trypanosomien est intégrée dans les logiques d'action via le concept de résistance des animaux et l'évaluation des races sur les 3 critères. En effet, l'esthétique des races trypanosensibles est moins appréciée dans la zone avec glossines du fait d'une corpulence moins bonne que celle de la race trypanotolérante. L'évaluation de la résistance, de l'esthétique et de la productivité des différentes races est réévaluée de manière locale régulièrement par l'observation des animaux élevés par les autres éleveurs du réseau de dialogue et en particulier chez les voisins (les éleveurs du Groupe de Pairs Localisé) mais surtout par le testage d'animaux introduits dans le troupeau. L'analyse croisée des études de cas a montré que le classement des races trypanorésistantes et trypanosensibles s'inversait entre la zone avec glossines ou sans et que les races trypanosensibles sont mieux notées sur les 3 critères résistance, esthétique et productivité dans la zone sans glossines. Lorsque le risque est très faible ou en cours d'éradication (annexe 1 et 2), les préférences de race entre les trypanosensibles et les trypanotolérantes sont partagées et sont influencées par l'alimentation.

Comme les normes sociales sont remaniées dans le temps et collectivement dans chaque groupe social, il est important d'utiliser les études de cas lorsque l'on change de milieu social et aussi pour suivre les dynamiques de manière diachronique. Une erreur serait de transposer les logiques d'action et les normes d'un groupe social à un autre, par exemple, en généralisant les pratiques d'agro-pasteurs d'une région à une autre alors qu'elles doivent être circonscrites à un groupe et une période définis. L'étude de Bonfiglioli des configurations agro-pastorales au Sahel montre le polymorphisme de l'agro-pastoralisme selon leur localisation et le moment car « le temps transforme les comportements, les techniques et les valeurs culturelles » (Bonfiglioli 1990). Le terme de traditionnel n'exclut pas un changement de normes/ pratiques et conceptions mais fait référence à un héritage culturel qui a du sens

pour les acteurs et qui dirige l'action. Ainsi les éleveurs intensifs laitiers qualifient les autres éleveurs de traditionnels mais les éleveurs peuhls aussi font référence à la tradition et se placent eux-mêmes dans la catégorie d'éleveurs traditionnels, les « *vrais éleveurs* ». Les catégories utilisant les concepts zootechniques (intensifs laitiers, agro-éleveurs et agro-pasteurs) ont été utilisées a posteriori car elles respectent les distinctions faites par les éleveurs : les peuhls (ou les éleveurs ayant une tradition d'élevage) versus les non peuhls, ceux qui vivent (principalement) de l'élevage versus ceux qui ont d'autres sources de revenus, ceux qui vivent avec leurs animaux/ qui cherchent le bien-être de leurs animaux versus ceux qui veulent gagner de l'argent sans se préoccuper des animaux. Ces groupes doivent être subdivisés pour distinguer les différentes trajectoires en fonction des orientations stratégiques. De plus, les stratégies de ces groupes ne sont pas les mêmes lorsqu'on change de zone géographique. Par exemple, les bovins ne sont pas utilisés pour le labour dans les Niayes donc on ne retrouve pas de bovins de trait chez les agro-éleveurs des Niayes. Les invariants sont cependant une taille de troupeau plus petite que ceux des agro-pasteurs, davantage corrélée avec les capacités d'affouragement liées aux résidus de récolte, une moindre mobilité, une importance sociale de l'élevage moindre d'où des normes sociales traditionnelles sur la zootechnie moins mobilisées (à part pour les agro-pasteurs devenus agro-éleveurs). Chez les agro-pasteurs peuhls de la sous-région, on retrouve une culture peuhle qui confère des valeurs communes, et dont il convient d'être attentif aux variantes de normes.

Les choix stratégiques de composition des troupeaux constituent une entrée sur l'innovation particulièrement importante puisque un changement de race entraîne un changement de l'ensemble des pratiques, produits, valeurs et normes associés. Cependant, l'interprétation sociale des races et leurs usages diffèrent selon les groupes. Ainsi, dans les Niayes, les produits métis entre une race locale (Djakorée ou Gobra) et une race laitière européenne étaient soit utilisés comme vaches laitières rustiques et productives en saison chaude (chez des éleveurs intensifs), soit comme géniteurs utilisés dans l'espoir de produire une nouvelle race (chez des agro-éleveurs) soit utilisés comme des animaux dont la finalité productive est incertaine (viande ou lait) chez des éleveurs traditionnels (Fig. 15) (voir 3.4). Le fait que les usages des métisses, ainsi que la manière de les produire et de gérer leur circulation/ la race différait selon les groupes d'éleveurs fait d'eux des objets-valises et non des objets-frontières (Flichy 2003). En effet un déficit d'information et de savoir-faire était probant chez les agro-éleveurs. De ce fait, le régime socio-technique autour des métisses n'était pas stabilisé signifiant ainsi que le processus d'innovation est en cours et que la manière de le consolider aura son rôle à jouer.



*Fig. 15. Jeune taureau métis Holstein-Djakoré entouré de son troupeau d'origine Djakoré (photo J.J. Etienne).*

Le risque trypanosomien agit comme un verrou sociotechnique du réseau de normes, d'acteurs et de pratiques scellés autour de la race Djakorée (ou Ndama ou Baoulé au Burkina) et ce verrou est d'autant plus fort que le niveau de risque est élevé. Un risque faible (dans une zone sans glossines) ou nul (après éradication) lève ce verrou car la résistance, l'esthétique et la productivité des races trypanosensibles sont alors réévaluées positivement.

Les éleveurs sont engagés sur des trajectoires qui sont façonnées par leur parcours personnel (avec tradition d'élevage ou non, troupeau hérité ou non, formation académique ou non ...), leurs objectifs d'élevage, leur insertion dans le(s) réseau(x) socio-technique(s) et les dynamiques en cours. Une fois que le verrou socio-technique du risque trypanosomien est levé, les objectifs et les pratiques vont être modifiées mais d'autres verrous peuvent limiter leurs capacités adaptatives: c'est le cas de l'éleveur peuhl en fin de carrière qui a des objectifs culturels prédominants et qui ne va pas remodeler ses objectifs d'élevage.

Cela amène la question suivante : est-ce que toutes les maladies d'importance sanitaire sont-elles des verrous socio-techniques ? L'exemple du risque trypanosomien suggère que les maladies endémiques vis-à-vis desquelles les différentes races ont des sensibilités très différentes sont de bons candidats pour l'être, mais cela doit dépendre de l'objectif d'élevage impacté par la maladie.

Il y a un ajustement fort entre le remodelage des objectifs d'élevage et la position dans le réseau socio-technique de chaque éleveur. Ainsi un agro-pasteur qui a un accès limité aux

résidus de récolte, de faibles moyens d'investissement, et qui a pour conception que les animaux doivent bénéficier du pâturage naturel pour produire de bons géniteurs ne va pas s'orienter vers des objectifs de production laitière intensive.

Dans les Niayes, la dynamique socio-technique générale est influencée par l'urbanisation croissante avec pour corollaire une pression foncière très importante et une demande en produits laitiers et carnés croissante. Non seulement la pression foncière et le marché favorisent l'intensification, mais en plus l'Etat a créé depuis plusieurs campagnes (dont la GOANA) un système d'enrôlement pour l'intensification dont le projet d'éradication des glossines est la pierre angulaire. Le rôle du marché est apparu ambivalent : l'augmentation quantitative de la demande en produits carnés et laitiers est évidente, la demande en nouveaux produits laitiers aussi, mais en ce qui concerne la production de viande, bien qu'une demande en produits de découpe bouchère augmente, la demande en bovins sur pied de race locale pour les cérémonies ne peut pas être négligée.

Dans les Niayes, la double activité permet d'assurer la transition vers l'intensification laitière par le changement de génétique et de gestion de la reproduction ainsi que le changement du mode d'affouragement des bovins. Cette capacité devient un avantage concurrentiel pour assurer la pérennité de leur élevage par rapport aux savoir-faire des éleveurs de tradition peuhle qui composent avec la flexibilité du troupeau face aux aléas. Ainsi, en atelier participatif (voir partie 4.2), les éleveurs ont proposé un scénario avec diminution du nombre d'agro-pasteurs et augmentation des agro-éleveurs. La norme sociale de conservation de la race selon les lignées familiales n'avait été relevée que chez les éleveurs peuhls qui forment la majorité des agro-pasteurs et une partie des agro-éleveurs mais il reste à quantifier la proportion de ceux qui mobilisent encore cette norme. Une plus grande souplesse sur le choix des races pour les éleveurs qui ne mobilisent pas cette norme est donc devenue une hypothèse intermédiaire. Cette hypothèse s'est affinée lors de l'atelier participatif car, hors l'attachement aux lignées familiales, les éleveurs (non intensifs laitiers) ont signalé la nécessité d'élever des bovins de race locale de valeur faible (par rapport aux animaux métis ou de race exotique) « *qui ne coûte pas un million* » pour constituer les dots de mariage ou faire des sacrifices pour les marabouts. Il y a d'une part le besoin d'avoir des bovins de faible valeur pour les usages de leurs familles mais les études de cas ont montré que certains agro-pasteurs ont une clientèle urbaine (venant de Dakar ou de Thiès) qui achète directement des bovins sur pieds pour des cérémonies et qui ont des critères très différents des bouchers qui vendent ensuite la viande au détail. Ici, les consommateurs peuvent avoir deux effets très différents sur l'innovation soit en favorisant la production de bovins avec un meilleur

rendement de carcasse soit en demandant des bovins similaires à l'offre actuelle en termes de prix unitaire et d'esthétique.

En matière de gestion du risque, la flexibilité face aux aléas alimentaires et sanitaires est gérée par les agro-pasteurs par l'usage de races locales « résistantes » et dont les femelles peuvent avoir de nombreux veaux sur l'ensemble de leur carrière reproductive. Pour les éleveurs traditionnels, le nombre de veaux sevrés par femelle est un enjeu important et ils n'ont pas le désir de réduire l'intervalle entre les vêlages puisqu'une conception importante est qu'il est nécessaire qu'un veau ait bénéficié d'un allaitement long (18 mois environ) pour devenir un bon géniteur. La flexibilité basée sur le troupeau face aux aléas est très importante pour tous les éleveurs extensifs. Un changement de système d'élevage vers un système intensif uniquement basé sur des races très productives (et trypanosensibles) fait perdre cette flexibilité et peut entraîner des conséquences très négatives si l'éradication n'est pas définitive.

Le changement a un coût et, pour garder une réversibilité, des stratégies d'adaptation sont développées (Moulin et al. 2008, Chia et al. 2014). Pour gérer le risque, l'éleveur s'aménage des capacités de modification en gardant la cohérence stratégique : cette flexibilité stratégique a été observée par l'existence de plusieurs allotements au sein des exploitations ou par la modification de la pyramide des âges. L'ajout d'un lot de bovins achetés adultes en zone pastorale (le « *tiorgal* ») et engraisés sur une période pouvant être très courte peut être une source de flexibilité importante dans les Niayes ; cependant, elle ne répond pas au besoin de l'identité peuhle ni au besoin de transmission sociale du bétail (pour les mariages) pour ceux qui attachent de l'importance aux lignées familiales. La vente précoce des taureaux pour diminuer le risque des vols (qui ciblent les animaux de valeur) et des vaches âgées pour prévenir les morts par occlusion intestinale est intéressante car elle montre une flexibilité que certains pensaient impossible suite aux recommandations productivistes non suivies sur la gestion des troupeaux. Enfin, le basculement du régime socio-technique associé à la Djakoré vers celui de la Gobra sera aisé car la gestion de ces races en termes d'acteurs, de valeurs et de pratiques est proche.

Il est intéressant d'identifier le décalage entre les controverses en cours chez les structures d'appui à l'élevage et chez les éleveurs des Niayes. Alors que les structures de recherche et l'Etat ont mis en place un dispositif pour favoriser l'élevage de métis avec un recours permanent à l'IA (croisement avec production continue de F1), ce qui pose la controverse de savoir comment faire adopter ces stratégies, les éleveurs (hors laitiers intensifs) cherchent encore comment obtenir le métissage de production mixte lait et viande

répondant à leurs contraintes alimentaires et sanitaires et dont ils pourraient assurer la reproduction de manière autonome (avec une gestion des géniteurs proche de leur gestion actuelle) ; certains expriment clairement le souhait (voir l'ambition) de créer par croisement une nouvelle race mais leur démarche est personnelle et ne bénéficie pas d'une gestion collective concertée.

Le choix des races est bien un sujet de débat que l'on retrouve dans différents groupes sociaux (c'est un sujet de débat très variable chez les agro-pasteurs) : cela confirme d'une part que les éleveurs sont actifs sur cette problématique et aussi que c'est bien une entrée sur l'innovation car les changements de pratiques suivent les changements de race. En effet, l'élevage de vaches laitières très productives conduit les éleveurs à trouver des stratégies de vente adaptée à ces fortes productions quotidiennes. Ainsi les équipements modernes de traite deviennent nécessaires, ainsi que de nouvelles manières de conserver et transformer le lait, de le conditionner et de nouvelles manières de le distribuer. De même, le choix des races très productives implique de nouvelles manières d'alimenter les bovins dont la culture fourragère et l'ensilage sont des symboles forts. Des négociations nouvelles se produisent entre éleveurs et propriétaires terriens pour l'accès aux terres, entre éleveurs et agriculteurs pour l'accès aux résidus de récolte et avec les vendeurs de concentrés et de fourrages hors des Niayes. Concernant la santé animale, de nouveaux services sont demandés : le suivi de l'alimentation par les vétérinaires mais aussi la gestion des pathologies propres aux systèmes intensifs. Des connaissances et savoir-faire sur l'élevage intensif laitier en zone tropicale se développent dans ces fermes modernes et le réseau vétérinaire associé.

Une autre problématique, objet de débats et de négociations, soulevée par les éleveurs est la gestion de l'alimentation, pour les fourrages mais aussi sur les modalités de complémentation avec des concentrés. Des éleveurs traditionnels défendent le fait d'avoir des droits sur les ressources naturelles et les résidus de récolte de leur commune sans être en concurrence avec les autres éleveurs. L'association des éleveurs intensifs laitiers réclame une zone agricole réservée aux productions fourragères ; des agro-pasteurs remettent en cause l'attribution de terres agricoles à des privilégiés lors de la campagne GOANA... L'alimentation est aussi un déterminant de l'innovation : les éleveurs qui investissent peu dans l'alimentation indiquent que ce sont les contraintes alimentaires qui les orientent pour le choix des races bovines. Pour les plus intensifs laitiers, le chemin stratégique commence par la race ; pour les plus traditionnels et/ou ceux qui ont de faibles capacités d'investissement, il commence par l'alimentation.

Les services vétérinaires ont fait des alliances avec des institutions nationales et internationales, de recherche et de financement pour construire un dispositif favorisant l'intensification des productions bovines dans les Niayes. Plusieurs dispositifs d' enrôlement sont imbriqués. Il y a celui conçu pour arriver à l'éradication dans les Niayes et l'arrêt de la transmission des TAA. Ce résultat de la mise en œuvre de l'innovation qu'est l'éradication des TAA dans les Niayes s'insère dans un autre dispositif d' enrôlement en vue d'intensifier les productions bovines via des innovations au niveau des éleveurs, comme le changement vers des races plus productives (et donc l'abandon des races trypanotolérantes). Dans ce dispositif figurent aussi les services d'insémination artificielle (public et privés), la distribution d'aliment concentré et l'aide à l'obtention de crédit pour l'élevage (Fondstab). Nous avons vu comment le remaniement des normes sociales est influencé par la dynamique sociotechnique locale. Une lecture selon la SAR nous permet de comprendre que pour maintenir l' enrôlement des différents acteurs dans le processus d'innovation qu'est l'intensification dans les Niayes, le dispositif d'intéressement/ enrôlement devra être adapté, en particulier sur les dynamiques foncières et sur la gestion des races locales et métissées.

Dans les Niayes, les capacités d'innovation des éleveurs sont actuellement fortement influencées par leurs objectifs initiaux et culturels, leurs capacités d'investissement (par double activité ou prêt), les négociations sur le foncier/avec les agriculteurs pour l'accès aux terres et aux résidus et la demande des consommateurs (bovins sur pied ou au détail). La levée du verrou socio-technique qu'est le risque trypanosomien permet des transitions de régimes socio-techniques (réseau d'acteurs, de valeurs et de pratiques) qui seront nécessairement tourbillonnaires (selon le principe de destruction/création). Les trajectoires seront donc par la suite influencées par la gestion du foncier et la gestion concertée des races et des métissages.

## **4.2. Hybrider sciences sociales et sciences vétérinaires pour comprendre et accompagner les éleveurs dans les processus d'innovation**

### Pourquoi mettre en œuvre l'induction ?

Dans le domaine de la biologie, les approches quantitatives basées sur les tests statistiques posent des conditions rigoureuses pour garantir leur sens et leur validité (dans une visée « explicative ») (Yoccoz 1991). Il est ainsi nécessaire d'élaborer un pré-modèle conceptuel d'analyse avant la récolte des données pour mettre en place un plan d'observation et un plan d'échantillonnage qui permettront un usage non biaisé des tests statistiques choisis. Il s'agit en particulier de déterminer les hypothèses précises à tester (hypothèses nulles  $H_0$ , alternatives  $H_1$ , nature des variables et ordre de grandeur des différences à comparer), le choix en conséquence du type de tests statistiques, des plans d'observation et d'échantillonnage ainsi que la mise au point de la structure de la base de données. Il est donc recommandé d'élaborer un cadre conceptuel « solide » et suffisamment précis pour poser les hypothèses, et élaborer un protocole qui ne doit pas être modifié pendant ou après la récolte des données. Ces étapes très codifiées sont abductives et hypothético-déductives et la phase d'enquête de terrain prévue ne permet pas d'assurer un rôle inductif. La phase abductive n'est possible que si des théories intermédiaires suffisamment solides sont mobilisables. Comme Yoccoz souligne l'importance de bien poser et savoir reposer la question biologique à la base de l'essai (Yoccoz 2012), il est également important de proposer une méthodologie pour la phase inductive. Une approche ancrée sur les observations de terrain est alors particulièrement indiquée (cf. grounded theory).

Cependant dans un monde incertain (Callon et al. 2014), les éleveurs modifient leurs systèmes d'exploitation selon non seulement la dimension de la productivité mais aussi celle de la sécurité et de la pérennité (Dedieu et al. 2008). Ainsi l'étude de la flexibilité des systèmes, avec toutes les dimensions des processus d'innovation (décisions, coordinations, apprentissages, articulation du processus, traductions successives) initie une nouvelle dynamique en zootechnie.

En zootechnie, les méthodes d'analyse du fonctionnement du système famille-exploitation (Moulin et al. 2008) sont soit centrées sur l'analyse d'une exploitation avec élaboration d'un schéma d'évolution ou avec une analyse de l'historique pour établir les objectifs de l'exploitation, soit caractérisent la diversité des exploitations grâce à une typologie basée sur une théorie de leur fonctionnement. Les travaux pour analyser spécifiquement le processus de changement ont pour but de mettre en évidence les

articulations entre leviers d'action et les effets induits des actions (Moulin et al. 2008). L'entrée pour l'analyse est technique : il n'y a pas d'analyse du discours mais une analyse des pratiques (les invariants et les variantes) permet de retrouver les valeurs associées. La méthode reconstitue un point de vue socio-technique sur les objets et les processus techniques de manière pluridisciplinaire. Cette approche est vue comme alternative à l'analyse fastidieuse du discours, dont l'intérêt pour l'accès aux logiques technico-économiques et aux valeurs et conceptions est pourtant exprimé (Moulin et al. 2008). Cependant, il n'y a pas de vérification des objets de débat, cibles du changement voulu par les acteurs, de leur enchevêtrement avec d'autres préoccupations qui orientent le changement et des capacités individuelles à innover en fonction des dynamiques collectives.

Les analyses quantitatives les plus rigoureuses sont toujours présentées au niveau des résultats et/ou dans la discussion avec des apports qualitatifs pour expliquer les relations entre variables. Ces apports, indispensables à la compréhension des résultats sont issus pour une part de théories et résultats publiés précédemment mais aussi de situations d'apprentissage non formalisé (entretiens en marge d'essais etc) et mobilisés « à dire d'expert ». Il y a donc un recours important à des connaissances qualitatives dont la validité est moins vérifiable que celles issues de méthodes et d'analyses formalisées. Bien que les analyses quantitatives donnent des résultats rigoureux, le fait qu'ils soient toujours accompagnés des explications qualitatives montre que le quantitatif ne peut se permettre d'exclure le qualitatif! L'incertitude ou la complexité des situations auxquelles les acteurs doivent faire face ne peuvent être représentées par un ou plusieurs chiffres.

### Comment augmenter les capacités inductives de la démarche scientifique ?

Avec l'hégémonie du paradigme positiviste, une approche technico-économique (Lavigne Delville et al. 2000, Lavigne Delville 2011b) a été prédominante dans les actions de développement des années 80. L'épidémiologie participative combine des méthodes issues de paradigmes différents (positiviste et alternatif) (Mugisha et al. 2008) mais cette articulation pose des difficultés : "The idea is to identify local knowledge and skills that seem to agree with our professional know-how, and explore this local knowledge" (Catley 2005).

Des critiques ont été formulées sur l'usage et les insuffisances des méthodes participatives de type MARP ou PRA (Lavigne Delville et al. 2000) qui ont pour conséquence de reproduire les biais qu'elles sont censés combattre. Il s'agit de:

-la méthodologie d'entretien n'est pas assez précise pour éviter les biais d'entretien (récolte de données) liés à l'asymétrie de la relation entre l'enquêteur/le technicien et les éleveurs/enquêtés ;

-la mise en œuvre repose largement sur des outils standardisés, cette caractéristique étant recherchée dans un but de production de données semi-quantitatives et de facilité d'analyse et de publication mais ces cadres cognitifs correspondent davantage à ceux des développeurs qu'à ceux des enquêtés qui vont difficilement expliciter leurs raisonnements de manière intégrale; de plus, ce cadre formel entrave l'appropriation de la démarche par le groupe lorsqu'il s'agit de trouver des pistes d'action;

-la méthodologie d'animation et d'accompagnement du travail réflexif pour aboutir à un diagnostic participatif est insuffisante et introduit les biais du positionnement de l'enquêteur et de la place de son analyse avec un travail réflexif des acteurs réduit.

-il y a un manque de méthodologie pour différencier les groupes sociaux à l'intérieur des communautés.

-Il n'y a pas de théorie issue des sciences sociales mobilisée, en particulier pour aborder l'innovation.

L'empirisme peut conduire à ne considérer que les déclarations des acteurs locaux sans s'appuyer sur des connaissances préalables qui concernent d'une part le milieu étudié et d'autre part sans avoir recours à des théories issues des sciences sociales (Dumez 2013). Dès le début de l'enquête, seul un référentiel technique (issu de l'épidémiologie) est très souvent mobilisé et sert de filtre de telle sorte que la démarche est principalement extractive et que le type et la nature des données recherchées sont déjà identifiés. Selon l'objectif de l'enquête cette démarche peut être appropriée, en particulier pour connaître une situation sanitaire, lorsqu'on dispose de connaissances épidémiologiques qui font consensus (la science faite), mais elle ne l'est plus dès lors que l'on veut comprendre les stratégies des producteurs, dès que l'on entre dans un monde incertain avec un manque de connaissances. Lorsqu'un objectif de programmation d'actions de développement est associé, Catley indique qu'il est nécessaire d'associer les éleveurs de manière précoce à la définition des objectifs à atteindre et de la logique de ce qui est souhaitable de faire (Catley et al. 2002). En pratique, ils restent bien souvent définis par les agents de développement: les perceptions des éleveurs sont trop souvent explorées *in itinere* pour connaître les obstacles à l'amélioration de la productivité (Snow and Rawlings 1999) et apparaissent donc comme facteurs explicatifs, le plus souvent comme des obstacles aux initiatives des projets. Les études de perceptions laissent à penser que l'opinion préalable que les éleveurs ont d'un objet technique est déterminante dans leurs

logiques d'action alors que pour rendre compte d'un processus d'innovation, il est nécessaire de comprendre les dynamiques en cours et comprendre comment l'introduction/ le renforcement de nouveaux actants (par un projet ainsi que de sources variées) viennent modifier cette dynamique.

Les outils « arbre à problèmes » et « arbre à solutions » ont vocation à trouver de manière participative des propositions correctives aux actions de développement, mais leur point de départ est généralement un objet ou une contrainte technique choisie par les enquêteurs au préalable et qui n'est pas systématiquement un concept mobilisé par les acteurs. De plus, ce sont classiquement les contraintes qui sont étudiées et l'épidémiologie participative ne fait pas cette distinction entre préoccupation et contrainte au niveau théorique, ce qui peut représenter un biais lorsqu'il s'agit de trianguler les données issues des entretiens réalisés avec des acteurs issus de groupes différents ainsi qu'avec les données secondaires (bibliographie).

L'épidémiologie participative a proposé une méthodologie pour éviter les erreurs constatées lors de la mise en œuvre de méthodes conventionnelles de récolte des données (comme les questionnaires) (Catley et al. 2012): ce sont les techniques d'entretien (interviews semi-structurées principalement) qui mettent l'accent sur les capacités de communication des enquêteurs, le langage non verbal, l'usage de check-lists et la reformulation. Les conseils sur l'amélioration des attitudes et la reformulation constituent un net progrès par rapport aux méthodes conventionnelles ; la reformulation se rapproche de la fonction de production de paroles DIRE mais n'est cependant pas identique. En effet, cette reformulation a pour but essentiel de réaliser la validation des données, la triangulation pendant l'interview (within method triangulation). En EP, il est précisé que les questions trop directes et agressives doivent être évitées ainsi que celles qui orientent les réponses. La méthodologie du GERDAL est plus exigeante sur la manière de conduire l'entretien : l'accumulation de questions de type « Qui ? Que ? Quoi ? Où ? Pourquoi ? », qui entretient l'asymétrie sociale entre enquêté et enquêteur et introduit le raisonnement de l'enquêteur comme trame (et donc comme filtre), est en particulier évitée; il s'agit de réduire au maximum le nombre de questions, de poser des questions ouvertes sur les pratiques, les manières de faire (le comment) et jamais sur la justification (le pourquoi). Lorsque les entretiens sont réalisés avec les personnes ressources telles que les agents vétérinaires et pas systématiquement avec les éleveurs (Catley et al. 2002) pour la triangulation ou la préparation préalable des outils en EP pour être des méthodes rapides, la capacité inductive de ces entretiens s'en trouve réduite, en particulier en n'identifiant pas les objets et concepts intermédiaires. La méthodologie de l'étude de cas est

rarement utilisée (Machila et al. 2003, Catley et al. 2012); la méthodologie d'analyse du discours n'est pas développée.

En épidémiologie participative, dans le cadre des enquêtes KAP (Hausmann-Muela et al. 2003) en particulier, une distinction est faite entre connaissance et croyance/ ressenti. Ainsi une entrée sur l'évaluation d'un projet est de questionner le producteur sur son ressenti, ses perceptions. Cette démarche fait d'une part une distinction artificielle entre des éléments qui seraient rationnels et d'autres irrationnels et engage l'éleveur à se justifier sur une attitude supposée plutôt irrationnelle. Une entrée sur les pratiques et manières de faire permet de mieux caractériser l'activité d'élevage, et de mieux accéder aux logiques d'action de l'éleveur en le considérant comme un être conscient, connaissant et actif (Darré 2006). Les justifications sont exprimées spontanément et de manière moins biaisée par l'éleveur lorsqu'il explique ses manières de faire. L'enquêteur/ animateur est cependant attentif aux sentiments exprimés pour la conduite de l'entretien pour l'identification de points à développer qui seront analysés sur la base de la retranscription afin d'ajouter des attributs dans les catégories de pensée (Darré 2006). Les enquêtes KAP ont vocation à être descriptives et les déductions explicatives sont sévèrement critiquées. Ainsi l'articulation entre le diagnostic de situation réalisé par l'acteur et sa connaissance théorique de ce qu'il convient de faire ne révèle pas automatiquement l'action qui est mise en œuvre. Alors que dans le cas d'un entretien compréhensif l'acteur décrit l'action qui est faite habituellement ou la pratique ponctuelle et commente spontanément ces situations concrètes par une conception (qui regroupe le diagnostic et la solution que l'acteur associe) ; ce qui permet d'articuler action et logique d'action/ conception. Pour connaître les conceptions, le choix est fait d'analyser d'abord des situations vécues et non hypothétiques et, si nécessaire, de s'engager ensuite sur une situation concrète de changement.

Les sciences de gestion nous ont appris que l'engagement dans une boucle d'abduction-déduction-induction est la voie la plus rigoureuse et objective pour produire de nouvelles connaissances. En sciences vétérinaires, les ressources méthodologiques sont plus adaptées à des démarches hypothético-déductives. Puisqu'une approche compréhensive s'avère indispensable pour la démarche inductive (Lavigne Delville 2011b, Dumez 2013), comment la mettre en œuvre? La mise en place d'études de cas constitue une stratégie intéressante pour cette étape.

### La stratégie de l'étude de cas

Nous avons vu que c'est l'objet d'étude, lorsqu'on veut répondre à des questions qui portent sur le comment ou le pourquoi, qui oriente vers la stratégie de l'étude de cas. Le postulat utilisé est celui de Pascal : « je tiens pour impossible de connaître le tout sans connaître les parties et de connaître les parties sans connaître le tout ». L'étude de cas a pour objectif de permettre une compréhension globale du système étudié et des mécanismes en jeu et ce qui est très différent de confirmer une théorie dans un contexte donné puisque une bonne étude qualitative doit « faire surgir des faits et des données étonnants » (Dumez 2013). L'étude de cas produit de manière indispensable les théories intermédiaires qui serviront à monter en généralité et en actionnabilité.

Nous avons vu que l'EP proposait des outils intéressants pour évaluer la perception du risque trypanosomien et les pratiques de santé et qu'ils étaient donc mobilisables pour les études de cas mais qu'il était nécessaire de mobiliser une théorie sociologique de l'innovation pour structurer l'approche (Akrich et al. 2006).

La SAR indique que le processus d'innovation, tourbillonnaire, comprend un méli-mélo de décisions variées et que les étapes d'intéressement et d'enrôlement sont décisives, ce qui conduit à s'intéresser à la manière dont les innovations se mettent en place sans se limiter à l'analyse des caractéristiques initiales de l'objet technique mais en prenant en compte l'interaction dynamique entre l'innovation et le réseau sociotechnique, sans faire de distinction entre les éléments de la nature, de la science et de la société.

Les 3 grands principes de la SAR (agnosticisme généralisé, symétrie généralisée et libre association) permettent de comprendre les processus d'innovation que l'on soit centré sur un dispositif technique (le pédiluve) ou que l'on aborde les trajectoires d'innovation dans un contexte donné (l'éradication des glossines dans les Niayes). Ces principes ouvrent la possibilité de saisir de nouveaux phénomènes et de comprendre des processus dans leur intégralité sans négliger aucun des acteurs (qu'ils soient issus de la société ou de la nature) ni aucune action (créatrice ou destructrice). L'identification de mécanismes observés dans les études de cas permet d'élaborer des théories intermédiaires.

### Quelles méthodes pour mettre en œuvre pour les études de cas

Pour la récolte des données, quel support choisir entre le guide d'entretien de l'entretien compréhensif, la check-list des entretiens semi-structuré ou le questionnaire ? Lorsque des données quantitatives doivent être récoltées de manière standardisée à des fins statistiques, le questionnaire est un format logique. Pour les études de cas, bien que la

présentation de la partie zootechnie soit celle d'un questionnaire, la méthodologie a évolué vers le guide d'entretien selon la méthode du GERDAL, avec une entrée par la description du troupeau et les pratiques zootechniques, le recours à la fonction d'aide à la production de paroles de type « dire » et en minimisant le nombre de questions posées et en particulier les questions fermées, semi-ouvertes ou demandant une justification (les questions écrites n'étaient posées que si l'éleveur n'abordait pas les éléments suite aux questions ouvertes) afin de limiter l'aspect interrogatoire. Les données les plus sensibles, comme les données économiques, sont demandées à la fin de la série d'entretiens. Pour terminer la récolte des données quantitatives, le dernier entretien finissait sur un mode questionnaire.

Les méthodes « rapides » ont été très développées en épidémiologie participative. L'argument de la rapidité et celui d'une certaine flexibilité qui peuvent être perçus comme une facilité sont mis en avant pour justifier l'intérêt de ces méthodes, alors que l'usage de la participation comme méthode de production de connaissances sur une situation complexe est décrite par les sociologues comme plus difficile, longue et contraignante (et plus subjective selon certains auteurs) que les méthodes conventionnelles (Lavigne Delville and Mathieu 2000, d'Aquino 2007). Cette contradiction apparente s'explique par des différences d'objectifs et de niveau de participation, et donc de méthodes. Les méthodes rapides ont des capacités inductives diminuées du fait de leur méthodologie. Pour s'inscrire dans une boucle d'induction/abduction/déduction, la combinaison d'un nombre restreint d'études de cas à une enquête plus conventionnelle par questionnaire (améliorée par des outils participatifs) constitue un bon compromis.

La méthodologie de l'entretien compréhensif et l'analyse sociotechnique du discours (individuelle puis croisée) sont très efficaces pour alimenter une démarche inductive. En effet, bien que le contexte sanitaire influence fortement les logiques d'action présidant la composition du troupeau, une entrée technique sur le risque trypanosomien ou sur la maladie telle que pratiquée en épidémiologie participative aurait été moins efficace car les éleveurs ne manipulent pas directement ce concept et que les éleveurs ont une approche globale de la « résistance » des animaux et des stratégies d'exploitation (voir 3.4). L'entretien compréhensif, basé sur une entrée sur l'ensemble des pratiques de gestion (de manière non sectorielle) et ne demandant pas directement les justifications, est très efficace pour atteindre les logiques d'action et les conceptions, en particulier grâce à la fonction d'aide à la production de paroles de type *dire*. La méthodologie d'entretien et d'analyse développées par le GERDAL offrent un guide détaillé et pratique (Darré et al. 2004, Darré 2006) pour ne pas se perdre dans les méandres de l'entretien ouvert.

Lorsque le raisonnement de l'enquêteur sert de fil conducteur, le processus d'exploration introduit automatiquement des biais. Par exemple, dans certaines enquêtes d'épidémiologie participative, lorsque la gamme connue des méthodes de lutte contre les TAA est explorée sur suggestion de l'enquêteur, la finalité et la logique d'action deviennent difficiles à vérifier. Il est ainsi étonnant de voir dans certaines études une forte proportion d'éleveurs utilisant le traitement épicutané comme méthode de lutte contre les glossines alors que c'est un bien public. Grace émet une réserve sur cette finalité (Grace 2006). Catley indique que les éleveurs n'adhèrent pas à la gestion de type bien public/commun pour la lutte contre les TAA (Catley et al. 2002). Le biais de suggestion peut aussi conduire les éleveurs à augmenter l'importance d'une maladie lorsqu'ils savent qu'un projet y intervient de manière spécifique, c'est « l'effet ONG » où les éleveurs apprennent à « répondre aux appels d'offre ». Ainsi Ohaga a envisagé ce biais pour l'expression de l'importance des TAA par rapport aux études précédentes dans la zone (Ohaga et al. 2007).

Un même outil peut être utilisé de manière extractive ou compréhensive. Un exemple illustratif est celui de la matrice de notations des maladies. En effet, si les symptômes de la matrice sont choisis de manière standardisée (avec des personnes-ressources ou d'après la littérature ou d'après les premières matrices réalisées), on se place sur un mode extractif. Cette manière de faire est utilisée à des fins statistiques pour faire une matrice « moyenne » et/ou évaluer les capacités de diagnostic des éleveurs. Par contre, pour une approche compréhensive, il est nécessaire de préparer à nouveau la liste des symptômes pour chaque matrice sur la base de l'entretien individuel ou collectif si les acteurs appartiennent bien au même groupe social. Lorsqu'on veut caractériser les pratiques et logiques d'actions d'un groupe, on doit s'assurer que les éleveurs appartiennent bien au même groupe social, c'est-à-dire disposent du même point de vue (situation sociale, professionnelle et géographique), ce qui demande d'envisager que la séparation des éleveurs d'un même village par genre et par classe d'âge ne corresponde pas aux groupes sociaux. Pour y parvenir, il serait donc utile de faire des entretiens compréhensifs individuels en premier lieu, puis une analyse croisée avant de pouvoir animer des débats collectifs (soit à l'intérieur d'un groupe social homogène soit en assemblée mixte selon l'objectif).

Alors que la phase d'entretien compréhensif constitue un préalable réflexif nécessaire pour la mise en œuvre d'outils d'épidémiologie participative, certains outils peuvent aussi contribuer à améliorer le dialogue en aidant l'enquêteur à adopter un langage commun avec l'enquêté ; par exemple, les matrices de notation des maladies permettent de comprendre la signification des termes employés par l'interlocuteur pour désigner les tableaux cliniques ainsi

que sa manière d'analyser les problèmes de santé du troupeau. Cependant, des équivalences avec les termes médicaux sont systématiquement faites dans les publications (et sur le terrain) et elles ont un effet pernicieux : en effet, ces savoirs ne sont pas identiques, ils n'ont pas été élaborés ni transmis de la même façon. Il est plus pertinent de parler de tableaux cliniques *maladie-like* que de la maladie en question. De plus, il convient de refaire les matrices lorsqu'on change d'interlocuteur : un même terme peut décrire des tableaux cliniques avec une variation très différents.

L'entretien compréhensif permet d'analyser comment les éleveurs parlent des choses et les décrivent, quels sont leurs critères et leur manière d'analyser une situation. Ce travail permet donc de trouver les objets et les concepts intermédiaires, qui seront réutilisés en cours d'entretien et inclus dans les questionnaires ou guides d'entretien (Teulier and Hubert 2008, Vinck 2009).

Objet et concept intermédiaires sont-ils identiques ? Lorsque l'actant-objet utilisé pour l'action est matériellement le même pour tous, il s'agit d'un objet intermédiaire qui peut être interprété différemment par les acteurs : il sert de support à la concertation et est mobilisé pour l'action ; j'ai choisi de le distinguer du concept intermédiaire qui correspond à une conception commune et qui permet d'interpréter la réalité et de transmettre des normes sociales, et peut être utilisé pour la négociation et la concertation. Un concept intermédiaire peut désigner des objets différents selon les points de vue (selon les groupes sociaux). Ainsi, « un bon animal » ne désigne pas les mêmes bovins pour les intensifs laitiers que pour les agro-éleveurs ou agro-pasteurs. Dans les Niayes, on a observé des flux de paillettes de semence et de géniteurs qui dépendent de leur race : ces bovins, définis avant tout par leur race qui donne à ces objets biologiques la dimension de construit social, sont des objets intermédiaires. Par exemple, les éleveurs intensifs laitiers attribuent des valeurs et des usages à ces races, d'où une des normes sociales en circulation qui indique qu'un troupeau avec 2/3 de Montbéliardes et 1/3 de Holstein constitue un bon compromis pour avoir un lait gras en quantité. Les éleveurs intensifs laitiers établissent des stratégies d'insémination d'après l'information fournie par les catalogues des firmes d'insémination, véritables objets-frontières (Flichy 2003) car une information est transmise pour une concertation entre des mondes différents: *« C'est à cause des vétérinaires qui ont cette expérience-là ! C'est eux qui connaissent les meilleurs taureaux ! C'est Dr N. qui choisit...Si Dr D. n'a pas les taureaux qu'on veut...Les taureaux américains, ce sont les meilleurs, tous des races Holstein! »* Lorsqu'un déficit d'information sur les paillettes disponibles existe, comme cela a été observé chez des agro-éleveurs lors des campagnes d'insémination, alors la concertation et

l'élaboration de savoirs deviennent difficiles, et les paillettes ne sont plus des objets-frontière. Les métis (voir 3.4) sont encore au stade d'objets-valises, dont l'interprétation sociale, les usages et les manières de les produire et de les gérer sont non stabilisés (Flichy 2003). La compréhension des cadres d'usage est très importante pour comprendre les trajectoires d'innovation. Flichy explique que lorsque ces cadres d'usages ou les cadres de fonctionnement de l'innovation ne sont pas stabilisés, les capacités prédictives des trajectoires d'innovation sont réduites mais augmentent dès qu'une stabilisation est négociée. Les négociations portent sur les Points de Passage Obligés (PPO) (Callon 1986) qui correspondent à des problématiques que les acteurs doivent résoudre collectivement pour atteindre leurs objectifs.

Ainsi les débats autour du concept intermédiaire « du bon animal » est riche en enseignements. Ainsi si la gestion des races Djakorés et Gobras semblait être verrouillée au niveau socio-technique par le concept de troupeau tyosaan, l'enquête a ensuite révélé, en particulier lors du focus group, que même les éleveurs non attachés à la valeur traditionnelle des lignées patrimoniales voulaient élever des bovins de faible valeur (« *qui ne valent pas un million* [de Fcfa] ») pour constituer les dots de mariages ou faire des sacrifices aux marabouts ou pour vendre ces animaux pour les cérémonies de particuliers. En conséquence, les éleveurs qui voulaient conserver ces races locales sont bien plus nombreux que les éleveurs ayant un troupeau tyosaan.

### La robustesse de la triangulation et de la saturation des données en épidémiologie participative

La triangulation utilisée en épidémiologie participative a pour but de contrôler la cohérence des données et accéder à la description de la « réalité » objective, avec le risque de faire disparaître la notion de points de vue.

Enfin, la saturation est un principe utile s'il permet d'identifier les sujets évoqués par les acteurs qui n'ont pas été suffisamment approfondis. Cependant, l'objectif de trianguler et de saturer les données de manière rigoureuse expose à la tentation de poser de nombreuses questions croisées et donc de renforcer l'aspect interrogatoire. Il est donc important de bien respecter les recommandations de conduite d'entretien du GERDAL, d'utiliser les fonctions d'aide à la production de paroles de type DIRE et de ne pas appliquer ce principe de manière trop systématique.

La sociologie du GERDAL met en évidence la nécessité de distinguer les différents points de vue. Il s'agit en effet de relier les pratiques et les conceptions, « les manières de

parler de » pour comprendre les échanges d'information, les catégories de pensée et les négociations qui s'opèrent lorsqu'un concept intermédiaire est mobilisé (Teulier and Hubert 2008, Vinck 2009) et donc comprendre les manières de faire de chaque groupe social et comment il négocie avec les autres acteurs. Chaque groupe d'acteurs a une manière particulière de décrire et d'analyser une situation selon des conceptions/représentations et des critères spécifiques (Darré et al. 2004, Darré 2006). Ainsi l'analyse du discours et en particulier des catégories de pensée permet de comprendre la logique de description et d'analyse et ainsi de trouver les critères, les objets et les concepts intermédiaires (Teulier and Hubert 2008) qui pourront être utilisés. Ainsi au-delà de l'usage d'un vocabulaire compréhensible par l'interlocuteur, l'enquêteur doit identifier et mobiliser les concepts qui ont du sens et qui sont effectivement mobilisés par l'ensemble des enquêtés. Lorsqu'il s'agit de résoudre un problème (en Recherche-action), une méthodologie de sélection des objets et des concepts intermédiaires sur lesquels les débats et négociations doivent avoir lieu entre les différentes catégories d'acteurs peut s'inspirer de la méthodologie du GERDAL (Darré 2006).

Bien que la localisation géographique intervienne dans l'identification des groupes sociaux, il n'est pas possible de définir ces groupes par apriori (voir ci-dessous). La SAR montre aussi l'intérêt de rapporter de manière chronologique les opinions en relation avec les différents groupes d'actants qui nourrissent la controverse et la modifient et qui évoluent au cours des différentes phases de traduction selon les rapports de domination des différents porte-paroles et centres de traduction.

La première application pratique est l'intérêt d'analyser la communication et les flux d'information à l'échelle du réseau socio-technique : dans quel groupe de pairs se situe notre interlocuteur ? Quel est son réseau de dialogue et de collaboration ? Quels messages sont véhiculés ? Par qui (quel groupe social) et comment ? Pour cela, il est nécessaire de caractériser le point de vue de l'interlocuteur, de développer l'entretien autour du réseau de dialogue, des relations professionnelles et des sujets de préoccupation qui font l'objet de discussion.

#### Choix rationnels ou influences à l'insu des producteurs ?

Les études de cas ont révélé que les producteurs ne connaissaient pas ou très peu le projet d'éradication et que le concept de risque trypanosomien n'était pas mobilisé dans les raisonnements. Interroger les éleveurs sur leur gestion du risque (ou de la maladie) livrerait un substrat assez pauvre pour comprendre l'impact du risque trypanosomien. Nous sommes dans une situation où l'on serait tenté de penser qu'étudier les choix rationnels des éleveurs selon

une sociologie wébérienne n'est pas adapté et que l'impact de l'éradication se fera à l'insu des producteurs. Il faut revenir au concept d'objets intermédiaires et aux manières de voir une situation. Le changement de contexte sanitaire sera perçu par les éleveurs et intégré dans les décisions mais selon des critères qui ne sont pas identiques à ceux des scientifiques : alors que les agents du projet raisonnent en termes de mouches sauvages/ stériles capturées, les éleveurs raisonnent en état général de leurs animaux par race, en nombre d'animaux atteints de soumaya/moussane/sompt etc... Donc il s'agit d'identifier les objets et concepts en rapport avec ce changement sanitaire qui sont mobilisés par les éleveurs pour élaborer leurs logiques d'action et comprendre ainsi leur rationalité.

L'analyse compréhensive est un outil très souple pour retrouver le cadre logique de l'éleveur. Elle a montré que les logiques d'action ont une structure qui ne correspond pas à un choix au sein d'un panel de solutions de type arborescent face à une liste de problèmes hiérarchisables et indépendants. La carte cognitive est un outil qui permet d'explorer les chemins cognitifs des acteurs (Gouttenoire et al. 2012) : une préparation et un accompagnement réflexif sont nécessaires pour son élaboration qui est longue.

Lorsque les contraintes pathologiques sont abordées, la démarche de faire classer les contraintes puis les maladies par ordre d'importance repose sur l'hypothèse implicite qu'il existe un lien direct entre l'importance de cette maladie et la volonté de trouver des solutions « pour lever la contrainte » sans vérifier la validité de cette hypothèse. Ainsi les éleveurs dans les Niayes se sont montrés davantage préoccupés par les maladies d'allure épidémique comme la FVR ou la DNCB que par les TAA dont ils sont habitués à gérer le risque.

Moulin propose la construction d'une frise chronologique sur la base des entretiens qui indique les événements marquants et les phases successives de cohérences concernant une activité donnée : elles concernent les objectifs et pratiques associées (Moulin et al. 2008). Dans une visée prospective, il est donc important d'identifier les préoccupations vis-à-vis desquelles les éleveurs sont actifs.

### Lire les processus d'innovation selon la SAR

L'histoire du pédiluve comme innovation illustre bien l'intérêt de la SAR puisqu'elle considère l'action de tous les actants de manière symétrique, en envisageant toutes les interactions possibles entre la science, la société et les éléments de la nature. Ainsi il a été donné à voir l'ensemble du processus qui inclut des interactions entre actants non humains (en particulier entre la technologie et les bovins (voir 3.2)) selon un principe de libre association. Cette approche naïve (sans apport théorique préalable), dépouillée, permet d'être ancrée dans

le terrain avec moins d'apriori. Tandis que la sociologie du GERDAL centre l'analyse du processus d'innovation sur le réseau humain de dialogue, il est possible de passer de l'analyse d'un processus par la sociologie du GERDAL à celle de la SAR. Ainsi les acteurs se font les porte-paroles des actants non humains à travers leurs énoncés ; les normes sociales des producteurs sont des énoncés qui en particulier indiquent ce que sont les actants non humains et comment ils se comportent. Ainsi, les énoncés de scientifiques et ceux des producteurs doivent être mis en tension.

La SAR demande une posture d'agnosticisme généralisée, y compris aux sciences sociales et s'interdit de juger les interprétations en embrassant de manière égale les points de vue : cette rigueur méthodologique apporte de l'objectivité pour suivre et « raconter » le processus d'innovation et est adaptée aux scientifiques ayant peu de connaissances en sociologie. Elle a cependant des exigences méthodologiques pour s'interdire de travailler sur les opinions rétrospectives modifiées par l'expérience ou d'utiliser des éléments explicatifs révélés postérieurement : il s'agit de s'appuyer sur les entretiens ou documents qui ont été réalisés en cours de processus. Une analyse rigoureuse est donc proposée, qui suit pas à pas toutes les méandres du processus d'innovation avec tous les événements dans l'ordre chronologique (et permet donc de restituer les parcours chaotique) et les flux d'informations alimentant la controverse socio-technique. Il devient ainsi possible de disséquer les relations entre les différentes dimensions (technique, sociale, environnementale, politique etc) tout en révélant leurs interdépendances.

Le GERDAL se focalise sur la dynamique des savoirs des agriculteurs (ou des acteurs directement impliqués dans l'utilisation de ressources naturelles) : il y a un centrage délibéré, contrairement à la SAR. Cependant, les deux approches se rejoignent sur le fait qu'il y a continuellement un remaniement des normes et logiques d'action et qu'il s'agit de voir comment une innovation va s'incorporer aux dynamiques existantes. Il est donc nécessaire de connaître les dynamiques du réseau socio-technique déjà en place ainsi que celle de la mise en place de l'innovation en question. Le GERDAL propose des moyens d'analyser la diversité des acteurs, leurs pratiques et la façon dont ils intègrent la nouveauté dans leurs pratiques et conceptions habituelles. Il ne s'agit pas pour le vétérinaire ou le zootechnicien de réaliser une étude sociologique des représentations mais plutôt de connaître l'articulation entre conceptions et pratiques en fonction des groupes sociaux et de revoir la manière de classer les acteurs en groupes. Le GERDAL propose ainsi de distinguer des différenciations sociales et des usages différenciés des techniques (Lavigne Delville 2011b).

## Comment définir les groupes d'actants ? Comment établir une typologie pour suivre des trajectoires d'exploitation ?

Pour modéliser la diversité des exploitations et leurs trajectoires, les analyses multifactorielles réalisées à partir d'indicateurs choisis à dire d'experts permettent de synthétiser les connaissances et chemins cognitifs d'experts d'une zone et d'acquérir, de manière accélérée, une vue complète et actualisée de la diversité des exploitations d'une nouvelle zone d'étude (Perrot et al. 1995, Alary et al. 2014). Bien qu'il y ait, grâce aux analyses multivariées, une actualisation de la typologie, elle est générée de manière automatique en privilégiant une approche quantitative (avec le calcul de coefficients de ressemblance) (Perrot et al. 1995) avec pondération des facteurs qualitatifs ; mais les chemins cognitifs utilisés ne sont pas revisités et les points de vue sont exclusivement ceux des experts. Pour analyser l'importance de l'élevage par rapport à la vulnérabilité vis-à-vis des aléas climatiques, Alary souligne la difficulté à choisir des indicateurs à cause de la complexité des stratégies contextualisées, des associations non apparentes de facteurs influencés par des changements globaux, des mécanismes (/logiques d'action) à long terme. Il est donc utile d'utiliser les déterminants et indicateurs (pratiques, critères) que les acteurs utilisent pour décrire les différentes stratégies par groupe.

L'épidémiologie participative suggère de distinguer des groupes a minima sur une base géographique : le village pouvant être considéré comme une unité épidémiologique. Des sous-groupes sont envisagés a priori pour les entretiens collectifs pour éviter les problèmes de leadership : par ethnie, genre, et par classe d'âge (jeunes/vieux). Pour l'analyse socio-technique compréhensive du GERDAL, la position géographique est prise en compte, ainsi que d'autres éléments objectifs (statuts sociaux et techniques permettant une typologie) qui doivent avoir du sens par rapport aux pratiques et justifications données par les éleveurs eux-mêmes et en cohérence avec le groupe dans lequel l'acteur se place.

L'analyse compréhensive du discours permet de trouver les articulations entre pratiques et conceptions de manière efficace dans une approche globale. Ainsi la production laitière est envisagée de manière très différente chez les agro-pasteurs et agro-éleveurs par rapport aux intensifs laitiers : ceux qui veulent produire leurs propres géniteurs, de race locale ou métissée, n'envisagent qu'une exploitation partielle du lait car la conception commune est que le veau doit téter suffisamment en quantité et en qualité, sur une durée suffisante (plus d'un an) pour devenir un bon géniteur. L'analyse croisée permet de relever les similitudes à l'intérieur des groupes de pairs et de repérer les pratiques et/ou conceptions sur lesquelles les acteurs se distinguent. D'autre part, le travail réflexif mené de manière individuelle ou en

focus group doit permettre de trouver les indicateurs d'innovation ou de capacité d'innovation et de les valider de manière participative.

En Afrique de l'Ouest, les réseaux professionnels des vétérinaires et agronomes sont fortement connectés avec les réseaux scientifiques au Nord, en particulier en matière de développement de l'élevage. Bien que des connaissances soient partagées, des savoirs et savoir-faire sont remaniés ou générés localement aussi au niveau des structures d'appui à l'élevage ; aussi est-il nécessaire de refaire des phases inductives pour mieux comprendre les processus d'innovation propres au Sud et à chaque contexte local et proposer des accompagnements de l'innovation plus appropriés. Une approche qualitative de type entretien et analyse compréhensifs doit être mise en œuvre à la fois avec les agents de développements qui orientent les politiques d'élevage et prodiguent des conseils aussi bien qu'avec les producteurs dans leur diversité pour repérer les nouvelles dynamiques et les trajectoires atypiques, en particulier pour les exploitations non suivies habituellement par des techniciens, qui posent problème pour les analyses à dire d'experts (Perrot et al. 1995). Concernant les conduites de troupeau en milieu agro-pastoral sahélien, ce sont les études sociologiques et anthropologiques qui ont apporté de nouvelles conceptions concernant la gestion du troupeau (Bonfiglioli 1990, Ancey et al. 2009) mais elles ne sont pas assez mobilisées par les vétérinaires.

En ce qui concerne les actants humains, il est nécessaire d'une part de les classer avec des critères objectifs, géographiques (Perrot et al. 1995), et sur des critères techniques, d'après les pratiques zootechniques, qui respectent les groupes de pairs auxquels les éleveurs s'identifient et auxquels on pourra faire correspondre des « indicateurs de logiques d'action ». L'analyse d'entretien individuel est utile pour savoir quelle est l'étendue du réseau de dialogue et de travail de l'acteur et dans quel groupe il se situe lui-même sur la base de pratiques communes dans un même contexte (que désigne le « on », le « nous » et quels groupes d'acteurs et de logiques oppose-t-il ?). Les pratiques et conceptions qui font partie de l'argumentaire de l'acteur (Lemery 2003) sont discriminantes préférentiellement aux critères « cachés ». Ainsi, il convient de rapprocher les analyses individuelles qui possèdent les mêmes articulations entre pratiques communes et conceptions similaires afin de former des groupes d'actants. De nouveaux indicateurs peuvent ainsi être trouvés et incorporés dans des questionnaires afin de récolter des données sur un échantillon plus large. Par exemple, dans les Niayes, il n'est pas possible d'utiliser exactement les mêmes critères de la typologie mise au point au Burkina Faso (Vall et al. 2006, Vall et al. 2012) pour distinguer les agro-éleveurs (sans tradition d'élevage) et agro-pasteurs (avec tradition d'élevage) avec les critères

dichotomiques (moins ou plus de 5 ha, moins ou plus de 10 bovins) car la différence de surfaces cultivées est moins discriminante lorsqu'il s'agit de maraichage (les surfaces sont plus petites par rapport aux cultures céréalières). Parmi les études de cas, la dichotomie a été facile à faire car les éleveurs ayant une tradition d'élevage avaient tous pour activité principale l'élevage, une conduite du troupeau au pâturage naturel permanente et une pratique agricole absente ou marginale (les agro-pasteurs). Les agro-éleveurs, même d'ethnie peuhle, avaient commencé leur activité agricole avant l'élevage (dont la tradition était absente à la génération précédente), elle restait une activité économique majeure et leur apportait des ressources alimentaires importantes pour l'élevage.

Dans notre analyse croisée, 3 groupes en première intention ont été définis (les intensifs laitiers, agro-pasteurs et agro-éleveurs) avec des termes zootechniques mais qui coïncident avec les distinctions faites par les éleveurs dans leur discours. Cependant, il convient de subdiviser les deux dernières catégories:

- Il y a les agro-pasteurs avec des objectifs culturels prédominants, soit avec uniquement un troupeau tyosaan (ou assimilé) unique ou avec un lot de bovins d'embouche en plus ;
- les agro-pasteurs avec un troupeau avec reproduction soit à orientation bouchère soit mixte ;
- les éleveurs qui pratiquent seulement le commerce de bovins ;
- les agro-éleveurs qui se spécialisent dans l'embouche,
- les agro-éleveurs qui développent la production laitière (pour une production mixte ou semi-intensive).

Cette multiplicité de catégories s'explique par le fait que l'élevage dans les Niayes est en période de forte évolution des systèmes d'élevage ; les catégories sont représentées de manière très variable (les agro-pasteurs faisant juste du commerce d'animaux sont probablement peu nombreux) et les proportions vont être précisées dans l'étude qui va suivre. Ainsi le statut des lots de bovins est questionné (un ou plusieurs lots, tyosaan ou non, avec reproduction ou non), l'importance de l'activité agricole, l'orientation des ventes (viande ou mixte). Le choix des races introduites et le mode (insémination ou achat de génisses ou achat de génisses et de taureaux) est aussi un bon indicateur de stratégies.

Pour les actants non humains, l'approche est similaire et il faut utiliser les résultats d'essais (selon les méthodes conventionnelles) et entretiens évoquant ces actants pour retrouver ce que sont ces actants et quelles sont leurs « logiques d'action ». Ainsi pour l'étude d'adoption du pédiluve au Burkina, les bovins ont été distingués en deux groupes : les races

locales peu dociles et les races exotiques et leurs métis plus faciles à habituer au pédiluve. Dans les Niayes, il y a deux grands groupes : les Ndamas et Djakorés (les races trypanotolérantes) et les autres races (trypanosensibles). Cette dernière catégorie doit être subdivisée entre races locales et races exotiques. Les races exotiques sont encore subdivisées en races laitières hautes productrices (européennes), races laitières rustiques (Pakistanaise), races bouchères rustiques et esthétique proche de la Gobra (Guzérat).

### Comprendre le processus d'innovation

Alors que la SAR concentre l'attention sur les capacités stratégiques des actants à imposer leurs choix, même si aucune rupture entre la conception et la diffusion d'une innovation n'est envisagée, les intentions des acteurs n'apparaissent pas (Flichy 2003), leurs normes sociales, ce qui est souhaitable de faire. Le rôle des usagers mérite d'être développé en ce qui concerne leur intervention dans l'élaboration de l'innovation et le travail de remodelage de leurs conceptions ainsi que celles des scientifiques en retour. Les éleveurs ont conçu un nouveau parc d'attente attendant au pédiluve (avec des matériaux traditionnels) plus efficace que celui proposé par les scientifiques. Le refus d'utiliser les pédiluves destinés à plusieurs familles a appris aux scientifiques à envisager l'enjeu social du gérant et à redéfinir le périmètre du collectif qui peut utiliser un seul pédiluve.

Le rôle attribué aux normes sociales, la « loi du groupe » est-il incompatible avec la vision de la SAR qui réfute la légitimité des normes et des classes sociales ? Il révèle le fait que les savoirs sont produits collectivement et que l'individu a besoin d'avoir accès aux savoirs constamment renouvelés qui concernent précisément ses pratiques et sa position dans le réseau socio-technique (en relation avec le contexte local). Ces normes sociales peuvent être considérés comme des énoncés circulant dans le réseau socio-technique (similaires à ceux émis par les scientifiques). L'individu a besoin d'un échange permanent de savoirs pour sa pratique et son groupe social a une fonction de traduction vis-à-vis des autres actants dont un individu seul ne peut se passer. Lorsque le réseau socio-technique se reconfigure de manière favorable à une innovation, pour un individu donné, il peut être actif pour soit participer au changement des normes de son groupe soit changer de groupe social ou décider de continuer avec les pratiques anciennes du groupe (Darré 2006). Si on considère la dépendance d'un individu vis-à-vis de son groupe et la persistance des normes préexistantes comme très variables selon la dynamique du réseau socio-technique, c'est-à-dire l'accès aux différents actants et les rapports de force, alors l'hybridation des deux approches (SAR et analyse socio-technique compréhensive du GERDAL) devient possible. Dans les Niayes, la concurrence

entre les normes de survie économique et traditionnelles est bien le résultat de la dynamique socio-technique.

Les logiques d'action font référence à des savoirs dont il n'est pas utile/souhaitable de distinguer les différents types. L'étude des « connaissances » (selon les référentiels théoriques des sciences) des éleveurs ne permet pas de retrouver les logiques d'action : il y a ainsi beaucoup d'incertitudes sur la mobilisation des connaissances théoriques pour l'action (Machila et al. 2007). La manière dont sont interprétés les savoirs paysans à l'aune des connaissances scientifiques et la manière scientifique de présenter les faits peuvent induire des biais. Pour l'épidémiologie des TAA, comment est évaluée la connaissance de la maladie ? Doit-on considérer que seule la désignation des glossines constitue une bonne connaissance de la transmission de la maladie (Machila et al. 2003, Ohaga et al. 2007)? La relation de cause à conséquence de l'exposition lors du pâturage est pertinente si les sites à glossines comme les cordons ripicoles sont effectivement identifiés, même si le lien avec les glossines n'est pas explicite. De même, le choix de traitements à base d'antibiotiques ou de vermifuges qui sont réalisés sur un troupeau de bovins trypanotolérants soumis au risque ne doit pas forcément être considéré comme issu d'un défaut de discernement car ce choix peut s'expliquer par l'expérience de l'éleveur qui connaît l'importance de traiter les pathologies concomitantes qui nuisent aux capacités de trypanotolérance de ses animaux. Donc il est important que le discours soit analysé pour accéder à la rationalité des éleveurs.

La connaissance des normes sociales/ conceptions/ logiques d'action permet de comprendre les stratégies sur du plus long terme que les perceptions qui sont beaucoup plus corrélées aux événements récents (Alary et al. 2014). Bien que les conceptions et les logiques d'action soient remaniées dans le temps, il est possible de prévoir sur quels points les négociations devront avoir lieu et, avec une meilleure connaissance de la diversité des acteurs et de leurs conceptions, il sera possible de distinguer les négociations faciles, les verrous socio-techniques...afin de faire des projections et surtout un accompagnement pour faciliter l'innovation dans une volonté médiatrice.

### L'importance du récit de l'innovation selon la SAR

Les études dynamiques longitudinales des controverses socio-techniques montrent que les débats ne sont jamais purement scientifiques et portent aussi sur la société et les connaissances qui y circulent. La société étant considérée comme aussi incertaine que les faits de la Nature étudiés, le vocabulaire de la traduction utilisé rend compte de manière inhabituelle mais pertinente du processus. Ainsi « une controverse « purement » scientifique

de certains acteurs impliqués ou à enrôler est une contradiction dans les termes » (Callon 1986).

L'intérêt d'une démarche qui se base sur cette théorie est d'éviter d'une part une enquête asymétrique en ce qui concerne les acteurs (actants humains), par exemple en ciblant les producteurs et en n'enquêtant pas l'ensemble des protagonistes (d'un projet) avec la même méthodologie (Lavigne Delville 2011b)); d'autre part il évite l'erreur sur l'objet d'étude : si on veut comprendre la plus ou moins grande mobilisation d'une innovation par des éleveurs, l'objet d'étude ne doit pas être l'objet technique, mais l'activation d'un réseau sociotechnique autour d'une innovation composé de processus d'intéressement, enrôlement, éventuellement trahison basés sur des traductions renouvelées par des porte-paroles à chaque étape. Bien qu'il soit nécessaire de rapporter les interprétations et informations relatives à chaque point de vue, l'information, qui détermine l'action, est remodelée suivant des rapports de force qui sont souvent occultés à posteriori. Il s'agit de saisir une dynamique non linéaire et non prévisible, ce qui est bien éloigné de définir des perceptions, un avis sur la faisabilité qui seraient déterminés et relatives à un objet technique par rapport à une situation initiale. Ainsi reconnaître l'importance de la multitude de petits ajustements variés qui sont nécessaires à l'émergence et à l'accompagnement de l'innovation et qui sortent souvent du cadre conceptuel des « inputs » que l'on affiche est plus proche de la réalité. Si ce travail, long et exigeant, ne peut être fait, la connaissance de cette théorie de l'innovation permet de dépasser les aprioris, la tentation d'interpréter les faits et attitudes, et dit ce qu'il ne faut pas faire. Que ce soit pour le pédiluve ou pour le changement de races dans les Niayes, il est alors possible de mettre en exergue les points critiques de l'enrôlement pour innover.

Bien que les échecs (ou les réussites mais l'étude des échecs est plus révélatrice) peuvent être imputables à des caractéristiques intrinsèques de l'innovation ou du contexte, c'est bien le processus de négociations et de traductions successives, de manière non généralisable mais cependant pédagogique, qui donne l'explication la plus fiable : les manières dont l'intéressement, l'enrôlement et les compromis sociotechniques ont été menés. La SAR permet d'éviter des explications simplistes et déterministes et met en évidence le rôle médiateur des objets techniques. Le pédiluve a ainsi renforcé l'organisation de l'association des éleveurs modernes de Ouagadougou via la création d'un service d'appui à l'entretien du pédiluve au sein de l'association. Il a permis aussi de placer les éleveurs en situation d'apprentissage pour le passage des troupeaux dans celui-ci : certains utilisateurs ont alors adapté la construction du parc d'attente pour faciliter le passage des bovins de race locale.

## Utiliser la méthode d'entretien et d'analyse du GERDAL pour accompagner tout en travaillant selon la SAR

La SAR rapporte de manière longitudinale tous les débats intermédiaires qui ont eu lieu et n'utilise pas de grille préétablie pour restituer sans interprétation sociologique les identités, conceptions et relations réalisées par les acteurs eux-mêmes afin de gagner en intelligibilité. Cette démarche compréhensive et socio-technique est commune avec la sociologie wébérienne et avec la sociologie du GERDAL. La SAR donne les cadres conceptuels pour comprendre et envisager une construction tourbillonnaire de l'innovation. De manière pragmatique, l'entretien compréhensif est un outil de choix pour obtenir les données auxquels peuvent être rajoutées des données secondaires (rapports etc) en prenant la précaution de retrouver l'ensemble des débats provisoires (ou intermédiaires). L'innovation, selon sa nature, engage un changement de régime socio-technique plus ou moins important comme cela a déjà été démontré pour l'adoption de la race Blanc-Bleu Belge (Vanloqueren and Baret 2009, Baret et al. 2013). La modification porte à la fois sur le réseau de normes/valeurs et sur celui des acteurs donc cela modifie les relations de domination et de pouvoir. Le régime en place bénéficie d'un certain verrouillage à la base de sa stabilité : il est important de reconnaître et d'identifier ces forces de résistance inhérentes à tout processus d'innovation. Ainsi une faible différence du réseau d'acteurs, de pratiques et de normes pour passer de la race Djakorée à Gobra indique que le changement de race sera aisé.

On ne peut comprendre les enjeux en focalisant l'attention sur les « bénéficiaires » des actions de développement sans prendre en compte les interactions à l'échelle du réseau. Il convient de prendre en compte les enjeux des relations professionnelles et sociales explicités par les acteurs dans une approche plus globale. Dans le cas du pédiluve, l'enjeu social du gérant du pédiluve n'avait pas été envisagé par les chercheurs. Dans les Niayes, l'intérêt des structures d'encadrement (Etat et vétérinaires privés) pour l'élevage intensif influence beaucoup les prestations du secteur formel proposées pour la gestion des races bovines. Les programmes d'amélioration génétique ou de gestion des races locales Gobra et N'dama n'ont pas mis en place les dispositifs participatifs suffisants et le pilotage reste essentiellement réalisé selon le point de vue des zootechniciens : en conséquence, la gestion de ces races est réalisée principalement par les éleveurs dans le secteur informel. Ainsi un travail participatif de définition compréhensive des races et des objectifs de conservation, valorisation et orientation selon les différentes catégories d'acteurs serait efficace pour améliorer l'impact de ces programmes en dépassant la frontière entre conception et usage des technologies. Un dispositif participatif de gestion pour chaque race locale aurait pour mission de prendre en

compte la diversité des points de vue, de favoriser les capacités réflexives et d'innovation des acteurs ainsi que de favoriser la création de valeurs partagées autour des ressources génétiques (Labatut 2009). Tout le secteur formel vétérinaire (public et privé) favorise le développement des races exotiques et des systèmes d'élevage intensif pour d'une part, d'un point de vue politique, diminuer les importations de lait (et la facture associée) et d'autre part développer le secteur vétérinaire qui sera d'autant plus sollicité que les systèmes seront intensifs. Des négociations sont donc nécessaires pour concilier les intérêts entre le secteur vétérinaire et les éleveurs qui veulent des bovins de race locale que ce soit pour la conservation des lignées patrimoniales ou pour l'usage social (dons de mariages, cérémonies pour les marabouts).

### La posture de recherche

Il est nécessaire de s'interroger aux conditions qui mènent les acteurs à un refus ou une réticence à la participation, du fait d'expériences antérieures et/ou à cause de l'identité des personnes à l'initiative de la participation et ne pas se tromper d'interprétation sur une mise en œuvre difficile des méthodes participatives (Lavigne Delville et al. 2000). Dans la prise de contact/« confrontation » au cours des entretiens pendant lesquels l'enquêteur veut comprendre et affiner l'identité des acteurs, l'éleveur (ou l'acteur quel qu'il soit) se pose en fait des questions similaires. Il veut savoir qui nous sommes, ce que nous voulons et quel intérêt il peut avoir en participant à une démarche s'il ne l'a pas initiée. De part et d'autre se mettent en place des stratégies pour mieux tirer parti de ce que chacun comprend de la situation. Les études d'EP prennent maintenant en compte les différentes sources de biais et invitent les enquêteurs à les expliciter dans leur analyse, aussi il serait nécessaire de remettre en question de manière systématique la démarche du projet, le statut de l'équipe (de recherche/ du projet de développement) dans son intégralité (traducteur y compris) et les effets de son intervention (les interactions ne sont jamais neutres même dans les études « extractives »). La facilité de mise en œuvre des enquêtes est tributaire des expériences passées d'enquêtes ou de projets de développement que les producteurs ont eues, d'autant plus s'il y a des acteurs communs. Dans le cadre des études de cas dans les Niayes, en me présentant en tant que chercheuse de l'ISRA (visiblement européenne) et accompagnée d'un agent de la DSV, j'ai rencontré plusieurs situations qui ont rendu la participation pleine et effective difficile : les éleveurs en attente de l'intervention de l'Etat ou/et des associations d'éleveurs, en particulier face à des problèmes menaçant la pérennité de leur élevage sur leur site, orientent le débat sur les éléments pour lesquels ils pensent que nous pouvons agir ou, au contraire, s'abstiennent s'ils n'espèrent rien. En particulier, à Thiès, les griefs soulevés au niveau des deux concessions ont été : la perte

d'usage de surfaces de pâturage (utilisées auparavant illégalement ou attribuées récemment) sans compensation, les vols de taureaux et de moutons (en attente de mesures de sécurité plus importantes), le danger représenté par la prolifération des plastiques, le mauvais fonctionnement de l'association d'éleveurs, la protestation des voisins pour nuisances. Face au manque d'aide/réponse de la part de l'Etat ou une interprétation négative de son action, certains éleveurs se montrent incrédules/ en retrait sur le bénéfice d'une démarche émanant de l'Etat. Les débats sont menés de manière très différente selon leurs relations avec les agents de la DSV ainsi que leur degré de multi-appartenance et les appuis éventuels du milieu associatif.

Le traducteur (linguistique) est un actant négligé, ignoré du processus ! Or un biais est d'autant plus redoutable qu'il n'est pas identifié. Cet acteur qui fait une traduction au sens premier du terme réalise en fait une traduction au sens de la SAR, en transformant le message et en s'érigant en porte-parole d'autant plus qu'il n'est pas un interprète professionnel et que sa traduction linguistique n'est pas littérale. Il est occulté selon l'hypothèse qu'il a un rôle neutre, qu'il serait comme une voix dans le casque des conférenciers qui ont droit à une traduction simultanée et professionnelle. En réalité, très souvent dans les enquêtes non réalisées par des sociologues, il y a peu d'investissement financier pour ce poste et en termes de formation. En conséquence, sans mobilisation d'un interprète professionnel, la traduction n'est ni simultanée, ni littérale même si une requête est faite dans ce sens car elle n'est pas comprise. De plus, la mise en œuvre des fonctions d'aide à la production de parole se trouve généralement compromise par la transformation de la formulation. Dans le cadre de nos enquêtes au Burkina Faso et au Sénégal, la plupart des personnes servant de traducteur ne traduisent pas le discours au fur-et-à-mesure, par politesse, pour ne pas « couper le discours ». Il s'ensuit logiquement une modification du discours synthétisé et modifié dans son expression. La consigne de rapporter les termes sans changer le vocabulaire, sans « expliquer » à l'enquêteur étranger, est souvent mal perçue. Alors qu'il y a une difficulté évidente liée au statut de l'agent vétérinaire qui s'improvise en traducteur (selon la volonté des services vétérinaires d'être les acteurs identifiés du projet auprès des éleveurs, entre autres considérations), le problème du statut se pose pour toute personne candidate à ce rôle.

La démarche et le positionnement scientifique des études dans le domaine vétérinaire, utilisant des méthodes participatives, doivent être questionnées car elles restent trop souvent sur un mode extractif des données (Guèye 2000): aussi l'importance relative de l'objectif de production coactive d'actions de développement et d'un impact maîtrisé sur celui de

recherche à visée de publication oriente la manière dont sont conduits les travaux. La motivation des éleveurs à consacrer du temps et à révéler des données sensibles dépend de l'intérêt qu'ils espèrent obtenir de la démarche. L'amélioration de la conduite d'entretien, en rendant l'acteur actif dans la réflexion, a un impact certes positif mais qui reste limité s'il ne s'inscrit pas une démarche participative de résolution de problèmes. Une telle démarche n'est ni facile ni rapide, et demande la mise en place d'un dispositif institutionnel adapté c'est pourquoi les interventions sont plus nombreuses dans les premiers grades de participation de type diagnostic que les démarches qui impliquent un niveau de participation plus élevé comme la gestion ou la démocratie participative.

Dumez (Dumez 2013) propose d'allier recherche qualitative et quantitative et souligne que la difficulté est de trouver un protocole mixte qui soit un bon compromis entre coûts et bénéfiques. Le couplage des études de cas aux enquêtes par questionnaire (voir 3.4) est un bon compromis dans ce sens. Au sein même des études de cas, il est utile d'introduire des éléments quantitatifs issus d'observation comme la composition du troupeau pour les confronter à l'analyse du discours de l'éleveur et alimenter ainsi cette analyse. Enfin, une mise en tension des logiques des éleveurs selon leur point de vue et des opinions du chercheur est une approche productive et rigoureuse si la rédaction permet de comprendre à quel point de vue elle se rapporte. Ainsi les convergences et divergences peuvent apporter du sens autant sur la qualité de la mise en œuvre de l'étude que sur les stratégies d'acteurs. De plus, l'écriture des deux analyses fait appel à un effort de rigueur sur la restitution des opinions sans perdre les points de vue et permet au vétérinaire de ne pas être frustré par une restitution sans aucun regard « technique ». Idéalement, la participation n'a pas vocation à bannir le point de vue des techniciens versus celui des producteurs et le recours aux forums hybrides est une piste d'action et de recherche à développer (Callon et al. 2014). Les forums hybrides sont des espaces ouverts où les différents groupes d'acteurs (société civile, politiques, divers groupes de spécialistes ou d'associations) se mobilisent pour exposer leurs idées (par des exposés dont le format garantit un droit à la parole équilibré entre les groupes d'influence) et débattre pour trouver des solutions techniques et/ou construire un consensus.

La relation de cause à conséquence, du fait de la nature des processus d'innovation, n'est pas toujours directe, ni linéaire mais le chemin est toujours irrémédiable. Ainsi dans le cadre de l'évaluation de l'impact de l'éradication des glossines dans le Sidéradougou, la migration accrue des éleveurs dans la zone n'a pas été justifiée selon ces derniers par l'élimination du risque trypanosomien (Kamuanga et al. 1999, Swallow 2000). Cependant, il

est possible qu'il y ait eu un effet positif indirect. Il apparaît donc nécessaire d'étudier soigneusement le processus et de construire le chemin de l'impact : il faut pour cela, explorer l'ensemble des logiques d'action, les impacts directs, indirects et les boucles rétroactives... Les effets de la disparition du risque trypanosomien (par élimination ou éradication) peuvent avoir des effets très variés et même opposés en fonction de la zone concernée : en effet, dans un milieu très anthropisé comme les Niayes, un effet positif sur l'environnement est envisagé (voir 4.3) alors que dans les milieux encore préservés, avec de la faune sauvage, des effets négatifs doivent être envisagés (Swallow 2000). Enfin, en plus de l'évaluation quantitative de l'impact de l'éradication du risque avec des indicateurs choisis par des chercheurs, l'évaluation de l'impact, la définition de sa nature (dimensions et descripteurs) et la manière de l'évaluer élaborée de manière participative avec les acteurs impactés est une nécessité.

#### Réseau sociotechnique et capacités d'innovation

Lorsqu'on s'intéresse aux innovations possibles en relation avec le contexte sanitaire, la question de savoir quel réseau sociotechnique décrire se pose car le concept initial définit le réseau par rapport à l'utilisation d'un objet technique donné. Dans l'analyse croisée (3.4), le parti a été pris de considérer un grand réseau socio-technique de l'élevage dans les Niayes dans lequel les éleveurs ont des relations et accès différents avec les autres actants. Il ne s'agit pas d'un réseau social sensu stricto car les actants non humains y figurent aussi. Les actants ont été mis dans des groupes thématiques et l'analyse n'a pas l'objectif d'établir des morphologies de réseau de dialogue ou de réseau social (Compagnone 2014), travail qui serait intéressant à réaliser mais qui n'a pas été fait. Il s'agit plutôt d'identifier dans les études de cas les relations et manières de faire qui diffèrent d'un groupe d'éleveurs à un autre et qui expliquent des capacités d'innovation différentes et/ou en sont les indicateurs. Ainsi la manière d'alimenter le troupeau uniquement par le pâturage naturel, ou par un accès privilégié aux résidus de culture ou encore par les cultures fourragères sont des manières différentes de solliciter le réseau sociotechnique et qui correspondent à des capacités d'innovation différentes, pour l'élevage de races exotiques hautes productrices par exemple. La description d'un réseau sociotechnique sans se focaliser sur une innovation en particulier est difficile. Le choix que nous proposons est d'identifier les « relations critiques » ! Celles qui vont permettre de comprendre la différence de capacités entre groupes d'acteurs et/ou celles qui sont des éléments susceptibles de rompre le processus d'innovation.

Les vétérinaires, en particulier des services d'Etat, sont chargés à la fois de répondre aux objectifs économiques nationaux (réduire les importations de produits animaux et assurer

l'auto-suffisance alimentaire) mais aussi d'assister dans leur diversité les éleveurs à assurer leurs objectifs d'élevage avec leurs multiples composantes (économiques, sociales, culturelles...). Afin de maximiser les capacités d'innovation et afin de répondre davantage aux préoccupations des producteurs, les sciences de gestion indiquent qu'il est intéressant de permettre une diversité de modèles d'innovation: il s'agit de favoriser à la fois les innovations centralisées ou relevant du régime de l'économie des promesses technoscientifiques (le modèle linéaire classique) et les innovations partagées ou du régime d'expérimentation collective (Joly et al. 2013). Ce dernier régime permet en particulier de capitaliser les capacités d'innovation autonomes des éleveurs.

Pour cela, il faudra que ce collectif devienne un manager hybride (Grenier and Bernardini-Perinciolo 2015) à la fois acteur-passeur qui utilise les méthodes participatives pour communiquer entre les différents mondes de l'élevage et aussi acteur-clôture pour équilibrer la course aux intérêts des différents mondes, en particulier concilier les intérêts économiques nationaux avec la survie socio-économique (et culturelle) des différents groupes d'éleveurs.

## Bilan et perspectives

Pour renouveler les connaissances zootechniques et accompagner l'innovation, notre principale conclusion est d'organiser les recherches selon une boucle d'abduction/ déduction/ induction. Le dispositif institutionnel et les moyens humains doivent correspondre au niveau de participation envisagé. En ce qui concerne l'induction, l'étude de cas est une stratégie à privilégier. Elle permet d'amorcer une démarche compréhensive qui combine à la fois des méthodes quantitatives et qualitatives, en se basant sur un nombre restreint de cas variés pour comprendre des nouveaux mécanismes et identifier des indicateurs d'innovation.

La sociologie de l'Acteur-Réseau nous permet d'appréhender et comprendre le processus tourbillonnaire de l'innovation sans a priori et en analysant les interactions à des échelles variées et sans séparer les éléments de la nature, de la Science et de la Société. Il s'agit de travailler selon les 3 principes qui sont : l'agnosticisme généralisé, la symétrie généralisée et la libre association. Lorsque les conditions le permettent, un récit de l'innovation selon la SAR devrait être réalisé pour comprendre les processus d'innovation en cours et proposer des stratégies d'accompagnement et/ou de co-construction des innovations.

Pour comprendre les dynamiques socio-techniques, la technique d'entretien compréhensif et d'analyse croisée proposée par le GERDAL est une bonne méthode. Une entrée concrète et globale sur les pratiques d'élevage dans un premier temps, puis une exploration des préoccupations, du réseau de dialogue et de relations professionnelles, permettent de relier les manières de faire aux conceptions et de comprendre comment les logiques d'action s'élaborent et évoluent. Il est donc important de réaliser une typologie des groupes sociaux selon des éléments objectifs et qui ont du sens pour les acteurs eux-mêmes. Les objets et concepts intermédiaires doivent être identifiés ainsi que les Points de Passage Obligés vis-à-vis desquels les acteurs doivent se concerter. Des outils d'épidémiologie participative peuvent être utilisés pour adopter un langage commun ou produire des données semi-quantitatives faciles à comparer en veillant à choisir entre un usage extractif ou compréhensif des outils.

Enfin, l'analyse des interactions autour des objets-valises et des objets-frontières est pertinente pour comprendre les capacités d'accompagnement à développer.

#### **4.3. Contribution à l'étude in itinere de l'impact du programme d'éradication des glossines au Sénégal**

Alors qu'initialement les vétérinaires ont davantage pratiqué des analyses coûts-bénéfices et les conseillers des organisations humanitaires des évaluations participatives de l'impact (Barasa et al. 2008), la recherche construit de nouvelles formes d'évaluation hybrides. Selon Jost (Jost et al. 2007), l'évaluation participative d'impact est un domaine à développer. Une étude d'impact in itinere est particulièrement utile si elle permet des ajustements en mettant en œuvre une Recherche-Action ou une Recherche-Intervention (Chia 2004). Elle est souvent utilisée pour faire des alliances avec des bailleurs et des partenaires techniques.

Qu'est-ce que l'impact ? C'est un effet à long terme positif ou négatif, direct ou indirect, intentionnel ou non, induit par l'innovation.

Le CIRAD a décidé, à l'instar d'autres organismes de recherche français et internationaux (INRA, CGIAR et FAO), d'élaborer sa propre démarche méthodologique d'évaluation de l'impact de la recherche (du CIRAD et ses partenaires au Sud) sur l'innovation. Le chantier ImpresS (IMPact of RESeach in the South) s'inscrit donc dans le contrat d'objectifs de stratégie scientifique et partenariale du CIRAD (OSP, CIRAD, 2014) pour la période 2014-2018. Le modèle théorique choisi pour l'analyse du processus d'innovation et de constitution de l'impact est le chemin de l'impact (Impact pathway IP), dans le prolongement des méthodes mises au point par le CGIAR (De Janvry et al. 2010) et par l'INRA (Colinet et al. 2014). Ce cadre logique a été créé pour mieux analyser les conditions organisationnelles qui structurent les impacts des projets de recherche (Douthwaite et al. 2003). Il propose de décortiquer les relations entre l'élaboration des produits de la recherche (outcomes) et les changements issus de l'usage de ces produits par les acteurs (outputs) qui induisent des effets ou impacts de premier niveau (concernant les acteurs interagissant avec la recherche et/ou les acteurs directement impactés par le projet) ou de second niveau (les effets induits par ceux du premier niveau ou selon un changement d'échelle). Enfin, les effets spill overs sont ceux qui sortent du périmètre de l'étude de cas tout en étant induit par le projet. La méthode d'évaluation de l'impact est centrée sur l'analyse participative multicritère.

Le projet d'éradication des glossines dans les Niayes a été sélectionné pour faire partie d'un échantillon varié de 13 études de cas. Les études de cas doivent suivre un canevas commun afin que l'homogénéité de forme et d'analyse permette des comparaisons et une

synthèse. La participation à la démarche ImpresS de cette thèse ayant commencé en dernière année de doctorat, une hybridation des démarches a été mise à profit.

#### *4.3.1 Canevas de l'étude de cas ImpresS*

##### Phase de préparation

C'est le projet d'éradication lui-même qui devient le sujet de l'étude de cas et pour cela, il convient de délimiter le périmètre de cette étude de cas en caractérisant le type d'innovation ainsi que le périmètre géographique concerné. Comme le projet n'est pas terminé, l'étude itinéraire repose davantage sur l'analyse du chemin de l'innovation, sur les dynamiques en cours que sur les impacts observés du projet. Cependant, les premiers effets directs du projet sont apparus depuis 2 ans, ce qui permet d'affiner considérablement les hypothèses sur les impacts directs et indirects. L'hypothèse du chemin de l'impact se construit sur la visée du changement porté par la recherche initialement, puis par le récit chronologique du processus de déroulement du projet ainsi que sur les résultats d'une analyse croisée socio-technique réalisée sur 10 études de cas concernant des élevages représentant la diversité des situations d'élevage dans les Niayes (voir 3.4).

##### Phase de confrontation

Un atelier participatif a été organisé après identification de représentants des principaux acteurs. Les impacts (voulus ou non intentionnels) déjà présents ont permis d'affiner les hypothèses et ont été complétés par les hypothèses des impacts qui vont suivre : le travail a porté sur l'identification des changements attendus en fonction de deux scénarios choisis par les acteurs. Les données et personnes ressources mobilisables ont été identifiées pour référencer ces impacts.

##### Phase de collecte

Les inputs, outputs et outcomes du chemin de l'impact sont documentés. Les inputs de la recherche regroupent les interventions et les ressources mobilisées pour mener l'activité de recherche (les ressources financières, humaines et matérielles, les connaissances etc). Les outputs de la recherche sont les produits issus de l'activité de recherche ou élaborés grâce à l'interaction de la recherche avec d'autres acteurs. Il s'agit de productions scientifiques (connaissances), de formations, d'expertises, de produits technologiques, de réseaux ou de nouvelles manières de produire. L'appropriation de ces outputs par un groupe social (autre que les chercheurs à l'origine de ces outputs) contribue au processus d'innovation. Les outcomes sont les effets à court ou moyen terme liés à la mobilisation d'un produit de la recherche par des acteurs interagissant directement avec la recherche.

### Phase de mesure

Il s'agit de compléter les données déjà collectées en faisant une enquête sur le terrain pour enseigner les indicateurs. Comme notre étude de cas est in itinere, nous allons nous concentrer sur les impacts de premier niveau en particulier pour les indicateurs quantitatifs et donc interroger principalement les éleveurs, par questionnaire. Les indicateurs de capacités d'innovation identifiés (voir 3.4) qui sont des éléments qualitatifs seront aussi renseignés. La technique d'entretien pour remplir le questionnaire a été améliorée par les acquis du travail de thèse : des outils d'épidémiologie participative (les empilements proportionnels) sont ainsi mobilisés ainsi que les principes d'entretien plus généraux comme la relance avec la fonction d'aide à la production de paroles de type DIRE. L'intérêt de remplir un questionnaire sur la zootechnie et les aspects socio-économiques est de pouvoir faire des comparaisons avec les données de 2010, de revoir la typologie pour esquisser des trajectoires d'innovation. Cependant, l'organisation séquentielle de la lutte par bloc entraîne des impacts différés d'un bloc à un autre et nous avons choisi de mener l'enquête uniquement dans le bloc 1 où la lutte est la plus ancienne.

#### *4.3.2 Les résultats de l'étude de cas*

##### **4.3.2.1 Le périmètre de l'innovation**

L'innovation centrale du projet est « l'éradication des glossines par la technique de l'insecte stérile » menée de « manière adaptative » (adaptive management, c'est-à-dire une adaptation permanente des décisions prises en fonction des résultats scientifiques et techniques de l'action) par une cellule de coordination incluant services vétérinaires et instituts de recherches, qui est totalement spécifique du cas du Sénégal (voir ci-dessous), et qui utilise les résultats de recherche opérationnelle en temps réel. Dès lors, la « nouveauté » dans le projet d'éradication des glossines conduit en partenariat entre le CIRAD, les instituts de recherches nationaux et régionaux, et les services d'appui aux éleveurs est l'adaptation d'une technique existante sur la base d'un partenariat institutionnel original et d'un suivi quotidien des résultats avec un processus de réajustements systématiques. Ce changement de la manière de travailler est une innovation qui dépasse le changement ponctuel de pratiques car ce partenariat a également impacté positivement les relations entre services vétérinaires et institut de recherches (ISRA) avec une augmentation de leurs capacités de collaboration pour gérer d'autres maladies animales (Fièvre de la Vallée du Rift, Peste Equine, Peste des Petits Ruminants).

La dimension organisationnelle est donc centrale mais l'innovation scientifique est aussi majeure car elle a été indispensable et de haut niveau scientifique. Le CIRAD a ainsi contribué, en partenariat avec l'ISRA, à l'élaboration de différentes innovations techniques ou scientifiques comme :

- la démonstration de l'isolement de la population de glossines des Niayes par la génétique des populations ;
- l'utilisation de modèles de distribution pour définir la zone infestée et optimiser la lutte (réduction importante des coûts) ;
- la mise en place d'une méthode de transport des pupes mâles irradiées par DHL, d'étude de la qualité, la compétitivité, la survie et la dispersion des mâles stériles qui en sont issus ;
- l'adaptation d'une machine automatique (prototype) de lâchers aériens de glossines en collaboration avec l'équipe Mubarqui (Mexique) à partir des modèles utilisés pour lâcher les mouches des fruits au Mexique.

Le CIRAD assure le transfert de ces méthodes à d'autres projets d'éradication, notamment en Ethiopie.

Le périmètre géographique de l'innovation est la zone agro-écologique des Niayes en zone périurbaine de Dakar et le périmètre temporel débute en 2005, date du début des négociations entre la DSV et l'AIEA et le démarrage de l'étude de faisabilité pour continuer à la date actuelle de mise en œuvre de l'étude de cas (2015) (Fig. 14). La phase d'étude de faisabilité a duré 3 ans de 2007 à 2010. Une phase pré-opérationnelle a suivi en 2010 et 2011 pour réduire les densités de glossines avant les lâchers aériens. Enfin, en 2012, la phase d'éradication séquentielle des glossines par lâchers de mâles stériles a commencé. L'observation complète des impacts de second niveau va cependant courir sur une période beaucoup plus longue, pouvant aller jusqu'à 20 ans et l'évaluation de cette durée doit être affinée par l'étude d'impact en cours.

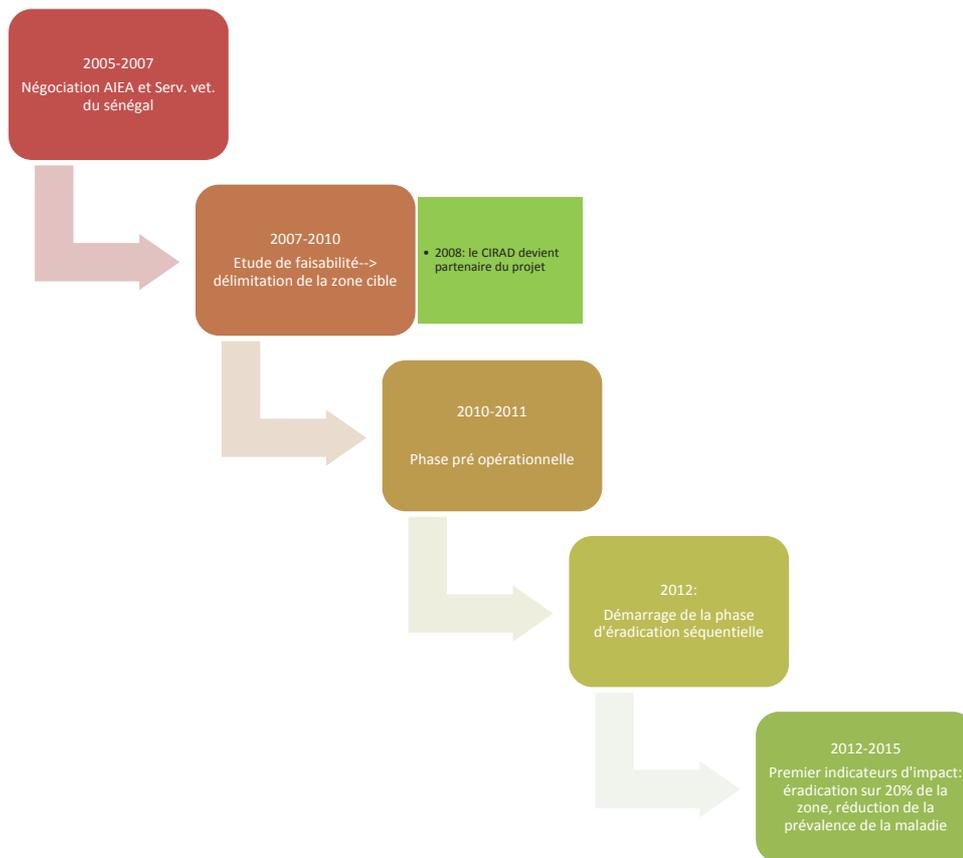


Fig. 16. Les principales étapes du projet.

#### 4.3.2.2 Le récit de l'innovation

Le récit de l'innovation « Technique de l'insecte stérile » appliquée aux glossines (voir annexe 6 et Fig. 16) est l'outil au cœur de notre étude de cas (l'éradication des glossines dans les Niayes par management adaptatif) : il y a en effet une histoire dans l'histoire et elle participe de manière significative à la controverse toujours active de la faisabilité de l'éradication des glossines. Ce récit a été réalisé collectivement par les chercheurs et vétérinaires du comité de coordination du projet car ce sont des acteurs majeurs de la mise en œuvre : ce comité étant un lieu de traduction et d'action à distance donc un lieu de pouvoir important pour le projet. C'est une innovation qui impacte de nombreux acteurs, dont ceux de la filière bovine qui sont les acteurs visés, mais ceux-ci ne sont pas des utilisateurs de l'innovation, qui est mise en œuvre par les services vétérinaires et les organismes de recherche.

Ce récit, synthétique, donne un aperçu de la multitude d'actions successives qui ont déterminé le processus d'innovation qui est en cours au Sénégal et il laisse entrevoir l'impact par spillovers qu'il aura sur les projets déjà en cours (en Ethiopie) ou en négociations (dans le

Sine Saloum). Ainsi son succès ou son échec (dont le statut devra être confirmé à moyen et long terme) vont influencer les décideurs de la PATTEC et d'autres projets de développement à la fois sur la faisabilité de l'éradication, sa désirabilité et sur la stratégie de mise en œuvre.

Il indique aussi que les actions sont issues d'alliances complexes et renouvelées et qu'en particulier, l'impact du CIRAD ne peut être dissocié de celui de ses partenaires car il s'agit bien de l'impact de négociations et d'interactions socio-techniques au sens de la SAR.

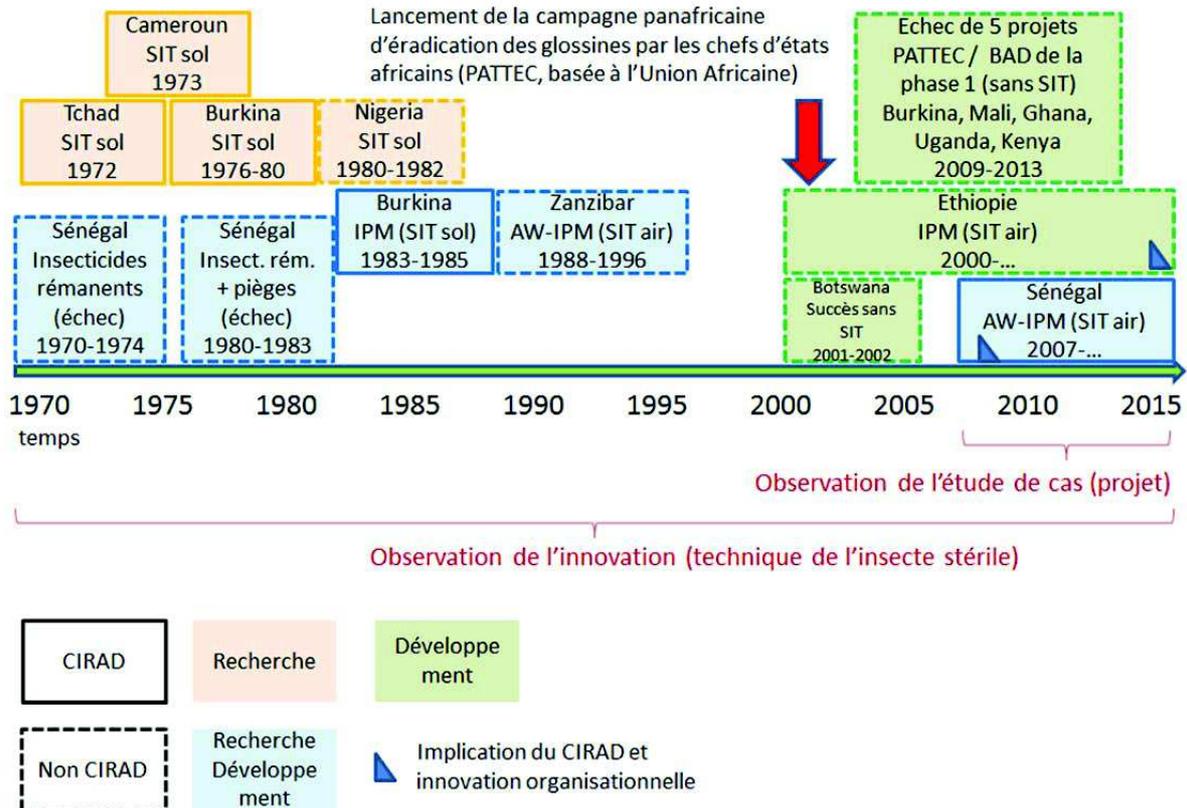


Fig. 17. Histoire de la Technique de l'Insecte Stérile appliquée aux glossines et positionnement du CIRAD dans les projets.

#### 4.3.2.3 Le chemin de l'impact

Les premiers impacts directs concernent les glossines sauvages et les trypanosomes parasitant les bovins des Niayes et ont été mesurés par la cellule de recherche opérationnelle car le suivi de ces indicateurs faisait partie du management adaptatif. Le flux continu des données entomologiques et parasitologiques (7) a permis de contrôler l'enrôlement des actants aussi bien techniquement (en ajustant le nombre de males stériles lâchés par exemple) qu'au niveau institutionnel et financier (pour garder la confiance des bailleurs).

L'analyse des entretiens compréhensifs (voir 3.4) a permis d'envisager d'autres impacts grâce à la compréhension des logiques d'action et a donné des pistes aux chercheurs pour élaborer un premier chemin d'impact (Fig. 18). Une matrice indiquant les relations et leur sens (relation de causalité) entre inputs, outputs, outcomes, impacts de 1er niveau, de 2ème niveau et spillovers (annexe 8) a été élaborée pour créer le schéma du chemin d'impact, peu lisible mais qui reflète bien la multitude d'évènements formant le processus d'innovation et d'impact. Sa forme reflète bien que c'est la connaissance précise du déroulement chronologique qui a permis de retrouver les relations entre items deux à deux et non pas un raisonnement rétrospectif. Ce chemin s'avère très complexe et peu explicite, aussi il n'a pas été choisi comme objet intermédiaire pour la discussion des impacts en atelier participatif. Un schéma simplifié a été créé (Fig. 20) suite aux résultats de l'atelier participatif.

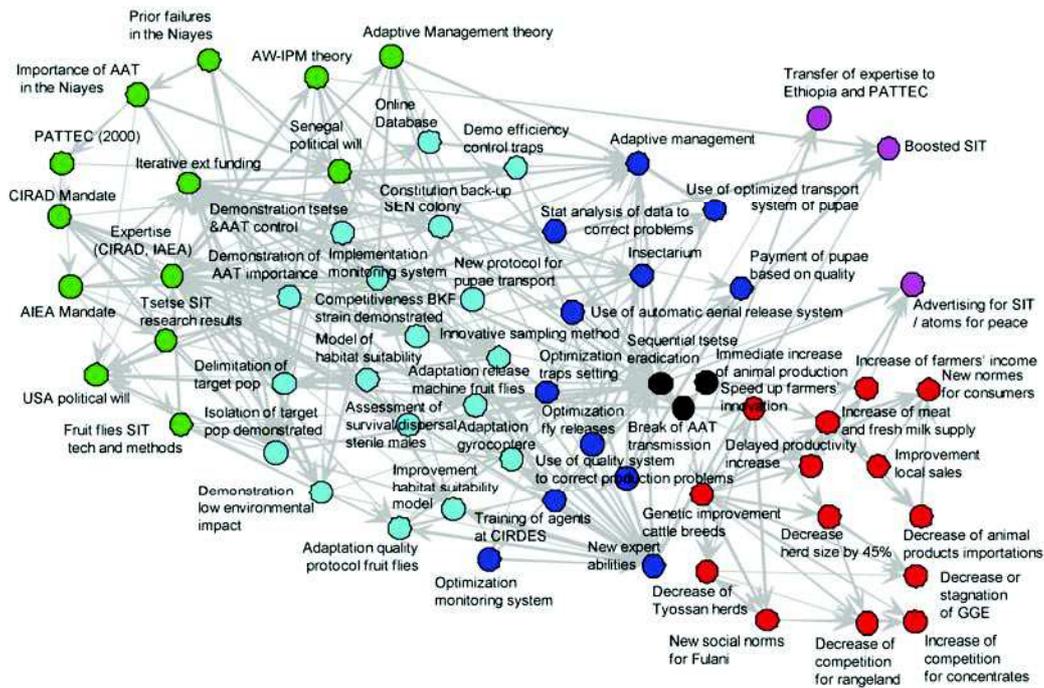


Fig. 18. Chemin de l'impact non simplifié (inputs en vert, outputs en bleu clair, outcomes en bleu foncé, impacts de 1<sup>er</sup> niveau en noir, impacts de 2<sup>ème</sup> niveau en rouge, spillovers en violet).

#### 4.3.2.4 L'atelier participatif et la suite du processus d'enquête

Un débat (ou focus group) avec 9 éleveurs du bloc 1 (agro-éleveurs et agro-pasteurs) a été organisé la veille de l'atelier participatif pour débattre des dynamiques d'innovation en cours sur la base des résultats de l'analyse croisée et de concepts intermédiaires (annexe 5). Il s'agissait de valider les résultats et approfondir les logiques d'action et les critères de choix des races. Pour cela, une présentation succincte a été réalisée et le débat s'est ouvert sur le concept intermédiaire « qu'est ce qu'un bon animal » ?

Après cette séance mono-acteur, deux jours d'atelier multi-acteurs ont été menés (annexe 9). Les principaux apports au débat sur les scénarios d'évolution (Fig. 19) sont :

-Le scénario d'une forte diminution du nombre de troupeaux des agro-pasteurs est confirmé par les éleveurs. Les contraintes d'accès aux ressources alimentaires sont plus favorables aux intensifs laitiers et aux agro-éleveurs dont le nombre de troupeaux augmentent (et la taille des troupeaux des agro-éleveurs aussi). La conduite du débat n'a cependant pas permis de statuer sur les transitions d'un système à un autre.

-Cependant aucune diminution de la taille moyenne des troupeaux n'est envisagée alors que cette diminution est évoquée dans les entretiens comme une perspective. Donc la diminution de la taille du troupeau apparaît davantage comme une conséquence crainte que comme une solution envisagée positivement.

-Les dynamiques décrites dans l'analyse croisée ont été confirmées. Concernant les besoins sociaux, nous notons que les éleveurs ont articulé leur besoin en animaux de faible valeur économique, de race locale avec leurs événements sociaux propres (constitution de dot de mariage), mais aussi pour la vente aux particuliers (pour les cérémonies) et que ce besoin concerne un nombre plus élevé d'éleveurs que ceux ayant un troupeau tyosaan.

-Le scénario proposé par les services vétérinaires correspond à une vision qui rend compte de ce qui est souhaitable de produire selon leur point de vue (deux systèmes intensifs sont exclusivement retenus : le système de production avicole et le système intensif laitier) et qui ne prend pas en considération les objectifs sociaux des consommateurs et des producteurs.



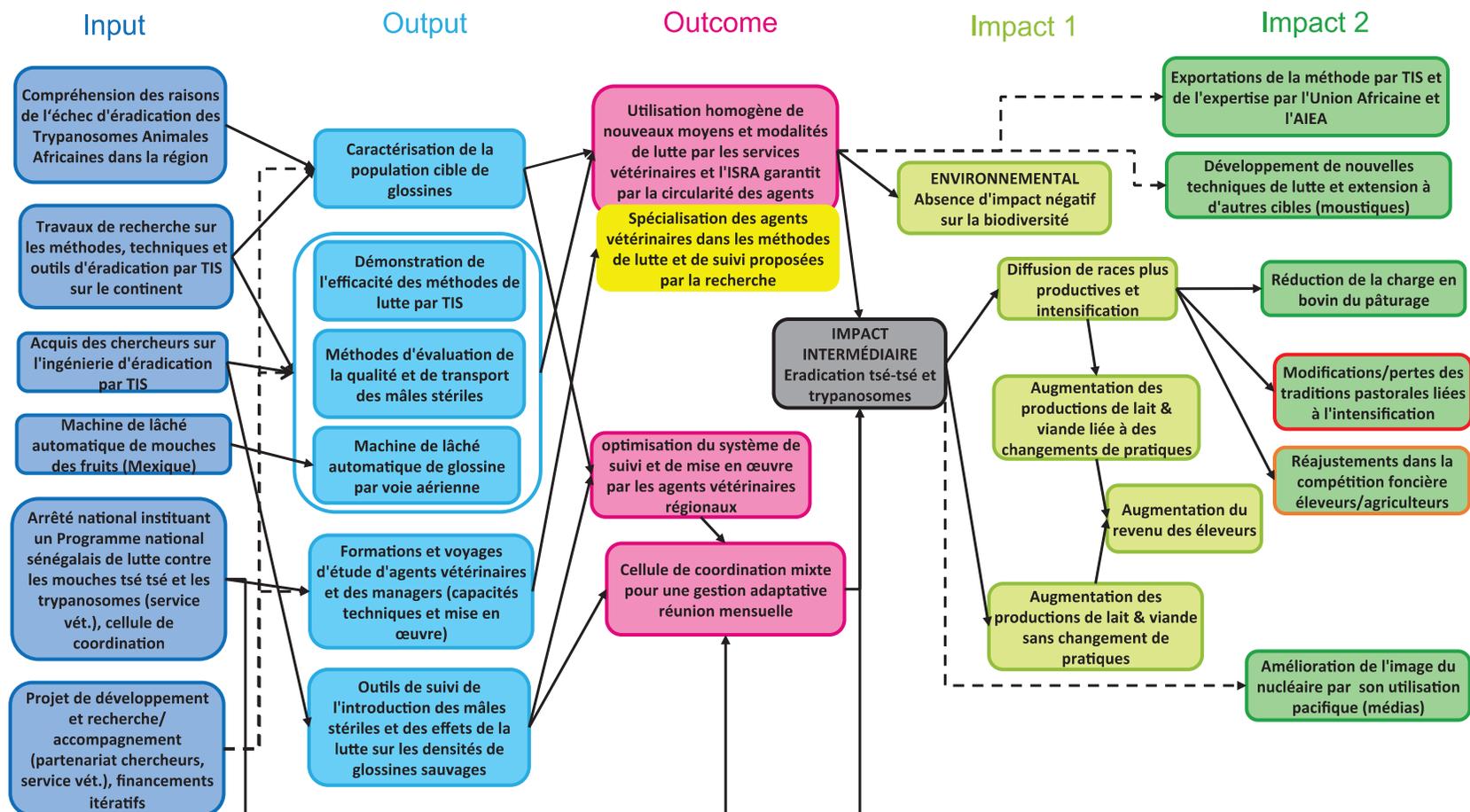
Fig. 19. Scénario d'évolution des systèmes d'élevages sur 10 ans élaboré par le groupe des éleveurs de l'atelier participatif (en vert figurent les effectifs de bovins par système d'élevage).

Enfin, il apparaît que l'éradication des glossines et des TAA agit comme la levée d'un verrou socio-technique et qu'il va potentialiser les dynamiques d'innovation et d'intensification qui se sont déjà amorcées grâce à d'une part un risque trypanosomien hétérogène et faible, et d'autre part une pression foncière qui contraint l'élevage à intensifier dans ce bassin de consommation. Ce projet fait partie d'un dispositif d' enrôlement pour l'intensification. Cependant, des impacts négatifs non voulus et peu débattus ont été mis en évidence par l'élaboration du scénario des éleveurs : il s'agit d'une diminution globale du nombre de troupeaux et donc du nombre d'éleveurs. Cette diminution va concerner uniquement les agro-pasteurs dont seulement une partie pourra s'engager dans l'intensification et survivre dans ce milieu très concurrentiel, en changeant de catégorie pour certains d'entre eux.

Ainsi les débats sur les changements attendus ont permis de mieux identifier les impacts négatifs probables (Fig. 20). Un schéma simplifié a donc été élaboré pour prendre en compte ces impacts et différencier les effets de contribution majeure du projet aux effets de contribution mineure. Les situations d'apprentissage sont nombreuses et concernent aussi bien la mise en œuvre du projet d'éradication et en particulier sa gestion adaptative indispensable à sa réussite, les acquisitions de compétences techniques liées aux activités de la recherche d'accompagnement que les changements de pratiques des éleveurs suite au changement de contexte sanitaire qui permet le changement de races. A l'échelle individuelle, l'éleveur doit renouveler sa zootechnie, mais aussi sa manière d'alimenter son troupeau et de

commercialiser les produits. Par conséquent, c'est tout le réseau socio-technique qui va se reconfigurer avec plus de spécialisation chez les vétérinaires et tous les prestataires de service ainsi que l'émergence de nouveaux métiers en particulier dans la transformation.

Un écart à la recommandation a été réalisé pour la conduite de l'atelier participatif : nous avons choisi de ne pas centrer le débat des acteurs sur l'innovation elle-même et l'articulation entre les effets et le projet, vu que cette innovation n'a pas été mobilisée par les éleveurs et qu'elle ne représente pas un concept intermédiaire. D'autres concepts intermédiaires identifiés lors des études de cas ont été utilisés et plusieurs scénarios ont été débattus par les différents groupes d'acteurs. L'identification des changements en relation avec le scénario le plus probable a été une stratégie efficace pour rester ancré dans le terrain.



Légende

- Effets négatifs
- Effets mitigés et/ou incertains
- Acquisition de compétences en relation avec la recherche

Fig. 20. Chemin de l'impact simplifié

## **5. Conclusion : Risque trypanosomien et innovation, le cas des éleveurs d'Afrique de l'Ouest**

De manière symétrique à ce qu'a écrit Dumez, « la recherche qualitative ne peut se permettre d'exclure le quantitatif », on peut dire que la recherche quantitative ne peut pas non plus se passer du qualitatif. L'analyse coûts-bénéfices du projet d'éradication dans les Niayes a en particulier montré l'importance de prendre en compte l'innovation pour les projections économiques et la nécessité d'affiner les hypothèses qualitatives.

Les études présentées dans cette thèse s'inscrivent dans une boucle d'abduction/déduction/ induction pour renforcer la rigueur de cette démarche combinant des méthodes qualitatives et quantitatives. Une étude hypothético-déductive a été programmée pour compléter cette démarche compréhensive et permettre de quantifier les trajectoires d'innovation dans les Niayes suite à l'éradication des TAA.

Pour étudier l'impact des contraintes et risques sanitaires sur les systèmes d'élevage et l'innovation, l'intérêt de l'abord global des logiques d'action des éleveurs s'impose, en décroissant les pratiques sanitaires des autres pratiques et conceptions associées. Non seulement ces logiques forment un système complexe intimement lié mais sans accompagner avec une méthodologie adaptée le travail réflexif des acteurs, il est difficile d'accéder au système d'argumentation et de logiques d'action dans son intégrité. A cette fin, la stratégie de l'étude de cas basée sur des entretiens compréhensifs s'est avérée particulièrement adaptée.

Alors que l'épidémiologie participative a pour ambition d'étudier et d'accompagner l'innovation en santé animale, l'analyse des dynamiques collectives d'innovation ouvre de nouvelles perspectives. Le recours à une théorie de l'innovation s'avère indispensable pour s'affranchir d'un modèle d'innovation simpliste (le modèle classique étant le modèle linéaire centralisé), en particulier en vue de mieux intégrer les interventions des usagers au niveau de la conception de l'innovation. La SAR permet de comprendre entièrement le processus d'innovation, avec aussi bien les interactions à petite échelle entre actants non humains que les stratégies et relations de pouvoir à l'échelle du réseau socio-technique.

L'hybridation de méthodes empruntées à l'analyse socio-technique compréhensive et à l'épidémiologie participative permet de mieux comprendre les trajectoires et les capacités d'innovation des acteurs. Ainsi une méthode est proposée pour différencier les groupes sociaux, en reliant leurs pratiques à leurs conceptions et normes sociales et en caractérisant leurs capacités à mobiliser des actants en vue d'atteindre leurs objectifs. Dans ce travail de compréhension et caractérisation des dynamiques d'innovation, la communication occupe une

place centrale. Les savoirs et objectifs sont remodelés collectivement selon le degré de poly-appartenance des acteurs et les relations de pouvoir. Pour comprendre les négociations et suivre ou accompagner les dynamiques, l'identification des objets et des concepts intermédiaires sera mise à profit : ils seront utilisés pour la conduite d'entretien ou des outils participatifs. Enfin, la compréhension des objets-valises et des objets-frontières, de leur conception et de leurs usages dans les différents groupes permet un éclairage sur la trajectoire de l'innovation en elle-même et donc sur son accompagnement.

Loin d'apporter de la confusion, l'analyse des controverses sociotechniques selon les différents points de vue apporte du sens et de la cohérence. Cette analyse permet d'obtenir une vision diachronique et synchronique du phénomène étudié par le récit des défis relevés, les actants mobilisés, leurs fonctions, les confrontations ainsi que la redistribution des rôles à différentes échelles d'action. Les sciences de gestion nous ont appris que toute action collective est le fruit de synergies et collaborations entre actants humains et non humains dont les compétences mobilisées et les apprentissages permettent de remplir des fonctions (pour les races, il s'agit de conserver, valoriser et orienter).

L'étude de cas permet de comprendre et d'analyser ce processus. Alors qu'une mise en œuvre de qualité des outils participatifs nécessite un travail réflexif préalable, la qualité de la phase inductive via l'entretien compréhensif et l'analyse du discours est une étape qui mérite d'être associée aux méthodes participatives, renouvelant ainsi l'approche participative mise en œuvre par les vétérinaires ou les zootechniciens. Au lieu de mettre les résultats quantitatifs ou semi-quantitatifs au centre de l'analyse et utiliser les extraits d'entretien pour illustrer, une autre approche serait de mettre l'analyse du discours au centre et d'illustrer l'analyse par les résultats issus des outils semi-quantitatifs et quantitatifs.

Le risque trypanosomien est apparu comme un verrou socio-technique qui lie les éleveurs aux races trypanotolérantes, avec un réseau de pratiques d'élevage, de normes et d'acteurs associés qui constituent un régime stabilisé d'élevage extensif à faibles intrants. Le contrôle ou l'éradication de ce risque ouvre des opportunités d'innovation dont la porte d'entrée est le changement de race. Les actions de lutte seront d'autant plus efficaces qu'elles s'inscriront dans un dispositif d'intéressement et d'enrôlement des acteurs de l'élevage dont l'impact devra être suivi et évalué pour correspondre aux objectifs soigneusement choisis. Pour cela, il faudra qu'un collectif joue le rôle de manager hybride à la fois acteur-passeur qui utilise les méthodes participatives pour favoriser la communication entre les différents mondes de l'élevage et aussi acteur-clôture pour équilibrer la course aux intérêts de ces

mondes, en particulier concilier les intérêts économiques nationaux avec la survie socio-économique des différents groupes d'éleveurs.

## 6. Références

- Adam, Y., J. Bouyer, G.-K. Dayo, C. Mahama, M. J. B. Vreysen, G. Cecchi, A. M. M. Abd-Alla, P. Solano, S. Ravel, and T. De Meeûs. 2014.** Genetic comparison of *Glossina tachinoides* populations in three river basins of the Upper West Region of Ghana and implications for tsetse control. *Infection, Genetics and Evolution* 28: 588-595.
- Agyemang, K. 2000.** A background review paper for the proposed GEF/UNDP project: in situ conservation of endemic livestock in West Africa. A final report to the International Livestock Research Institute. International Livestock Research Institute, Nairobi.
- Agyemang, K. 2005.** Trypanotolerant livestock in the context of trypanosomiasis intervention strategies, FAO, Roma.
- Ahlers, C., R. G. Alders, B. Bagnol, A. B. Cambaza, M. Harun, R. Mgomezulu, H. Msami, B. Pym, P. Wegener, E. Wethli, and M. Young. 2009.** Improving Village Chicken Production: A Manual for Field Workers and Trainers, ACIAR, Cranberra, Australia.
- Akrich, M., M. Callon, and B. Latour. 1988.** A quoi tient le succès des innovations? 1: L'art de l'intéressement, gérer et comprendre. *Annales des Mines* 11: 4-17.
- Akrich, M., M. Callon, and B. Latour. 2006.** Sociologie de la traduction. Textes fondateurs, Presses des Mines, Paris.
- Alary, V., S. Messad, A. Aboul-Naga, M. A. Osman, I. Daoud, P. Bonnet, X. Juanès, and J. F. Tourrand. 2014.** Livelihood strategies and the role of livestock in the processes of adaptation to drought in the Coastal Zone of Western Desert (Egypt). *Agricultural systems* 128: 44-54.
- Alsan, M. 2015.** The effect of the TseTse Fly on African Development. *American Economic review* 105: 382-410.
- Alvarez, I., A. Traoré, I. Fernandez, M. Cuervo, T. Lecomte, A. Soudré, A. Kaboré, H. H. Tamboura, and F. Goyache. 2014.** Assessing introgression of Sahelian zebu genes into native *Bos taurus* breeds in Burkina Faso. *Mol Biol Rep* 41: 3745-3754.
- Ameri, A. A., S. Hendrickx, B. Jones, J. C. Mariner, P. Mehta, and C. Pissang. 2009.** A manual for Participatory Disease Surveillance Practitioners. Introduction to Participatory Epidemiology and its Application to Highly Pathogenic Avian Influenza Participatory Disease Surveillance, ILRI/AU-IBAR/VSF-B, Regal Press Kenya Limited, Nairobi.
- Ancey, V., A. Ickowicz, C. Corniaux, C. Manoli, and S. Magnani. 2009.** Stratégies pastorales de sécurisation chez les Peuls du Ferlo (Sénégal). *Journal des africanistes* 78.
- Audiot, A. 1995.** Races d'hier pour l'élevage de demain, INRA editions.
- Authié, E. 1984.** Mise en évidence d'une résistance aux trypanocides parmi des souches de *Trypanosoma congolense* récemment isolées au Burkina. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux* 37: 219-235.
- Authié, E. 2003.** Trypanosomoses. Physiopathologie et immunologie, pp. 1689-1677. In P.-C. Lefèvre, J. Blancou and R. Chermette (eds.), *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes*, vol. 2. Lavoisier, Paris.
- Authié, E., J.-C. Maillard, and O. Hanotte. 2003.** Trypanosomes, trypanotolérance, pp. 1725-1737. In P.-C. Lefèvre, J. Blancou and R. Chermette (eds.), *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes*, vol. 2. Lavoisier, Paris.

- Ba Diao, M. 1991.** Les systèmes d'élevage dans la région des Niayes au Sénégal. I. L'élevage traditionnel, pp. 29. Isra, Dakar.
- Ba Diao, M. 2005.** Situation et conditions de développement de la production laitière intensive dans les Niayes au Sénégal. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université Cheikh Anta Diop Dakar.
- Bagnol, B. 2007.** Participatory tools for assessment and monitoring of poultry raising activities and animal disease control, FAO, Bangkok, Thailand.
- Barasa, M., A. Catley, D. Machuchu, H. Laqua, E. Puot, D. Tap Kot, and D. Ikiror. 2008.** Foot-and-mouth disease vaccination in South Sudan: Benefit–cost analysis and livelihoods impact. *Transboundary and Emerging Diseases* 55: 339-351.
- Baret, P. V., P. M. Stassart, G. Vanloqueren, and J. Van Damme. 2013,** Dépasser les verrouillages de régimes socio-techniques des systèmes alimentaires pour construire une transition agroécologique. Quelle transition pour nos sociétés?, 5, p. 5. In ULB-UCL (ed.), Premier Congrès Interdisciplinaire sur le Développement durable, Namur, Belgique.
- Barrett, K., and C. Okali. 1998.** Partnerships for tsetse control: community participation and other options. *World Animal Review* (FAO).
- Bauer, B., D. Gitau, F. P. Oloo, and S. M. Karanja. 2005.** Evaluation of a preliminary trial to protect zero-grazed dairy cattle with insecticide-treated mosquito netting in Western Kenya. *Tropical Animal Health and Production* 38: 31-36.
- Bellet, C., T. Vergne, V. Grosbois, D. Holl, F. Roger, and F. L. Goutard. 2012.** Evaluating the efficiency of participatory epidemiology to estimate the incidence and impacts of foot-and-mouth disease among livestock owners in Cambodia. *Acta Tropica* 123: 31-38.
- Bett, B., C. Jost, and J. Mariner. 2008.** Participatory investigation of important animal health problems amongst the Turkana pastoralists: Relative incidence, impact on livelihoods and suggested interventions. ILRI / VSF, Belgium.
- Binot, A., R. Duboz, P. Promburom, W. Phimpraphai, J. Cappelle, C. Lajaunie, F. L. Goutard, T. Pinyopummintr, M. Figuié, and F. Roger. 2015.** A framework to promote collective action within the One Health community of practice: Using participatory modelling to enable interdisciplinary, cross-sectoral and multi-level integration. *One Health*.
- Blanc, F., F. Bocquier, J. Agabriel, P. D'Hour, and Y. Chilliard. 2008.** La composante animale de la flexibilité des systèmes d'élevage, pp. 73-94. In B. Dedieu, E. Chia, B. Leclerc, C.-H. Moulin and M. Tichit (eds.), *L'élevage en mouvement: Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*. Quae.
- Bonfiglioli, A. M. 1990.** Pastoralisme, agro-pastoralisme et retour: itinéraires sahéliens. *Cah. Sci. Hum.* 26: 255-266.
- Bosso, N. A., E. H. van der Waaij, K. Agyemang, and J. A. M. van Arendonk. 2009.** Genetic parameters for growth traits in N'dama cattle under tsetse challenge in the Gambia. *Livestock Research for Rural Development* 21.
- Bourdieu, P. 1993.** *La misère du monde*, Seuil, Paris.
- Bouyer, B. 2006a.** Bilan et analyse de l'utilisation de l'insémination artificielle dans les programmes d'amélioration génétique des races laitières en Afrique soudano-sahélienne. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur Vétérinaire, Université Claude-Bernard-Lyon1 Lyon.
- Bouyer, F., A. Belem, H. Seyni, H. Adakal, R. Lancelot, F. Stachurski, and J. Bouyer. 2011a.** Adoption d'une nouvelle méthode de lutte sanitaire en milieu paysan: le pédiluve acaricide/insecticide au Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 64: 21-32.

- Bouyer, F., S. Hamadou, H. Adakal, R. Lancelot, F. Stachurski, A. M. G. Belem, and J. Bouyer. 2011b.** Restricted application of insecticides: a promising tsetse control technique, but what do the farmers think of it? *Plos Tropical Neglected diseases* 5: e1276.
- Bouyer, F., M. T. Seck, A. Dicko, B. Sall, M. Lo, M. J. B. Vreysen, E. Chia, J. Bouyer, and A. Wane. 2014.** Ex-ante Benefit-Cost Analysis of the Elimination of a *Glossina palpalis gambiensis* Population in the Niayes of Senegal. *PLoS Negl Trop Dis* 8: e3112.
- Bouyer, F., J. Bouyer, M. T. Seck, B. Sall, A. H. Dicko, R. Lancelot, and E. Chia. 2015.** Importance des infections à transmission vectorielle selon le système de production : trypanosomose bovine et dynamique d'innovation des éleveurs au Sénégal. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 34: 199-212.
- Bouyer, J., I. Kaboré, F. Stachurski, and M. Desquesnes. 2005.** Epicutaneous treatment of cattle. *Santé animale en Afrique de l'Ouest, Recommandations Techniques*, vol. 8, CIRDES/CIRAD, Bobo-Dioulasso.
- Bouyer, J. 2006b.** Ecologie des glossines du Mouhoun au Burkina Faso : intérêt pour l'épidémiologie et le contrôle des trypanosomoses africaines. Thèse doctorale de Parasitologie (Entomologie médicale), Université Montpellier II Montpellier, France.
- Bouyer, J., L. Guerrini, M. Desquesnes, S. de la Rocque, and D. Cuisance. 2006.** Mapping African Animal Trypanosomosis risk from the sky. *Veterinary Research* 37: 633-645.
- Bouyer, J., T. Balenghien, S. Ravel, L. Vial, I. Sidibé, S. Thévenon, P. Solano, and T. De Meeûs. 2009.** Population sizes and dispersal pattern of tsetse flies: rolling on the river? *Molecular Ecology* 18: 2787-2797.
- Bouyer, J., M. T. Seck, B. Sall, L. Guerrini, and M. J. B. Vreysen. 2010a.** Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management programme: the example of *Glossina palpalis gambiensis* in the Niayes of Senegal. *Journal of Medical Entomology* 47: 543-552.
- Bouyer, J., M. T. Seck, B. Sall, L. Guerrini, and M. J. B. Vreysen. 2010b.** Stratified entomological sampling in preparation of an area-wide integrated pest management programme: the example of *Glossina palpalis gambiensis* in the Niayes of Senegal. *J. Med. Entomol.* 47(4): 543-552.
- Bouyer, J., F. Bouyer, M. Donadeu, T. Rowan, and G. Napier. 2013a.** Community and farmer-based management of animal African trypanosomosis in cattle. *Trends in parasitology* 29: 519-522.
- Bouyer, J., N. Koné, and Z. Bengaly. 2013b.** Dynamics of tsetse natural infection rates in the Mouhoun river, Burkina Faso, in relation with environmental factors. *Frontiers in cellular and infection microbiology* 3: 1-5.
- Bouyer, J., M. T. Seck, and B. Sall. 2013c.** Misleading guidance for decision making on tsetse eradication: Response to Shaw et al. (2013). *Preventive Veterinary Medicine* 112: 443-446.
- Brandl, F. E. 1985.** The use of herd simulation model for the estimation of direct economic benefits of tsetse control. Application to the pastoral zone of Sideradougou, Burkina Faso. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 38: 364-370.
- Brossier, J., E. Marshall, E. Chia, and M. Petit. 1997.** Gestion de l'exploitation agricole familiale. *Eléments théoriques et méthodologiques*, Nouvelle édition 2002 ed. Educagri éditions/ENESAD/ CNERTA.
- Budd, L. 1999.** DFID-funded tsetse and trypanosome research and development since 1980. Volume 2: Economic Analysis, Livestock Production Programme, NRInternational, Chatham Maritime.

- Calba, C., A. Ponsich, S. Nam, L. Collineau, S. Min, J. Thonnat, and F. L. Goutard. 2014.** Development of a participatory tool for the evaluation of Village Animal Health Workers in Cambodia. *Acta Tropica* 134: 17-28.
- Calba, C., F. L. Goutard, L. Hoinville, P. Hendrikx, A. Lindberg, C. Saegerman, and M. I. Peyre. 2015.** Surveillance systems evaluation: a systematic review of the existing approaches. *BMC public health* 15: 448.
- Callon, M. 1986.** Eléments pour une sociologie de la traduction: La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'année sociologique* 36: 169-208.
- Callon, M., Y. Barthe, and P. Lascoumes. 2014.** Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique, Seuil.
- Capillon, A., and H. Manichon. 1978.** La typologie des systèmes agricoles : un outil pour le conseil technique, pp. 449-464. In J. Boiffin and M. Sébillote (eds.), *Exigences nouvelles pour l'agriculture : les systèmes de culture*. Ina-PG, Adeprina, Chaire d'Agronomie, Paris.
- Catley, A., and P. Irungu. 2000.** Participatory research on bovine trypanosomosis in Orma cattle, Tana River District, Kenya, pp. 1-44, Preliminary findings and identification of best-bet interventions. International Institute for Environment and Development.
- Catley, A., S. Okoth, J. Osman, T. Fison, Z. Njiru, J. Mwangi, B. A. Jones, and T. J. Leyland. 2001.** Participatory diagnosis of a chronic wasting disease in cattle in southern Sudan. *Preventive Veterinary Medicine* 51: 161-181.
- Catley, A., P. Irungu, K. Simiyu, J. Dadye, W. Mwakio, J. Kiragu, and S. O. Nyamwaro. 2002.** Participatory investigations of bovine trypanosomiasis in Tana River District, Kenya. *Medical and Veterinary Entomology* 16: 1-12.
- Catley, A., and B. Admassu. 2003.** Using participatory epidemiology to assess the impact of livestock diseases. In *FAO-OIE-AU/IBAR-IAEA* (ed.), Consultative group meeting on contagious bovine pleuropneumonia in Africa, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Roma, Italy. FAO-OIE-AU/IBAR-IAEA.
- Catley, A., R. T. Chibunda, E. Ranga, S. Makungu, F. T. Magayane, G. Magoma, M. J. Madege, and W. Vosloo. 2004.** Participatory diagnosis of a heat-intolerance syndrome in cattle in Tanzania and association with foot-and-mouth disease. *Preventive Veterinary Medicine* 65: 17-30.
- Catley, A. 2005.** Participatory Epidemiology: A Guide for Trainers, African Union/Interafrican Bureau for Animal Resources, Nairobi.
- Catley, A., R. G. Alders, and J. L. N. Wood. 2012.** Participatory epidemiology: Approaches, methods, experiences. *The Veterinary Journal* 191: 151-160.
- Challier, A. 1973.** Ecologie de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 (Diptera-Muscidae) en savane d'Afrique occidentale, pp. 290. ORSTOM, Paris.
- Chia, E. 1992.** Une " recherche clinique " : proposition méthodologique pour l'analyse des pratiques de trésorerie des agriculteurs. Etude de cas en Lorraine. *Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement* 26.
- Chia, E. 2004.** Principes, méthodes de la recherche en partenariat: une proposition pour la traction animale. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 57: 233-240.
- Chia, E., M. Petit, and J. Brossier. 2014.** Théorie du comportement adaptatif et agriculture familiale, pp. 81-100. In P. Gasselin, J.-P. Choisis, S. Petit, F. Pursegile and S. Zasser (eds.), *L'agriculture en famille : travailler, réinventer, transmettre*.
- Chritz, K. L., F. B. Marshall, M. E. Zagal, F. Kirera, and T. E. Cerling. 2015.** Environments and trypanosomiasis risks for early herders in the later Holocene of the

- Lake Victoria basin, Kenya. Proceedings of the National Academy of Sciences: 201423953.
- Cissé, M. 1992.** Situation actuelle de la production laitière au Sénégal, pp. 13. In S. d'alimentation-nutrition [ed.]. LNERV, Dakar.
- Colinet, L., P. B. Joly, A. Gaunand, M. Matt, P. Laredo, and S. Lemaria. 2014.** ASIRPA-Analyse des Impacts de la Recherche Publique Agronomique. Rapport final. INRA.
- Compagnone, C. 2014.** Les viticulteurs bourguignons et le respect de l'environnement. *Revue française de sociologie* 55: 319-358.
- Coulomb, J. 1976.** La race N'dama: quelques performances zootechniques. *Rév. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 29: 367-380.
- Couty, P. 1989.** Risque agricole, périls économique, pp. 561-568. In Eldin M. and M. P. (eds.), *Le risque en agriculture*. Orstom, Paris, France.
- Cuisance, D., and J. Itard. 1973a.** Comportement de mâles stériles de *Glossina tachinoides* West. lâchés dans les conditions naturelles - environs de Fort-Lamy (Tchad). II. Longévité et dispersion. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 26: 169-186.
- Cuisance, D., and J. Itard. 1973b.** Lâchers de mâles stériles de *Glossina tachinoides* West. dans un gîte naturel de faible densité (Bas-Logone, Cameroun). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 26: 405-422.
- Cuisance, D., J. Itard, and P. F. L. Boreham. 1973.** Comportement de mâles stériles de *Glossina tachinoides* West. lâchés dans les conditions naturelles-environs de Fort-Lamy (Tchad). I. Transport, lâchers, rythme d'activité, action sur la population sauvage. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 26.
- Cuisance, D., H. Politzar, M. Clair, E. Sellin, and Y. Taze. 1978.** Impact des lâchers de mâles stériles sur les niveaux de deux populations sauvages de *Glossina palpalis gambiensis* en Haute Volta (sources de la Volta Noire). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 31: 315-328.
- Cuisance, D., H. Politzar, M. Clair, E. Sellin, Y. Taze, G. Bourdoiseau, and J. Fevrier. 7-11 mai 1979,** La lutte contre *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank par lâchers de mâles stériles en Haute Volta. In, Colloque int. sur l'emploi des isotopes dans l'étude et la destruction des vecteurs des maladies animales, Vienne. I.A.E.A.
- Cuisance, D., H. Politzar, J. Fevrier, G. Bourdoiseau, and E. Sellin. 1980.** Association d'un traitement insecticide avec la méthode du mâle stérile contre *Glossina palpalis gambiensis* : intérêt de la mise en oeuvre de plusieurs méthodes. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 33: 127-133.
- Cuisance, D., H. Politzar, P. Merot, and I. Tamboura. 1984.** Les lâchers de mâles irradiés dans la campagne de lutte intégrée contre les glossines dans la zone pastorale de Sidéradougou, Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 37: 449-468.
- Cuisance, D. 2001.** Cours de certificat d'études approfondies vétérinaires en Pathologies tropicales sur les glossines et les trypanosomoses, CIRAD-EMVT, Montpellier, France.
- Cuisance, D., J. Itard, M. Desquesnes, J.-L. Frézil, and S. de la Rocque. 2003a.** Trypanosomoses, *Epidémiologie*, pp. 1627-1650. In P.-C. Lefèvre, J. Blancou and R. Chermette (eds.), *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes*, vol. 2. Lavoisier, Londres-Paris-New York.
- Cuisance, D., J. Itard, P. Solano, M. Desquesnes, J.-L. Frézil, and E. Authié. 2003b.** Trypanosomes. *Méthodes de lutte*, pp. 1695-1724. In P.-C. Lefèvre, J. Blancou and R. Chermette (eds.), *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes*, vol. 2. Lavoisier, Londres-Paris-New York.

- d'Aquino, P. 2007.** Empowerment et participation: comment mieux cadrer les effets possibles des démarches participatives? Proposition d'un cadre d'analyse à partir d'une synthèse bibliographique, pp. 30. CIRAD, Montpellier.
- d'Ieteren, G., E. Authié, N. Wissocq, and M. Murray. 1998.** Trypanotolerance, an option for sustainable livestock production in areas at risk from trypanosomosis. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 17: 1-32.
- Darré, J. P., R. Le Guen, and B. Lémery. 1989.** Changement technique et structure professionnelle locale en agriculture. *Economie rurale* 192: 115-122.
- Darré, J. P., A. Mathieu, and J. Lasseur. 2004.** Le sens des pratiques : conceptions d'agriculteurs et modèles d'agronomes, INRA éditions, Paris.
- Darré, J. P. 2006.** La recherche coactive de solutions entre agents de développement et agriculteurs, GRET, Paris.
- David, A. 1999,** Logique, épistémologie et méthodologie en sciences de gestion, p. 23. *In*, VIIIème Conférence Internationale de l'A.I.M.S, Châtenay Malabry.
- David, A. 2003.** Etudes de cas et généralisation scientifique en sciences de gestion. *Revue Sciences de Gestion* 39: 139-166.
- Dayo, G. K., Z. Bengaly, S. Messad, B. Bucheton, I. Sidibe, B. Cene, G. Cuny, and S. Thevenon. 2010.** Prevalence and incidence of bovine trypanosomosis in an agro-pastoral area of southwestern Burkina Faso. *Res. Vet. Sci.* 88: 470-477.
- De Janvry, A., A. Dustan, and E. Sadoulet. 2010.** Recent advances in impact analysis methods for ex-post impact assessments of agricultural technology: Options for the CGIAR, University of California-Berkeley.
- de la Rocque, S., J. F. Michel, D. Cuisance, G. de Wispeleare, P. Solano, X. Augusseau, M. Arnaud, and S. Guillobez. 2001.** Le risque trypanosomien: Du satellite au microsatellite: Une approche globale pour une décision locale, Editions Quae, Montpellier.
- Dedieu, B., E. Chia, B. Leclerc, C.-H. Moulin, and M. Tichit. 2008.** L'élevage en mouvement: flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores, Editions Quae.
- Delage, L. 2006.** L'épidémiologie vétérinaire, une nouvelle voie pour l'épidémiologie vétérinaire. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse Toulouse.
- Denis, J. P., and J. Valenza. 1971.** Extériorisation des potentialités génétiques du zébu Peulh sénégalais (gobra). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 24: 409-418.
- Denis, J. P., and A. K. Diallo. 1984,** La nécessaire intensification des productions animales au Sénégal. Aspects généraux et méthodologiques. *In* Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar (ed.), Séminaire CRDI-EISMV "le vétérinaire face aux problèmes de l'autosuffisance vétérinaire", Dakar.
- Desquesnes, M., and M. L. Dia. 2004.** Mechanical transmission of *Trypanosoma vivax* in cattle by the African tabanid *Atylotus fuscipes*. *Veterinary Parasitology* 119: 9-19.
- Desrumaux, A. 1986.** Formation des structures d'entreprise: revue des travaux et quelques hypothèses. *Economies et Sociétés, Séries Sciences de Gestion, Tome XX:* 3-41.
- Dia, M. D., and M. Desquesnes. 2005.** Utilisation rationnelle des trypanocides, Bobo-Dioulasso.
- Dicko, A. H., R. Lancelot, M. T. Seck, L. Guerrini, B. Sall, M. Lo, M. J. B. Vreysen, T. Lefrançois, F. Williams, S. L. Peck, and J. Bouyer. 2014.** Using species distribution models to optimize vector control: the tsetse eradication campaign in Senegal. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 10149-10154.
- Dicko, M. S., M. A. Djiteye, and M. Sangaré. 2006.** Les systèmes de production animale au Sahel. *Sécheresse* 17: 83-97.

- Douthwaite, B., T. Kuby, E. van de Fliert, and S. Schulz. 2003.** Impact pathway evaluation: an approach for achieving and attributing impact in complex systems. *Agricultural systems* 78: 243-265.
- Dumas, R., and P. Lhoste. 1966.** Variations du poids vif et du rendement en viande de boeufs zébus de l'Adamaoua au cours de la saison sèche. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux* 19.
- Dumez, H. 2013.** Qu'est ce que la recherche qualitative? Problèmes épistémologiques, méthodologiques et de théorisation. *Gérer et comprendre* 112: 29-42.
- Dunkle, S., and J. Mariner. 2013.** Participatory Epidemiology: A Toolkit for Trainers, ILRI, CGIAR.
- Elnasri, H. O. 2005.** Prevalence and ranking of bovine trypanosomiasis in Unity State by participatory epidemiological, clinical and laboratory testing. MVMSc Thesis, University of Khartoum Khartoum, Sudan.
- Enserink, M. 2007.** Welcome to Ethiopia's fly factory. *Science* 317: 310-313.
- Fall, A. 1992.** Characterization of indigenous livestock breeds in Senegal, p. 141. In J. E. O. Rege and M. E. Lipner (eds.), *African Animal Genetic Resources: Their Characterisation, Conservation and Utilization*, ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia. Proceedings of the Research Planning Workshop held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia 19-21 February 1992.
- Flichy, P. 2003.** L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation, Nouv. Ed. , Editions La Découverte.
- Freeman, A. R., C. M. Meghan, D. E. MacHugh, R. T. Loftus, M. D. Achukwi, A. Bado, B. Sauveroche, and D. G. Bradley. 2004.** Admixture and diversity in West African cattle populations. *Molecular Ecology* 13: 3477-3487.
- Gaglio, G. 2011.** Sociologie de l'innovation, Presses Universitaires de France, Paris.
- Geels, F. W., and J. Schot. 2007.** Typology of sociotechnical transition pathways. *Research policy* 36: 399-417.
- Geerts, S., P. H. Holmes, O. Diall, and M. C. Eisler. 2001.** African bovine trypanosomiasis: the problem of drug resistance. *Trends Parasitol.* 17: 25-28.
- Goutard, F. L., A. Binot, R. Duboz, H. Rasamoelina-Andriamanivo, M. Pedrono, D. Holl, M. I. Peyre, J. Cappelle, V. Chevalier, M. Figuié, S. Molia, and F. L. Roger. 2015.** How to reach the poor? Surveillance in low-income countries, lessons from experiences in Cambodia and Madagascar. *Preventive Veterinary Medicine* 1: 44-48.
- Gouttenoire, L., S. Cournut, and S. Ingrand. 2012.** Participatory modelling with farmer groups to help them redesign their livestock farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*.
- Grace, D. 2006.** Epidemiology and control of cattle trypanosomosis in villages under risk of trypanocide resistance in West Africa. PhD thesis, Freie Universitat Berlin.
- Grenier, C., and J. Bernardini-Perinciolo. 2015.** Le manager hybride, acteur-passeur et acteur-clôture aux frontières institutionnelles. *Revue française de gestion*: 125-138.
- Guèye, B. 2000.** La méthode active de recherche et de planification participatives (MARP): acquis, limites et défis actuels, pp. 543. In P. Lavigne Delville, N. Sellamna and M. Mathieu (eds.), *Les enquêtes participatives en débat: Ambition, pratiques et enjeux*. GRET-KARTHALA-ICRA, Paris, Montpellier.
- Hanotte, O., D. G. Bradley, J. W. Ochieng, Y. Verjee, E. W. Hill, and J. E. O. Rege. 2002.** African Pastoralism: Genetic Imprints of Origins and Migrations. *Science* 296: 336-339.
- Hargrove, J. W. 1988.** Tsetse: the limits to population growth. *Medical and Veterinary Entomology* 2: 203-217.

- Hargrove, J. W., S. Omolo, J. S. I. Msalilwa, and B. Fox. 2000.** Insecticide-treated cattle for tsetse control: the power and the problems. *Medical and Veterinary Entomology* 14: 123-130.
- Hausmann-Muela, S., J. Muela Ribera, and I. Nyamongo. 2003.** Health-seeking behaviour and the health system response, pp. 37. DCPD.
- Hendrickx, G., S. de la Rocque, and R. C. Mattioli. 2004.** Long term Tse-tse and trypanosomiasis management options in West Africa, FAO, Rome.
- Hoste, C. H., E. Chalon, G. d'Ieteren, and J. C. M. Trail. 1988.** Le bétail trypanotolérant en Afrique Occidentale et Centrale, vol. 3: Bilan d'une décennie, Etude FAO: Production et Sante Animales.
- Hursey, B. S., and J. Slingenbergh. 1995.** The tsetse fly and its effects on agriculture in sub-Saharan Africa. *Revue Mondiale de Zootechnie* 84: 67-73.
- Itard, J., and D. Cuisance. 2003.** Vecteurs cycliques des trypanosomoses, pp. 139-165. In P.-C. Lefèvre, J. Blancou and R. Chermette (eds.), *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et Régions chaudes*, vol. 1. Lavoisier, Paris, France.
- Itard, J., D. Cuisance, and G. Tacher. 2003.** Trypanosomoses: Historique - Répartition géographique, pp. 1607-1615. In P.-C. Lefèvre, J. Blancou and R. Chermette (eds.), *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et Régions chaudes*, vol. 2. Lavoisier, Paris.
- Itard, J., and J.-L. Frézil. 2003.** Trypanosomoses; symptômes et lésions, pp. 139-165. In P.-C. Lefèvre, J. Blancou and R. Chermette (eds.), *Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et Régions chaudes*, vol. 1, Paris.
- Joly, P.-B., A. Rip, and M. Callon. 2013.** Réinventer l'innovation? *In innovatiO* [ed.]. Université de Poitiers.
- Jost, C. C., J. C. Mariner, P. L. Roeder, E. Sawitri, and G. J. Macgregor-Skinner. 2007.** Participatory epidemiology in disease surveillance and research. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 26: 537-547.
- Kamuanga, M., C. Antoine, A.-S. Brasselle, B. M. Swallow, G. D. M. d'Ieteren, and B. Bauer. 1999,** Impacts of tsetse control on migration, livestock production, cropping practices and farmer-herder conflicts in the Mouhoun Valley of southern Burkina Faso. *In*, 25th meeting of the ISCTRC, Mombasa, Kenya.
- Kamuanga, M., H. Sigué, B. Swallow, B. Bauer, and G. d' Ieteren. 2001a.** Farmers' Perceptions of the Impact of Tsetse and Trypanosomosis Control on Livestock Production: Evidence from Southern Burkina Faso. *Tropical Animal Health and Production* 33: 141-153.
- Kamuanga, M., B. M. Swallow, H. Sigué, and B. Bauer. 2001b.** Evaluating contingent and actual contributions to a local public good: Tsetse control in the Yale agro-pastoral zone, Burkina Faso. *Ecological Economics* 39: 115-130.
- Kamuanga, M. 2003.** Socio-economic and cultural factors in the research and control of trypanosomiasis, vol. 4, FAO, Rome.
- Kamuanga, M., G. d'Ieteren, K. Tano, C. Mugalla, K. Pokou, and B. Swallow. 2004.** Improving the productivity of crop-livestock systems under trypanosomosis risk in West Africa: Potentials and opportunities in the next decade. ILRI.
- Kamuanga, M., S. Hamadou, and I. Kabore. 2006.** La lutte contre la trypanosomose animale africaine est-elle rentable?, CIRDES, Bobo-ioulasso.
- Kaufmann, J. C. 2013.** L'entretien compréhensif, 3ème édition ed. Armand Colin, Paris.
- Klassen, W., and C. F. Curtis. 2005.** History of the Sterile Insect Technique, pp. 3-38. In V. A. Dyck, J. Hendrichs and A. S. Robinson (eds.), *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*, vol. 1. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

- Knight, J. D. 2006.** An examination of the costs and benefits of tsetse control in Kwazulu natal including the provision of a public relations campaign, pp. 36. Centre for Environmental Policy, Imperial College London, Ascot, Berkshire, United Kingdom.
- Koné, N., J. Bouyer, S. Ravel, M. J. B. Vreysen, K. T. Domagni, S. Causse, P. Solano, and T. De Meeûs. 2011.** Contrasting population structures of two vectors of African trypanosomes in Burkina Faso: consequences for control. *Plos Tropical Neglected diseases* 5: e1217-e1217.
- Koné, N., F. Bouyer, H. S. Vitouley, I. Sidibé, E. K. N'Goran, L. Vial, T. Balenghien, and J. Bouyer. 2012.** Perceptions des éleveurs et stratégies de gestion du risque trypanosomien dans le bassin du fleuve Mouhoun (Burkina Faso). *Cahiers Agricultures* 21: 404-416.
- Kristjanson, P., B. Swallow, G. Rowlands, R. Kruska, and P. De Leeuw. 1999.** Measuring the costs of African animal trypanosomosis, the potential benefits of control and returns to research. *Agricultural Systems* 59: 79-98.
- Labatut, J. 2009.** Gérer des biens communs: processus de conception et régimes de coopération dans la gestion des ressources génétiques animales. Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris Paris.
- Labatut, J., N. Girard, J.-M. Astruc, and B. Bibé. 2013.** Dissemination of genetic progress: a key aspect of genetic improvement of local breeds. *Animal Genetic Resources* 53: 117-127.
- Lachenal, G. 2014.** Le médicament qui devait sauver l'Afrique: un scandale pharmaceutique aux colonies, Editions La découverte, Paris.
- Latour, B. 1992.** Aramis ou l'amour des techniques, La découverte, Paris.
- Latour, B. 2004.** Comment finir une thèse de sociologie. *Revue du MAUSS* 24: 154-172.
- Lauvie, A. 2007.** Gérer les populations animales locales à petits effectifs: Approche de la diversité des dispositifs mis en oeuvre. Docteur d'AgroParisTech, AgroParisTech Paris.
- Lavigne Delville, P., and M. Mathieu. 2000.** Donner corps aux ambitions: le diagnostic participatif comme enjeu de pouvoir et comme processus social, pp. 543. In P. Lavigne Delville, N. Sellamna and M. Mathieu (eds.), *Les enquêtes participatives en débat: ambition, pratiques et enjeu*. GRET-KARTHALA-ICRA, Paris, Montpellier.
- Lavigne Delville, P., N. Sellamna, and M. Mathieu. 2000.** Les enquêtes participatives en débat: ambitions, pratiques, enjeux, KARTHALA, Paris, Montpellier.
- Lavigne Delville, P. 2011a.** Du nouveau dans la "participation"? : populisme bureaucratique, participation cachée et impératif délibératif, pp. 160-187. In E. Jul-Larsen, P.-J. Laurent, P.-Y. Le Meur and E. Léonard (eds.), *Une anthropologie entre pouvoirs et histoire. Conversations autour de l'oeuvre de Jean-Pierre Chauveau*. Karthala-IRD-APAD, Paris/Marseille/Uppsala.
- Lavigne Delville, P. 2011b.** Pour une anthropologie symétrique entre « développeurs » et « développés ». *Cahiers d'études africaines* 2: 491-509.
- Lemery, B. 2003.** Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture. *Sociologie du travail* 45: 9-25.
- Lindlof, T. R., and B. C. Taylor. 2010.** *Qualitative communication research methods*, Sage.
- Machila, N., S. W. Wanyangu, J. McDermott, S. C. Welburn, I. Maudlin, and M. C. Eisler. 2003.** Cattle owners' perceptions of African bovine trypanosomosis and its control in Busia and Kwale Districts of Kenya. *Acta Tropica* 86: 25-34.
- Machila, N., R. Emongor, A. Shaw, S. C. Welburn, J. McDermott, I. Maudlin, and M. Eisler. 2007.** A community education intervention to improve bovine trypanosomiasis knowledge and appropriate use of trypanocidal drugs on smallholder farms in Kenya. *Agricultural Systems* 94: 261-272.

- Mariner, J. C., and R. Paskin. 2000.** Manual on participatory epidemiology; methods for the collection of action-oriented epidemiological intelligence, vol. 10, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Mariner, J. C., and P. L. Roeder. 2003.** Use of participatory epidemiology in studies of the persistence of lineage-2 rinderpest virus in East Africa. *Veterinary Record* 152: 641-647.
- Mariner, J. C., J. A. House, C. A. Mebus, A. E. Sollod, D. Chibeu, B. A. Jones, P. L. Roeder, B. Admassu, and G. G. M. van 't Klooster. 2012.** Rinderpest eradication: appropriate technology and social innovations. *Science* 337: 1309-1312.
- Marshall, K., and L. Dempfle. 2011.** Gestion durable du bétail ruminant endémique en Afrique de l'Ouest (PROGEBE): directives pour la répliation et l'amélioration du programme de sélection des bovins Ndama de la Gambie, pp. 61. The International Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya.
- Mattioli, R. C., M. Cassama, and S. Kora. 1992.** A comparative study of gastrointestinal nematode egg output in N'Dama, Zebu and N'Dama x Zebu crossbred cattle. *Parasitologia* 34: 109-113.
- Maudlin, I. 2006.** African trypanosomosis. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 100: 679-701.
- Mdoe, S. Y. 2003.** Livestock and agriculture development in Zanzibar, post-tsetse eradication: A follow-up socio-economic study, pp. 72. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Moulin, C.-H., S. Ingrand, J. Lasseur, S. Madelrieux, M. Napoléone, J. Pluvillage, and V. Thénard. 2008.** Comprendre et analyser les changements d'organisation et de conduite de l'élevage dans un ensemble d'exploitations: propositions méthodologiques, pp. 181-196. In B. Dedieu, E. Chia, B. Leclerc, C.-H. Moulin and M. Tichit (eds.), *L'élevage en mouvement: flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*. Editions Quae.
- Moulin, C. H., J. Pluvillage, and F. Bocquier. 2004.** Les relations entre agrandissement des troupeaux et changements de conduite: exemple des élevages d'ovins allaitants en Crau. *Rencontres Recherches Ruminants* 11: 145-148.
- Mubarqui, R. L., R. C. Perez, R. Angulo Kladt, J. L. Zavala Lopez, A. Parker, M. T. Seck, B. Sall, and J. Bouyer. 2014.** The smart aerial release machine, a universal system for applying the sterile insect technique. *Plos ONE* 9: e103077.
- Mugisha, A., A. McLeod, R. Percy, and E. Kyewalabye. 2008.** Socio-economic factors influencing control of vector-borne diseases in the pastoralist system of south western Uganda. *Trop Anim Health Prod* 40: 287-297.
- Mumford, J. D. 2005.** Application of Benefit/Cost Analysis to insect pest control using the Sterile Insect Technique, pp. 481-498. In V. A. Dyck, J. Hendrichs and A. S. Robinson (eds.), *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management*, vol. 1. Mumford, Dordrecht, The Netherlands.
- Ndeledje, N., J. Bouyer, F. Stachurski, P. Grimaud, A. M. G. Belem, F. M. Mbaïndingatloum, Z. Bengaly, G. Cecchi, and R. Lancelot. 2013.** Treating cattle to protect people? Impact of footbath insecticide treatment on tsetse density in Chad. *PLoS ONE* 8: e67580.
- Nishimwe, K. 2008.** Evaluation des facteurs de variation du taux de réussite de l'insémination artificielle bovine en milieu traditionnel au Sénégal: cas de la région de Thiès. Doctorat en médecine vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop, Dakar.
- Ohaga, S. O., E. D. Kokwaro, I. O. Ndiege, A. Hassanali, and R. K. Saini. 2007.** Livestock farmers' perception and epidemiology of bovine trypanosomosis in Kwale District, Kenya. *Preventive Veterinary Medicine* 80: 24-33.

- Okhoya, N. 2003.** Eliminer la mouche tsè-tsè en Afrique. Afrique Relance, ONU 17: 17.
- Okouyi, M. W. M., A. R. Kamga-Waladjo, S. Diarra, and C. Hanzen. 2014.** Caractéristiques de reproduction de la femelle trypanotolérante de race N'dama. Revue Africaine de Santé et de Productions Animales 12: 1-5.
- Ouédraogo, D., M. Kamuanga, K. Savadogo, J. Mcdermott, T. Randolph, B. Diarra, T. Voitag, and P.-H. Clausen. 2004.** Facteurs institutionnels et développement de la résistance aux trypanocides dans la zone cotonnière en Afrique de l'Ouest: Evidence empirique dans la province du Kéné Dougou au Burkina Faso. Sustainable crop–livestock production in West Africa: 312-331.
- Peck, S. L., and J. Bouyer. 2012.** Mathematical modeling, spatial complexity, and critical decisions in tsetse control. Journal of Economic Entomology 105: 1477-1486.
- Pemberton, J. D., and G. H. Stonehouse. 2000.** Organisational learning and knowledge assets-an essential partnership. The learning organization 7: 184-194.
- Perrot, C., P. Pierret, and E. Landais. 1995.** L'analyse des trajectoires des exploitations agricoles. Une méthode pour actualiser les modèles typologiques et étudier l'évolution de l'agriculture locale. Econ. Rurale 228: 35-47.
- Piaget, J. 1983.** Le possible et le nécessaire, Vol. 2: l'évolution du nécessaire chez l'enfant, PUF, Paris.
- Politzar, H., and D. Cuisance. 1984.** An integrated campaign against riverine tsetse flies *Glossina palpalis gambiensis* and *Glossina tachinoides* by trapping and the release of sterile males. Insect Sci. Applic. 5: 439-442.
- Pretty, J. N. 2000.** Des systèmes de recherche alternatifs pour une agriculture durable, pp. 543. In P. Lavigne Delville, N. Sellamna and M. Mathieu (eds.), Les enquêtes participatives en débat. GRET-KARTHALA-ICRA, Paris, Montpellier.
- Putt, S. N. H., and A. P. M. Shaw. 1982,** The socio-economic effects of the control of tsetse transmitted trypanosomiasis in Nigeria, pp. 515-523. In, 3rd International Symposia on Veterinary Epidemiology and Economics-ISVEE, Arlington, Virginia, USA.
- Rogers, D. J., and S. E. Randolph. 1985.** Population ecology of tsetse. Annual Review of Entomology 30: 197-216.
- Rogers, D. J. 2000.** Satellites, space, time and the African trypanosomiasis. Advances in Parasitology 47: 129-171.
- Ruault, C. 1996.** L'invention collective de l'action: initiatives de groupes d'agriculteurs et développement local, L'Harmattan, Paris.
- Ruault, C. 2006.** Démarche participative: de la rhétorique à la pratique. Pour: 26-34.
- Rull, J., J. Reyes, and W. Enkerlin. 1996.** The Mexican national fruit fly eradication campaign: Largest fruit fly industrial complex in the world, pp. 561-563. In B. A. McPherson and G. J. Steck (eds.), Fruit Fly Pests: A World Assessment of Their Biology and Management. CRC Press, St. Lucie.
- Sané, B., C. Laveissiere, and H. A. Méda. 2000.** Diversité du régime alimentaire de *Glossina palpalis palpalis* en zone forestière de Côte d'Ivoire : relation avec la prévalence de la trypanosomiase humaine africaine. Tropical Medicine and International Health 5: 73-78.
- Schumpeter, B. 1935.** Théorie de l'évolution économique. Recherche sur le profit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture, Dalloz, Paris.
- Scott, J. 2012.** Social network analysis, Sage.
- Seck, M. T., J. Bouyer, B. Sall, Z. Bengaly, and M. J. B. Vreysen. 2010a.** The prevalence of African animal trypanosomoses and tsetse presence in Western Senegal. Parasite 17: 257-265.

- Seck, M. T., J. Bouyer, B. Sall, Z. Bengaly, and M. J. B. Vreysen. 2010b.** The prevalence of African animal trypanosomoses and tsetse presence in Western Senegal. *Parasite*: 257-265.
- Shaw, A. 2004.** The economics of African trypanosomiasis, pp. 369–402. In I. Maudlin, P. Holmes and M. Miles (eds.), *The Trypanosomiases*. CABI Publishing, Wallingford.
- Shaw, A., G. Hendrickx, M. Gilbert, R. Mattioli, V. Codjia, B. Dao, O. Diall, C. Mahama, I. Sidibe, and W. Wint. 2006.** Mapping the benefits: a new decision tool for tsetse and trypanosomiasis interventions., pp. 180. Department for International Development, Animal Health Programme, Centre for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh, UK and Programme Against African Trypanosomiasis, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia.
- Shaw, A. P. M., S. J. Torr, C. Waiswa, G. Cecchi, G. R. W. Wint, R. C. Mattioli, and T. P. Robinson. 2013.** Estimating the costs of tsetse control options: An example for Uganda. *Preventive Veterinary Medicine* 110: 290-303.
- Shaw, A. P. M., G. Cecchi, G. R. W. Wint, R. C. Mattioli, and T. P. Robinson. 2014.** Mapping the economic benefits to livestock keepers from intervening against bovine trypanosomosis in Eastern Africa. *Preventive Veterinary Medicine* 113: 197-210.
- Shelly, T., T. Whittier, and K. Kaneshiro. 2000.** Sterile insect release and natural mating system of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 87: 470-481.
- Snow, W. F., and P. Rawlings. 1999.** Methods for the rapid appraisal of African animal trypanosomosis in the Gambia. *Preventive Veterinary Medicine* 42: 67-86.
- Solano, P., D. Kaba, S. Ravel, N. Dyer, B. Sall, M. J. B. Vreysen, M. T. Seck, H. Darbyshir, L. Gardes, M. J. Donnelly, T. de Meeûs, and J. Bouyer. 2010.** Tsetse population genetics as a tool to choose between suppression and elimination: the case of the Niayes area in Senegal. *PLoS Negl Trop Dis* 4: e692.
- Soudré, A., S. Ouédraogo-Koné, M. Wurzinger, S. Müller, O. Hanotte, A. G. Ouédraogo, and J. Sölkner. 2013.** Trypanosomosis: a priority disease in tsetse-challenged areas of Burkina Faso. *Trop Anim Health Prod* 45: 497-503.
- Sow, A., I. Sidibe, Z. Bengaly, J. Bouyer, B. Bauer, and P. Van den Bossche. 2010.** Fifty years of research and fight against tsetse flies and animal trypanosomosis in Burkina Faso. An overview. *Bulletin of Animal Health and Production in Africa* 58: 95-118.
- Sow, A., R. Ganaba, L. Percoma, I. Sidibe, Z. Bengaly, Y. Adam, N. Koné, G. J. Sawadogo, J. Van Den Abbeele, T. Marcotty, and V. Delespeaux. 2013.** Baseline survey of animal trypanosomosis in the region of the *Boucle du Mouhoun*, Burkina Faso. *Research in Veterinary Science* 94: 573-578.
- Stachurski, F., J. Bouyer, and F. Bouyer. 2005.** La lutte contre les ectoparasites des bovins par pédiluve : une méthode innovante utilisée en zone péri-urbaine sub-humide du Burkina Faso. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux* 58: 221-228.
- Stake, R. E. 1995.** *The art of case study research*, Sage.
- Swallow, B. 2000.** *Impacts of Trypanosomiasis on African Agriculture*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Takken, V., M. A. Oladunmade, L. Dengwat, H. U. Feldmann, J. A. Onah, S. O. Tenabe, and H. J. Hamann. 1986.** The eradication of *Glossina palpalis palpalis* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Glossinidae) using traps, insecticide-impregnated targets and the sterile insect technique in central Nigeria. *Bull. Entomol. Res.* 76: 275-286.
- Tano, K., M. Kamuanga, M. D. Faminow, and B. Swallow. 2003.** Using conjoint analysis to estimate farmers' preferences for cattle traits in West Africa. *Ecological Economics* 45: 393-407.

- Teulier, R., and B. Hubert. 2008.** Des concepts intermédiaires pour la conception collective. Les situations d'action collective avec acteurs hétérogènes, pp. 163-186. In F. Mélard (ed.), *Écologisation: objets et concepts intermédiaires*. Peter Lang, Bruxelles.
- Thévenon, S., and D. M. A. Belemsaga. 2005,** State of the conservation of trypanotolerant cattle genetic resources in West Africa, pp. 116-119. *In* Agropolis (ed.), International Workshop "Options and Strategies for the Conservation of Farm Animal Genetic Resources, Montpellier, France.
- Torr, S. J., and J. W. Hargrove. 1998.** Factors affecting the landing and feeding responses of the tsetse fly *Glossina pallidipes* to a stationary ox. *Medical and Veterinary Entomology* 12: 196-207.
- Torr, S. J., I. Maudlin, and G. A. Vale. 2007a.** Less is more: restricted application of insecticide to cattle to improve the cost and efficacy of tsetse control. *Medical and Veterinary Entomology* 21: 53-64.
- Torr, S. J., A. Prior, P. J. Wilson, and S. Schofield. 2007b.** Is there safety in numbers? The effect of cattle herding on biting risk from tsetse flies. *Medical and Veterinary Entomology* 21: 301-311.
- Touré, S. 1973a.** Lutte contre *Glossina palpalis gambiensis* dans la région des niayes du Sénégal. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 26: 339-347.
- Touré, S. M. 1972.** Rapport sur les campagnes de lutte contre les glossines dans la région des Niayes du Sénégal en vue de l'éradication des trypanosomiasés, pp. 22. IEMVT, ISRA/LNERV, Dakar.
- Touré, S. M. 1973b.** Lutte contre *Glossina palpalis gambiensis* dans la région des niayes du Sénégal. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux* 26: 339-347.
- Touré, S. M. 1974.** Note sur quelques particularités dans l'habitat de *Glossina palpalis gambiensis* Vanderplank, 1949 (Diptera, Glossinidae) observées au Sénégal. *Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux* 27: 81-94.
- Touré, S. M. 1977.** La trypanotolérance. *Revue de connaissances. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 30: 157-174.
- Vale, G. 1977.** Feeding responses of tsetse flies (Diptera: Glossinidae) to stationary hosts. *Bulletin of Entomological Research* 67: 635-649.
- Vale, G. A., J. W. Hargrove, A. Chamisa, I. F. Grant, and S. J. Torr. 2015.** Pyrethroid treatment of cattle for tsetse control: Reducing its impact on dung fauna. *Plos Neglected Tropical diseases* 9.
- Vall, E., P. Dugue, and M. Blanchard. 2006.** Le tissage des relations agriculture-élevage au fil du coton. *Cahiers Agriculture* 15: 72-79.
- Vall, E., M. Koutou, M. Blanchard, K. Coulibaly, M. A. Diallo, and N. Andrieu. 2012,** Intégration agriculture-élevage et intensification écologique dans les systèmes agrosylvopastoraux de l'Ouest du Burkina Faso, province du Tuy. *In* E. Vall, N. Andrieu, E. Chia and H. B. Nacro (eds.), *Partenariat, modélisation, expérimentation : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique*. Actes du séminaire ASAP, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
- Van den Bossche, P., R. De Deken, and S. Geerts. 2003.** Trypanosomiasis in southern Africa. Old challenges - new threats. *Newsletter on Integrated Control of Pathogenic Trypanosomes and their Vectors* 7: 11-13.
- Van den Bossche, P., S. de La Rocque, G. Hendrickx, and J. Bouyer. 2010.** A changing environment and the epidemiology of tsetse-transmitted livestock trypanosomiasis. *Trends in Parasitology* 26: 236-243.
- Vanloqueren, G., and P. V. Baret. 2009.** How Agricultural Research Systems Shape a Technological Regime that develops Genetic Engineering but Locks Out Agroecological Innovations. *Research Policy* 38: 971-983.

- Vargas-Terán, M., B. S. Hursey, and E. P. Cunningham. 1994.** Eradication of the screwworm from Libya using the sterile insect technique. *Parasitol. Today* 10: 119-122.
- Veselý, A. 2008.** Problem tree: A problem structuring heuristic. *Central European Journal of Public Policy* 2: 60-81.
- Vinck, D. 2009.** De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances* 3: 51-72.
- Vloedt van der, A. M. V., D. A. T. Baldry, H. Politzar, H. Kulzer, and D. Cuisance. 1980.** Experimental helicopter applications of decamethrin followed by release of sterile males for the control of riverine vectors of trypanosomiasis in Upper Volta. *Insect Sci. Applic.* 1: 105-112.
- Vreysen, M., A. S. Robinson, and J. Hendrichs. 2007.** *Area-Wide Control of Insect Pests, From research to field implementation*, Springer, Dordrecht.
- Vreysen, M. J. B. 1995.** Radiation induced sterility to control tsetse flies: the effect of ionising radiation and hybridisation on tsetse biology and the use of the sterile insect technique in integrated tsetse control, Landbouwniversiteit te Wageningen.
- Vreysen, M. J. B., K. M. Saleh, M. Y. Ali, A. M. Abdulla, Z.-R. Zhu, K. G. Juma, V. A. Dyck, A. R. Msangi, P. A. Mkonyi, and H. U. Feldmann. 2000.** *Glossina austeni* (Diptera: Glossinidae) Eradicated on the Island of Unguja, Zanzibar, Using the Sterile Insect Technique. *J. Econ. Entomol.* 93: 123-135.
- Vreysen, M. J. B., M. T. Seck, B. Sall, and J. Bouyer. 2013.** Tsetse flies: their biology and control using area-wide integrated pest management approaches. *J. Invertebr. Pathol.* 112: S15-S25.
- Vreysen, M. J. B., K. Saleh, F. Mramba, A. Parker, U. Feldmann, V. A. Dyck, A. Msangi, and J. Bouyer. 2014a.** Sterile insects to enhance agricultural development: the case of sustainable tsetse eradication on Unguja Island, Zanzibar using an area-wide integrated pest management approach. *PloS Negl. Trop. Dis.* 8.
- Vreysen, M. J. B., K. Saleh, F. Mramba, A. Parker, U. Feldmann, V. A. Dyck, A. Msangi, and J. Bouyer. 2014b.** Sterile insects to enhance agricultural development: the case of sustainable tsetse eradication on Unguja Island, Zanzibar using an area-wide integrated pest management approach. *PloS Negl. Trop. Dis.* 8: e2857.
- Weber, M. 1971.** *Economie et société*, Chavy, J. Dampierre, E. ed. Plon, Paris.
- Weick, K. E. 1979.** *The social psychology of organizing* (Topics in social psychology series), McGraw-Hill.
- Weitz, B. 1963.** The feeding habits of *Glossina*. *Bulletin of the World Health Organization* 28: 711.
- World Bank. 1996.** *The World Bank participation sourcebook*, The World Bank, Washington, D.C.
- Wyss, J. H. 2006.** Screwworm Eradication in the Americas. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 916: 186-193.
- Yin, R. K. 2009.** *Case Study Research: design and methods*, vol. 5, SAGE, Thousand Oaks.
- Yoccoz, N. G. 1991.** Use, overuse, and misuse of significance tests in evolutionary biology and ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America* 72: 106-111.
- Yoccoz, N. G. 2012.** "Dans la recherche contemporaine, il n'y a plus d'évidence." (*Legeay, 2006*). *Natures Sciences Sociétés* 20: 464-465.

# Annexe 1

Etude de cas : élevage de B. S. (Médina Fall à Thiès)

Dates: 18/07/13, 28/11/13, 22/01/14, 02/04/14, 03/04/14

## 1. Objectifs, historique et moyens de production

### 1.1 Historique et présentation synthétique de l'élevage

Bien qu'il soit né dans une famille d'éleveurs peuhls, il a constitué son troupeau par achat. Il a appris le métier pendant son adolescence avec son père mais il a quitté le village Keur Momar Sarr dans la région de Louga (zone agropastorale) après la sécheresse de 1973. Il a débuté son activité d'élevage par le commerce d'animaux. Il a rencontré des problèmes d'impayés et est revenu vers un élevage traditionnel. Il dit qu' « *il règle tous ses problèmes dans l'élevage* ». Cependant il « *sent le changement dans l'activité* » et invoque des prix d'achat des animaux en brousse moins intéressants que dans le passé. En conséquence, il veut augmenter le nombre de têtes vendues.

L'élevage est sa seule activité professionnelle. Il ne possède pas de terres agricoles. Il est le seul propriétaire du troupeau permanent (avec reproduction) de Gobras et qu'il n'a pas qualifié de *tyosaan*, mais de *naye woro* (vaches de la maison) et il possède en plus un lot de taureaux destinés à l'embouche. Les animaux sont répartis dans deux parcs de nuit entourés de murs dans un quartier urbain et ils sont conduits ensemble au pâturage, au Nord de l'agglomération.

### 1.2 Objectifs personnels

Les objectifs personnels de cet éleveur peuhl de 59 ans, installé depuis 1996 sont d'assurer des revenus pour nourrir sa famille et aussi de pratiquer l'élevage selon son identité peuhle en ayant un troupeau avec reproduction en plus de son lot de bovins pour l'embouche.



Fig. 1: Taureau reproducteur Guzérat à gauche et taurillons et taureaux d'embouche de races Gobra et zébu Maure à droite

Il a pu construire des maisons dans sa cour et épouser 3 femmes. Il pratique du commerce de bétail en plus de l'élevage traditionnel. Cette activité d'embouche bovine

constitue son activité principale. Son augmentation lui permettrait de construire une autre maison et d'épouser une 4<sup>ème</sup> femme.

### 1.3 Composition familiale et répartition des tâches

Il dispose d'une main d'œuvre familiale: 4 fils et un neveu. Ce dernier a quitté le village et est venu l'aider en 2013. Il a de fortes charges familiales.

| activités              | Hommes mariés | Femmes mariées | Jeunes hommes | Jeunes femmes | enfants |
|------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------|
| Elevage Bv             | 1             |                | 1             |               | 4       |
| Elevage pr             |               |                |               |               |         |
| Vente lait             |               | 3              |               |               |         |
| Aide élevage           |               |                |               |               |         |
| Emploi extérieur       |               |                |               |               |         |
| Ecole payante (charge) |               |                |               |               | 2       |
| Au foyer (charge)      |               |                |               |               | ?       |
| Mère au foyer          |               | 3              |               |               |         |
| Aide ménagère          |               |                |               |               |         |
| total                  | 1             | 3              |               |               | ?       |

Tableau 1: Composition du foyer de M. Boubacar Sow (total de 4 adultes et d'un nombre inconnu d'enfants).

### 1.4 Equipement

Il possède une charrette à âne et un véhicule pick up qui a été renouvelé en 2012. Au niveau du petit matériel, il utilise un pulvérisateur pour les traitements contre les tiques et des bassines pour l'alimentation.

### 1.5 Productions végétales et alimentation animale

L'alimentation des bovins n'est pas produite: les animaux partent toute l'année au pâturage. Il achète des SPAI de manière régulière toute l'année « pour faire le stock ». Ainsi il achète 12 500Fcfa/jour de son de mil ou de riz, soit entre 325 000 et 375 000Fcfa par mois (que ce soit en saison sèche ou des pluies). Il achète aussi de la paille. A partir du mois d'octobre, il a commencé à acheter du tourteau de coton en grande quantité (il achète 3 t à 175 000Fcfa la tonne soit 525 000Fcfa et le stock dure 2 mois). Il en est tellement satisfait qu'il voudrait désormais n'acheter que du tourteau de coton.

Ses enfants vont livrer le fumier avec une charrette à âne à des maraîchers en périphérie de Thiès. Ses enfants reçoivent de petits cadeaux en retour mais ils ne récupèrent pas les résidus.

Conclusion partie moyens de production: Cet élevage urbain est composé de deux troupeaux: un troupeau traditionnel et un troupeau d'embouche. L'éleveur, peuhl, a appris le métier avec ses parents et travaille actuellement avec de la main d'œuvre familiale. L'éleveur investit dans la complémentation alimentaire: il achète régulièrement des sous-produits agro-alimentaires (SPAI) en grandes quantités pour faire du stock.

## 2. Composition du troupeau et stratégie de production

### 2.1 Le cheptel multi-espèces

Il a un troupeau de bovins (15 géniteurs) qui se reproduit ainsi que des bovins pour l'embouche plus nombreux (entre 20 et 25 animaux) que ceux du troupeau permanent. En effet, il élève en permanence une vingtaine de bovins d'embouche dont la durée d'élevage est très variable et dépend des opportunités de vente. Un petit nombre d'animaux lui est confié (5 taurillons ont été observés) mais il valorise peu cette activité marginale (il n'en parle pas spontanément).

Il possède un petit effectif de chèvres (6 femelles en reproduction) qualifiées de « *porte-monnaie* » ainsi qu'un âne pour la traction de la charrette. En 2010, il possédait 3 chèvres en reproduction et 5 béliers d'embouche mais il ne garde plus d'ovins à l'année. Il préfère les acheter avant la Tabaski pour les revendre dans un délai très court.

*« Si ça dure (sans moutons), c'est que je ne vois pas de clients. Je veux acheter aujourd'hui et vendre demain. »*

### 2.2 Les flux de bovins

Le flux de bovins d'embouche est intense et il varie en fonction des fêtes religieuses et les cérémonies. Ainsi il n'y a pas de délai d'engraissement minimum. L'éleveur rachète des bovins pour l'engraissement dès qu'il en vend et en une quantité égale aux ventes. Il choisit les taureaux ou taurillons dans les *loumas* (marchés à bétail hebdomadaires) dans le Nord du pays et il choisit les animaux dans le meilleur état général possible afin de pouvoir les revendre à tout moment (et non pas selon le meilleur potentiel de prise de poids).

*« ca dépend des compétences des bêtes... Je prends celles qui sont en forme pour pouvoir les revendre rapidement. Le prix, ça varie entre 130 000 et 150 000Fcfa...minimum 120 000Fcfa jusqu'à 175 000Fcfa. J'ai acheté en 3 catégories: ceux à 150 000Fcfa qui ont moins de 3 ans, ceux entre 150 et 175 000Fcfa qui ont plus de 3 ans et enfin j'en ai pris deux à 180 000Fcfa qui ont 3 ans et demi. »*

L'éleveur n'a pas voulu donner ses ventes chiffrées donc nous lui avons proposé de faire un empilement proportionnel. Pour 20 animaux d'embouche vendus en 2010, il en a vendu 35 en 2013 soit entre 175 et 210. Le nombre de 180 animaux peut être retenu car l'éleveur a tendance à majorer ses données quantitatives. Il explique que s'il doit acheter un vaccin, il achète un nombre de doses supérieures au nombre d'animaux qu'il possède pour que le vétérinaire ne sache pas combien il a d'animaux.

*« C'est héréditaire de ne pas donner le nombre d'animaux. Je ne le dis même pas aux membres de la famille. Par exemple, si je vais voir les services vétérinaires, pour payer un vaccin, si le prix doit être à 50 000Fcfa, je préfère payer 70 000Fcfa pour ne pas faire compter mes animaux. »*

Selon les comptages, le troupeau a diminué de 10% entre 2010 et 2013. L'éleveur en réalisant l'empilement proportionnel explique qu'il a vendu la moitié de l'effectif des bovins nés dans son troupeau et que ces ventes concernaient les vieilles vaches. En 2013, il n'a aucun bovin de plus de 9 ans et il a diminué le nombre de taureaux. Cela montre que la gestion de son troupeau traditionnel dépend aussi des opportunités commerciales.

« *Le nombre d'animaux dans le troupeau né ici a diminué en 2013 car c'était une bonne année. J'ai vendu beaucoup. Sur les 20 présents en 2010, il en reste 9 en 2013. J'ai vendu les vieilles vaches. Pendant l'année 2013, il n'y a eu que 4 naissances.* »

Ses critères de choix sont différents selon que le bovin est destiné à l'embouche ou à la reproduction. Pour l'embouche, il choisit des bovins en bonne santé, avec une bonne conformation bouchère c'est-à-dire avec une masse musculaire importante.

« *Par contre, chez les tiourgal, c'est la masse musculaire qu'on recherche. C'est la viande, pour la consommation.* »

Pour les taureaux reproducteurs, la conformation est aussi importante mais le phénotype est plus important car l'éleveur prend en compte la génétique paternelle.

« *Oui, je l'ai choisi car je veux que la descendance ressemble à leur père !* »

Le choix des femelles pour la reproduction est plus exigeant. Il choisit des femelles avec un bon potentiel de santé: celles qui ont été bien allaitées sous la mère. Des critères physiques lui permettent de deviner celles qui sont « *de bons animaux* »: la forme du front et l'aspect lisse des cornes. D'autre part, il choisit des femelles de la race Gobra, non seulement pour la valeur culturelle (c'est la race élevée traditionnellement par les peuhls) mais aussi pour des raisons esthétiques, de rusticité et pour la qualité de son lait. Il explique ainsi que cette race offre le meilleur compromis de productivité dans ses conditions d'élevage. Il explicite les critères qui déterminent le standard de la race (voir perceptions des races).

« *Le fait que l'animal a bien tété, qu'il a été bien nourri avec le lait, je vais le savoir. S'il n'a pas été bien nourri dans son enfance, il ne sera jamais bien. Je le sais grâce à mon expérience. Je regarde la base des cornes, le front! La forme du front et la base des cornes me permettent d'identifier un bon animal. C'est bon quand le front est bombé. La base doit être grosse. Au niveau de la corne, si elle est lisse, c'est un bon animal. Si ce n'est pas lisse, c'est un mauvais animal.* »

L'éleveur gère ses achats et ventes de bovins en fonction du disponible alimentaire selon les saisons et les années.

Concernant les achats: « *Ca dépend de la période, du pâturage et de l'eau. Par exemple, si dans la zone Nord il y a plus de pâturage, je préfère aller dans le Nord pour avoir plus d'animaux et de meilleurs animaux.* »

« T. Donc vous dites que 2013 a été une bonne année pour les ventes? »

« *Ca dépend du pâturage. S'il y a eu une bonne saison des pluies. En 2013, on a eu une très bonne saison sèche.* »

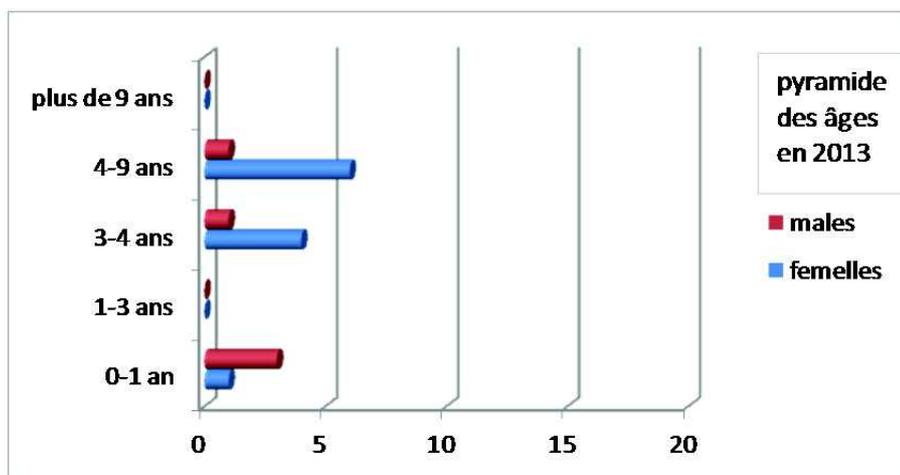
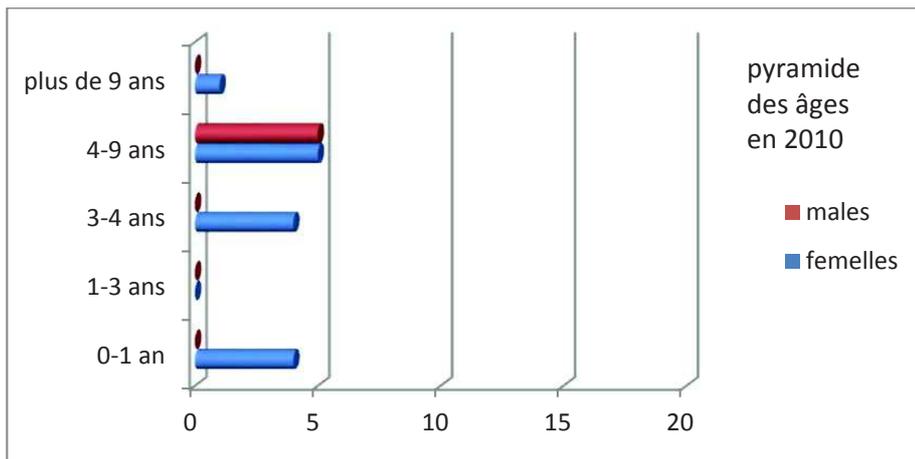


Figure 2: pyramides des âges du troupeau permanent en 2010 et 2013

| Flux                       | Veaux | velles | génisses | taurillons                               | vaches                                   | taureaux  |
|----------------------------|-------|--------|----------|--|--|---|
| mortalité                  |       |        |          |  |  | 3 taureaux maures (deux de 3 ans et un de 4 ans)                            |
| Vente (Réforme planifiée)  |       |        |          | Nombre inclus dans la catégorie taureaux | 5 vaches en fin de carrière reproductive | 180 taureaux d'embouche (prix moyen ?) et 5 taureaux nés sur l'exploitation |
| Vente (Mauvais état)       |       |        |          |  |  |   |
| Vente (Trésorerie urgente) |       |        |          |  |  |   |
| Achat                      |       |        |          | Nombre inclus dans la catégorie taureaux |  | 183 jeunes taureaux gobras ou maures (prix moyen 150 000Fcfa)               |
| vol                        |       |        |          |  |  |   |
| Naissances                 | 3     | 1      |          |  |  |   |
| Total flux                 | 3     | 1      | 0        | ?  | 5  | 188   |
| Résultat flux (-6)         | +3    | +1     | 0        | 0  | -5                                       | -5  |

Tableau 2: Bilan des flux des bovins par catégorie d'âge

### 2.3 Les productions

Le lait est autoconsommé et le surplus est vendu en hivernage seulement. Ce sont les femmes qui le vendent à 700Fcfa/L à des habitants du quartier. Des petites quantités sont vendues: 5-6 L par jour alors que la demande est plus importante.

Il achète et revend une centaine de moutons pour la Tabaski, sans période d'engraissement. Les dernières semaines avant la Tabaski, il va dans les *loumas* (marchés hebdomadaires de bétail) et ramène des moutons dans son véhicule pour les revendre à Thiès. Lorsqu'il achète beaucoup de moutons, il utilise un deuxième véhicule. Cette année, il y a eu une pénurie de moutons et les prix ont augmenté ce qui a baissé ses profits. Avant il achetait des moutons à 40 000Fcfa l'unité pour les revendre à 60 000Fcfa; cette année il les a achetés à 50 000Fcfa pour les revendre au prix habituel (60 000Fcfa).

### 2.4 Perceptions des races

L'éleveur dit dans un premier temps qu'il ne connaît que la race Gobour qui est le nom pular pour Gobra. C'est la race traditionnellement élevée par son père et son grand-père. Bien que son taureau soit Guzérat (ou métis Guzérat/Gobra ?), il estime que les veaux sont Gobours comme leur mère. Habituellement c'est l'importance de la transmission génétique paternelle qui est mise en avant.

Les critères de la race Gobra sont la couleur blanche, une bosse bien développée, un fanon bien développé, de longues cornes et une queue longue. L'aspect du zébu non métissé (bosse bien développée) et donc trypanosensible est un critère de qualité pour l'éleveur.

« *Le gobour il est blanc, il est très joli!*

T. La couleur c'est très important?

*Oui! En dehors de la couleur, l'animal présente une longue queue, un fanon développé! Il a de grandes cornes et une grande bosse! »*

| Position dans le classement | Esthétique            | Productivité viande           | Quantité de lait      | Qualité du lait       | Rusticité             |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Première                    | <b>Gobra (gobour)</b> | Guzérat (Boucherat)           | Holstein (hollandais) | <b>Gobra (gobour)</b> | <b>Gobra (gobour)</b> |
| Seconde                     | Guzérat (Boucherat)   | <b>Gobra (le male gobour)</b> | <b>Gobra (gobour)</b> | zébu maure (nar)      | zébu maure (nar)      |
| troisième                   | zébu maure (nar)      | pakistanaï                    | zébu maure (nar)      | Guzérat (Boucherat)   | Guzérat (Boucherat)   |
| quatrième                   |                       | Holstein (hollandais)         | N'dama                | Holstein (hollandais) |                       |

Tableau 3 : classement des races en fonction de 5 critères : esthétique, productivité bouchère, quantité de lait produit, qualité du lait et rusticité.

L'éleveur a rajouté un critère d'appréciation qui est la qualité du lait, en plus de la quantité.

« Le gobour ou peuhl peuhl est plus résistant! Le nar chaque année il présente des maladies! Chaque mois, le taureau boucherat tombe malade, il demande beaucoup de soins! Le gobour peut rester toute son existence sans tomber malade! Le nar se fatigue vite, le boucherat présente souvent le sibirou. »

« En un le hollandais, puis le Gobour, enfin le nar et en dernier le N'dama. Mais ça c'est pour la quantité [de lait], mais ce n'est pas la même chose pour la qualité! Pour la qualité, c'est le Gobour en premier, puis le nar, le Guzérat et enfin le hollandais. »

L'éleveur trouve que la race Gobra est celle qui présente le plus de qualités dans ses conditions d'élevage.

« Le Gobour est la race préférée. Quand c'est bien nourri, il bat tout le monde! Il est plus résistant, à la chaleur, à la sécheresse. Il supporte aussi la soif! Il peut rester une journée sans boire. Après, c'est le boucherat et le nar.

## 2.5 Contraintes pathologiques

L'éleveur a construit la matrice de notation en donnant les noms de maladie en wolof et les a écrit en arabe. L'éleveur a cité au départ le charbon (*fet*) et la peste bovine (*tiarou*) comme principales menaces pour l'élevage mais il s'avère que ces maladies sont des

contraintes « historiques ». Le nom utilisé pour la peste bovine se traduit par diarrhée et n'est pas spécifique et son tableau clinique est incomplet, seule la très forte mortalité laisse envisager qu'il s'agit de la peste bovine. Le botulisme (*niedio*) est aussi une contrainte « historique » car il n'y a pas eu de cas récent.

| ordre       | 1ère                            | 2ème                               | 3ème                           | 4ème                        | 5ème                |
|-------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| maladie     | Fièvre aphteuse ( <i>safa</i> ) | Hémoparasitoses ( <i>sibirou</i> ) | Dermatophilose ( <i>gaye</i> ) | Botulisme ( <i>niedio</i> ) | DNCB ( <i>ram</i> ) |
| Coût annuel | 800 F cfa (4)                   | 8000Fcfa (15)                      | 16 000F cfa (1)                | 0 Fcfa                      | 2 500 Fcfa (50)     |
| traitement  | Poudre de <i>Nep Nep</i>        | Antibiotiques et eau fraiche       | antibiotique                   | Eau fraiche                 | vaccin              |

Tabl. 4: Classement des contraintes sanitaires, coûts annuels et traitements

Bien que l'éleveur ait donné le nom de *ram* et de *gaye* pour la même maladie dans la matrice, il s'agit bien de la dermatophilose et non pas de la dermatose nodulaire car il y a des croûtes au niveau de la peau et les lésions sont associées aux tiques. L'éleveur se montre préoccupé par les tiques, or, les hémoparasitoses à tiques et la dermatophilose font partie de ses 3 premières contraintes pathologiques donc les résultats de la matrice sont cohérents avec l'entretien compréhensif.

« Les tiques, cela fait beaucoup de dégâts... surtout les maladies de peau. Les tiques sont dans le troupeau en permanence car se cachent dans le sol. Je traite tous les 15 jours. »

L'éleveur a recours avec parcimonie à la médecine conventionnelle et accorde beaucoup d'importance aux traitements traditionnels: l'importance de l'eau fraiche (pour *niedio* et *sibirou*), la poudre végétale de *nep nep* pour traiter la fièvre aphteuse (alors que les éleveurs utilisent couramment des antibiotiques) et l'éleveur a aussi expliqué le mode traditionnel de prévention du charbon. Le premier animal atteint de charbon est sacrifié, sa rate, piquée avec 100 épines d'un arbre appelé *Soump*, est fixée en hauteur sur le passage des animaux (effet vaccinal attendu?).

Il a un recours assez restreint au vétérinaire privé, qu'il n'appelle pas pour au moins deux maladies importantes sur le plan sanitaire, le charbon symptomatique et les hémoparasitoses. Ses critères pour choisir son vétérinaire sont la disponibilité et la possibilité de consultation à domicile.

« Le privé c'est Diouf. J'avais commencé avec Diallo, mais maintenant je suis avec Diouf: il est plus dynamique, plus disponible. Même si je l'appelle maintenant, il vient en 30 mn alors que l'autre demandait qu'on apporte les animaux à la clinique. »

« Je ne montre pas les animaux atteints de sibirou au vétérinaire. C'est comme pour fet, il ne faut rien injecter à l'animal sinon il va mourir. Je le mouille pour le refroidir. »

HÉMOPIRASITOSE FIÈVRE APATÉVIE  
BOUBACAR SOW THIÈS

| S                                  | HÉMOPIRASITOSE FIÈVRE APATÉVIE |              | BOUBACAR SOW THIÈS |                | BOUBACAR SOW THIÈS |            |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|----------------|--------------------|------------|
|                                    | SIBIROU<br>بافوقيل             | SAFA<br>سيفي | RAH<br>راي         | NIZDO<br>نيزدو | TIAROU<br>تيارو    | Fof<br>فوف |
| BOÛTERIE<br>D'ÉTRES<br>A TIGRES    | ○○                             | ○○           | ○○○○               | ○○             | ○○○○○○             | ○○○○○○     |
| POUS<br>PIQUÉS                     | ○○                             | ○○           | ○○○○               | ○○             |                    |            |
| FIÈVRE                             | ○○                             | ○○           |                    | ○○○○           |                    | ○○○○○○     |
| PERTE<br>D'APPÉTIT                 | ○○                             | ○○           |                    | ○○             | ○○○○               | ○○○○○○○○   |
| PLAIES<br>DANS LA<br>BOUCHE        |                                | ○○           |                    |                |                    |            |
| SALIVATION                         |                                | ○○           |                    |                |                    |            |
| CROÛTES<br>AU NIVEAU<br>DE LA PEAU |                                |              | ○○○○               |                |                    |            |
| GRATTAGE                           |                                |              | ○○                 |                |                    |            |
| DOULEURS<br>MUSCULAIRES            |                                |              |                    | ○○             |                    |            |
| MORTALITÉ                          |                                |              |                    | ○○○○           | ○○○○○○             | ○○○○○○     |
| DIARRHÉE                           |                                |              |                    |                | ○○○○               |            |

Name of the surveyor: OEDING      Village:      Date: 01/02/2010

Fig. 3: Matrice de notation réalisée par B. S. (en haut, les interprétations des tableaux cliniques ont été notées après l'entretien).

### 2.6 Perception du risque trypanosomien

Le syndrome appelé *sibirou* (qui signifie fièvre littéralement) correspond à des hémoparasitoses qui peuvent inclure les TAA mais le traitement cité est basé sur des antibiotiques et pas des trypanocides. Il a traité plus de 15 bovins contre *sibirou* mais a eu 3 mortalités (3 taureaux maures de 3 et 4 ans). La mortalité a une pondération nulle pour cette maladie dans la matrice de notation alors que son cheptel est trypanosensible. Le parc de nuit est situé dans un environnement très urbain et le site de pâturage est situé au nord de Thiès où le risque trypanosomien est absent. Il est possible que, comme l'éleveur travaille dans une zone sans risque trypanosomien, il ne connaisse que les hémoparasitoses à tiques : ces maladies sont dangereuses pour les animaux importés adultes d'une région sans *Amblyomma variegatum* vers Thiès. Concernant les 3 mortalités des zébus maures achetés, soit ils sont morts de babésiose ou d'anaplasmose par défaut de traitement adapté soit ils sont morts de TAA.

### 3. Dynamique du système d'élevage

#### 3.1 Réseau socio-technique

Au quotidien, les échanges d'information en ce qui concerne les pratiques zootechniques sont surtout réalisés en intra-familial, avec ses fils et son neveu. Il a aussi de nombreuses relations avec des éleveurs « *en brousse* » dans la Nord du pays. Sur 6 visites, il nous a reçues avec un ami éleveur peuhl en visite à Thiès à deux occasions. Ces éleveurs venaient l'un de Tivaouane l'autre du Nord. Il a changé après la saison des pluies de stratégie de supplémentation grâce à « *un très grand éleveur* » qui lui a fait découvrir le tourteau de coton. Avec les autres éleveurs de Thiès, il s'agit plutôt de relations concernant les achats et les ventes de bovins. En effet, il explique être parti acheter un bovin pour un voisin.

*« Je n'en parle pas. Ni avec les autres éleveurs, ni avec les vétérinaires...Tous les éleveurs savent les maladies! Tous les membres de la famille parlent de maladies: ceux qui sont dans la cour...les autres sont dans la brousse. Ils font le relais pour amener le troupeau au pâturage. Ce sont mes fils qui gèrent ça : l'ainé qui est berger a 24 ans. »*

*« Je devais l'acheter pour quelqu'un d'autre mais il a eu peur et je me suis engagé car j'ai compris. »*

Il semble qu'il soit l'objet de rivalités ou de jalousie dans son environnement humain à Thiès car il s'est désengagé de l'association suite à une attribution inéquitable de SPAI, des voisins sont allés se plaindre des nuisances engendrés par son élevage à la mairie et ses voisins éleveurs ne lui ont pas parlé des appuis financiers dont ils ont bénéficiés alors qu'il a déclaré avoir besoin de crédit.

*« Diouf, je ne fais que le business avec lui. Je l'appelle, il vient, il soigne, je le paie. Pas de discussion. »*

*« Les voisins n'aiment pas les animaux! Une fois, ils ont réclamé à la mairie car les animaux salissent le quartier. Le chef de quartier m'a appelé. Mais il a dit qu'il faut rester ! Le chef de quartier a dit que les animaux servent à tout le monde. Il faut continuer l'activité d'élevage. Il m-a dit que je rends service au quartier. J'ai donné hier un bovin à crédit hier nuit. Après la cérémonie mortuaire, ils me remboursent. »*

Cependant, cet éleveur a un rôle social très important dans son quartier car non seulement les voisins viennent lui acheter des bovins en cas de cérémonie comme un mariage ou un décès mais en plus, c'est lui qui est sollicité pour transporter les corps des personnes malades ou défrites car il possède un pick up.

| actants               | Autres éleveurs   | vétérinaires  | génétique   | commercialisation  | Alimentation   |
|-----------------------|---|---|---|--|--|
| Identité              | Il fréquente les éleveurs de sa famille en brousse et des amis éleveurs en dehors de Thiès. Il ne côtoie plus les éleveurs de son ancienne association à Thiès.         | Il fait appel à un vétérinaire privé et de manière marginale à l'agent d'Etat.                              | Il achète des taureaux d'embouche de races locales Maure et Gobras pour l'embouche. Dans son lot « naye woro » de gobras, il a introduit un taureau Guzérat.                              | Ses épouses vendent du lait à la maison en saison des pluies. Dans son quartier, les habitants viennent lui acheter des bovins pour les fêtes religieuses et les cérémonies.                 | Il achète l'aliment bétail dans des boutiques en ville. Il ne récupère pas de résidus de récolte donc dépend beaucoup du pâturage naturel. |
| relations, connexions | Il a un réseau de maquignon au niveau des loumas et un réseau d'éleveurs peuhls. La sélection des animaux et les ressources alimentaires sont des sujets de discussion. | Il appelle le vétérinaire privé pour les soins indispensables et l'agent d'Etat passe pour les vaccinations | Il achète de nouveaux bovins d'embouche dès qu'il en vend: c'est à flux tendu ! Pour son lot avec reproduction, il veut rester dans l'esthétique Gobra mais s'autorise à changer de race. | Il a un rôle social important car les gens ont besoin de lui pour acheter les bovins pour les cérémonies et il assure aussi le transport des personnes malades ou décédées avec son pick up. | Il investit dans son stock de SPAI régulièrement.  |
| dynamisme             | ++  | +   | ++  | +  | + à ++   |
| fréquence             | +++   | +   | +   | ++   | +++  |

Tabl. 5 : Caractéristiques des relations de l'éleveur avec les acteurs du réseau socio-technique.

### 3.2 Evolution des pratiques et des performances

Dans son troupeau permanent, il a introduit un taureau Guzérat, pour améliorer la conformation des produits. Il a une approche d'amélioration génétique par l'ascendance male et femelle puisqu'il a explicité l'apport génétique du père, choisit aussi avec soin les femelles qu'il introduit dans les *naye woro* et parle même de métissage. Mais de manière inhabituelle, il attribue aux veaux la race des mères : ce sont des « *gobours* ». Les aspects culturels peuhls sont très importants à ses yeux : il ne veut pas se contenter d'être un commerçant d'animaux et c'est important pour lui d'avoir des « *naye woro* » de la race « *gobour* » qui est la race élevée traditionnellement par son ethnie. Il valorise aussi les termes pulaar pour les races de bovins, ainsi que les connaissances traditionnelles de la santé animale.

« *Je ne veux pas que vous alliez chez un autre éleveur et qu'il dise que j'ai créé ce mot gobra alors que c'est gobour.* »

Il expérimente des races non traditionnelles mais préfère les races locales car il veut des races compatibles avec son système d'élevage.

« *Je préfère ce dont j'ai l'habitude de faire. Tout en pulaar, doum n'gomi doum bourenimi. Par exemple, si tu poses une question, je te réponds c'est ce que j'ai l'habitude de faire donc je préfère ça.* »

Il a augmenté ses ventes de bovins d'embouche (augmentation de 75% selon l'empilement proportionnel) tout en gardant un nombre fixe de bovins présents sur l'exploitation. Il ne peut pas augmenter ce nombre à cause du voisinage qui se plaint des nuisances. Il essaie de travailler « en flux tendu », en diminuant le temps où l'animal est élevé en ce qui concerne les taureaux d'embouche.

Sa main d'œuvre familiale a augmenté depuis 2010, son neveu est venu travailler avec ses fils.

Il n'a plus de moutons à l'année car il préfère faire du commerce pour la Tabaski avec un temps très court d'élevage.

Son dernier changement de pratique est l'utilisation de tourteau de coton à la place du son.

Synthèse: Les règles de gestion de son troupeau permanent non hérité sont flexibles par rapport aux normes de gestion d'un troupeau *thiossane*. Il investit pour avoir un meilleur géniteur ou pour faire du stock d'aliment. L'enjeu principal de son travail repose sur la recherche dans le réseau traditionnel de marchés hebdomadaires de « *bons animaux* » pour l'embouche.

### 3.3 Perception des actions de l'Etat

Il a une opinion très négative des actions de l'Etat. Il pense que les éleveurs sont une catégorie de professionnels négligés par l'Etat, en particulier « *les pauvres* », catégorie dans laquelle il se place.

Il parle surtout d'un manque de reconnaissance sociale dont souffrent les éleveurs. Les actions qu'il souhaite voir être mises en place en faveur de l'élevage sont:

-1) le subventionnement de l'aliment bétail (et sa distribution en quantité suffisante et de manière équitable).

-2) « *la reconnaissance des éleveurs* » en particulier la protection des aires de pâturages.

En effet, il a perdu une grande partie de sa zone de pâturage car l'Etat a attribué des terres au nord de Thiès à un marabout lors de la GOANA (Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance).

*« Par exemple, les pâturages dans la forêt, ils ont donné tous les terrains. Il n'y a plus d'espace pour le troupeau. Pour conclure, le gouvernement ne fait rien pour les éleveurs, aucune aide. »*

*« Qu'ils reconnaissent les éleveurs, leur valeur et leur place dans la société, qu'ils reconnaissent qu'ils contribuent à la richesse du pays. Les dirigeants ne savent pas la valeur des éleveurs. Je veux qu'on diminue le prix de l'aliment, pendant la saison sèche, qu'ils subventionnent l'aliment. En matière d'élevage, rien n'est gratuit, tout se paie. »*

Concernant l'insémination artificielle, elle n'a jamais été pratiquée sur son troupeau. L'éleveur dit dans un premier temps qu'il voudrait en faire sur 2 vaches car il veut développer une production laitière et il a vu que les produits issus de l'IA ont fait des productions laitières intéressantes à Poniène. Il dit ainsi *« qu'une seule vache permet de gérer la famille »*. Lors du dernier entretien, il a déclaré que l'insémination était profitable pour les éleveurs aisés. Il se place dans la catégorie des éleveurs *« pauvres »*. Cette dénomination *« pauvres »* est chargée de sens, en relation avec la vulnérabilité des éleveurs dans les conflits fonciers (voir Cas de Birame Ba). Comme M. Sow a été confronté à la disparition d'une grande partie du pâturage sur le site qu'il fréquente, il souhaite peut-être que l'Etat perçoive les éleveurs comme une catégorie vulnérable, dont les intérêts doivent être protégés.

*« Ce n'est pas pour les pauvres. Il faut beaucoup d'argent pour les nourrir et s'occuper d'eux. Les métis ne doivent pas aller dans la forêt pour se nourrir, ils doivent être enfermés et qu'on s'occupe d'eux. Nous n'avons pas les moyens de production pour s'occuper d'eux. »*

*« Quand je vaccine les animaux, ils me font payer. L'alimentation ce n'est pas gratuit. Par exemple, les pâturages dans la forêt, ils ont donné tous les terrains. Il n'y a plus d'espace pour le troupeau. Pour conclure, le gouvernement ne fait rien pour les éleveurs, aucune aide. »*

#### 3.4 Typologie du système de production et trajectoire

Cet éleveur appartient au groupe des éleveurs de Gobras dans une zone sans risque trypanosomien (bloc 4). Bien que la rentabilité de son exploitation dépende essentiellement du commerce de bovins, il accorde de l'importance à son identité d'éleveur peuhl traditionnel et élève pour cela un troupeau permanent.

*« Le gobour peut être appelé peuhl-peuhl ! Les nars (maures/ arabes) élèvent des zébus nars ; les peuhls élèvent le gobour ou zébu peuhl-peuhl. »*

Cet éleveur-commerçant de bétail a une nette préférence pour la race Gobra élevée traditionnellement par sa famille mais il a introduit un géniteur Guzérat qu'il juge compatible sur l'esthétique. Pour l'embouche, il achète aussi la race Maure. Il ne veut pas augmenter ses investissements et pense que la race Gobra est la plus adaptée à son mode d'élevage. C'est un éleveur assez méfiant du milieu associatif, des autres éleveurs à Thiès et des services

vétérinaires aussi bien publics que privés. Son réseau de dialogue est plus développé en dehors de Thiès vers le Nord et aussi au niveau des loumas et c'est un milieu traditionnel.

Synthèse: Bien qu'étant en zone urbaine, cet éleveur a une vision très traditionnelle de son activité basée économiquement sur le commerce de bovins. Il va probablement continuer à élever son noyau de Gobras métissé avec la race Guzérat pour la reproduction et un mix de Gobras et de zébus maures pour l'embouche avec un effectif stable. Ses investissements sont dirigés vers la supplémentation alimentaire et vers les bovins de qualité (« *les bons animaux* »). Il compte sur la rusticité des races locales, en particulier de la Gobra, pour faire face aux contraintes sanitaires.

Entretien du 23/01/14, traduction assurée par le fils de l'inspectrice départementale  
«E. *Deux de mes animaux nouvellement achetés ont le Safa (fièvre aphteuse). Ils viennent du Fouta. Ils ont été achetés au louma de Galoé. J'en ai acheté 12 males entre 6 mois et 2 ans, des gabours [race locale], pour l'engraissement. Ils sont au pâturage. J'achète les animaux juste pour les revendre, je peux les revendre à n'importe quel moment.* »

T. Comment les choisissez-vous ?

« *ca dépend des compétences des bêtes....Je prends celles qui sont en forme pour pouvoir les revendre rapidement. Le prix, ça varie entre 130 000 et 150 000Fcfa...minimum 120 000Fcfa jusqu'à 175 000Fcfa. J'ai acheté en 3 catégories : ceux à 150 000Fcfa qui ont moins de 3 ans, ceux entre 150 et 175 000Fcfa qui ont plus de 3 ans et enfin j'en ai pris deux à 180 000Fcfa qui ont 3 ans et demi.* »

« *Galoé c'est entre Richardtoll et la Mauritanie* ».

T. Quelles races achetez-vous ?

« *Les gobras. Je ne connais que les gobras. Si ces bêtes là ne mangent pas, elles maigrissent très vite. Les gobras ont souvent la fièvre aphteuse. Cette race est héréditaire chez nous. Mon père et mon grand-père préféraient cette race là ! Tamou doum bourenimi ! Les autres races sont bonnes mais je préfère les gobras. Il y a d'autres races plus améliorées que les gobras, comme celle des mauritaniens. C'est une vieille habitude.* »

T. Parlez-nous des autres races...

« *La race mauritanienne : je ne connais pas grand-chose, je ne l'ai jamais élevée.* »

T. Est-ce que vous voulez élever d'autres races ?

« *Je vais rester fidèle aux gobras.* »

T. Est-ce que vous connaissez *moussane* ou une maladie qui fait maigrir les animaux, avec les poils dressés sur le dos et perte de poils au niveau de la queue ?

« *Non, je ne la rencontre pas.* »

T. Parlez-moi des loumas, comment vous les choisissez ?

« *Ca dépend de l'offre. Je préfère acheter là où il y a plus d'animaux, même si c'est plus loin.* »

T. Où allez-vous le plus souvent ?

« *Ca dépend de la période, du pâturage et de l'eau. Par exemple, si dans la zone Nord il y a plus de pâturage, je préfère aller dans le Nord pour avoir plus d'animaux et de meilleurs animaux. Je ne suis jamais allé plus loin que Tassette, au sud.* »

T. A quelle fréquence y allez-vous ?

« *Ca dépend des ventes. Si demain je vends, j'y retourne. Des fois, j'y vais chaque semaine. Mais si je ne vends pas, je n'y vais pas. Ca dépend des évènements, le Gamou, le Magal, la Tamkharit...Je n'écris pas...Chez les peuhls, nous ne disons pas le nombre de nos bêtes. Par exemple, là, je viens d'acheter 12 bêtes, si j'en vends 7, j'en rachète 7. Quand je vends, je les remplace.* »

Nous sortons voir les veaux dans la cour: 4 veaux gobras de 9-10 mois (une femelle, 3 males).

T. Avez-vous des préférences de robe, de couleur?

« *Non, je n'ai pas de préférence de couleur, ce sont les couleurs des gobras.* »

T. Qu'est ce que vous leur donnez à manger?

« *Je leur donne du son de mil dans l'eau.* »

« *Il y a un troupeau permanent. Les naye woro, ce sont les femelles qu'on ne vend pas. Il y a aussi un géniteur que je ne vends pas. Mon taureau a 5 ans.* »

T. A quel âge vendez-vous les animaux nés ici?

« *Ca dépend pour la vente...Je ne vends que les males. Je ne les garde pas si je trouve des clients. Généralement, après 2-3 ans...* »

T. quelles sont les races que vous avez ?

« *Le taureau est gouzérat. En 2013, j'ai perdu 3 taureaux maures à cause de sibirou. 2 avaient 3 ans, et un avait 4 ans.* »

T. Est-ce qu'il y a eu des morts en ce qui concerne les veaux?

« *Non, pas de morts, pas d'avortements.* »

T. Avec qui parlez-vous d'élevage, des problèmes que vous rencontrez?

« *Je n'en parle pas. Ni avec les autres éleveurs, ni avec les vétérinaires...Tous les éleveurs savent les maladies! Tous les membres de la famille parlent de maladies: ceux qui sont dans la cour...les autres sont dans la brousse. Ils font le relais pour amener le troupeau au pâturage. Ce sont mes fils qui gèrent ça : l'aîné qui est berger a 24 ans.* »

T. Si vous avez un problème de santé avec qui en parlez vous?

« *Chacun gère ses affaires dans son coin! Je connais toutes les maladies.* »

T. Et pour les traitements traditionnels?

« *Les feuilles de Nep Nep, on en trouve dans les loumas...Il y en a aussi dans le quartier (il me montre un arbre à 50 m de la cour). C'est ça !* »

« *Des fois, j'appelle le vétérinaire, je lui explique, il me donne les médicaments.* »

T. Avec qui travaillez-vous?

« *Le privé c'est Diouf. J'avais commencé avec Diallo, mais maintenant je suis avec Diouf: il est plus dynamique, plus disponible. Même si je l'appelle maintenant, il vient en 30 mn alors que l'autre demandait qu'on apporte les animaux à la clinique.* »

T. Est-ce que vous achetez des vaches?

« *Lorsque je venais d'arriver, c'est à ce moment-là que j'ai acheté des vaches. Je n'en achète pas.* »

T. Comment décidez-vous de les vendre?

« *Je les réforme vers 10 ans, lorsque la dentition tombe, lorsqu'elles commencent à vieillir.* »

T. Et en 2013, combien en avez-vous vendues?

« *C'est héréditaire de ne pas donner le nombre d'animaux. Je ne le dis même pas aux membres de la famille. Par exemple, si je vais voir les services vétérinaires, pour payer un*

*vaccin, si le prix doit être à 50 000Fcfa, je préfère payer 70 000Fcfa pour ne pas faire compter mes animaux. »*

T. Donc, vous allez juste me donner des proportions, pas les vrais chiffres. Si, en 2010, vos ventes de bovins faisaient 20 cailloux, combien de cailloux font vos ventes en 2013?

*« Si en 2010 je vendais 20 animaux d'embouche, en 2013, ils faisaient 35. Le nombre d'animaux dans le troupeau né ici a diminué en 2013 car c'était une bonne année. J'ai vendu beaucoup. Sur les 20 présents en 2010, il en reste 9 en 2013. J'ai vendu les vieilles vaches. Pendant l'année 2013, il n'y a eu que 4 naissances.*

*Combien de temps faut-il laisser le veau? Par exemple, si la vache fait naître un veau, qu'est ce qui peut diminuer le lait de la maman? »*

réponse: Le plus important c'est l'alimentation. Effectivement, en fin de gestation le lait de la mère diminue naturellement.

T. En cas de problème comme *sibirou*, est ce que vous faites appel au vétérinaire?

*« Je ne montre pas les animaux atteints de sibirou au vétérinaire. C'est comme pour fet, il ne faut rien injecter à l'animal sinon il va mourir. Je le mouille pour le refroidir. »*

T. Et est ce que vous avez des problèmes avec les tiques?

*« Les tiques, cela fait beaucoup de dégâts... surtout les maladies de peau. Les tiques sont dans le troupeau en permanence car se cachent dans le sol. Je traite tous les 15 jours. »*

T. Avec qui discutez-vous de ces problèmes?

*« Nous sommes chez nous et c'est chacun pour soi. Je ne veux pas que quelqu'un d'autre s'en mêle. »*

T. Où faites vous vos achats d'alimentation?

*« Je vais au marché de Thiès, je n'ai pas de fournisseur fixe. Ca dépend de la quantité que je veux. Chez les vendeurs si tu viens souvent, ils baissent le prix. »*

T. Et au niveau des ventes?

*« Le prix des animaux vendus a augmentés. Ca dépend du poids de l'animal car le prix n'est pas fixe. »*

T. Par exemple, pour un animal de 250 kg?

*« Je ne connais pas le prix...Un taureau de 4 ans fait 350 000 à 400 000Fcfa. Dans le marché local, si un kg de viande faisait 1800 Fcfa/kg en 2010, maintenant il fait 2400Fcfa. Le prix de la viande au Kg a augmenté. »*

T. Donc vous dites que 2013 a été une bonne année pour les ventes ?

*« Ca dépend du pâturage. S'il y a eu une bonne saison des pluies. En 2013, on a eu une très bonne saison sèche ( ?) , mais en 2014... »*

T. En 2014, il n'y a pas encore eu de SP...

*« Non, en 2010, 2011 et 2012, il y a eu plus de pluies. 2013, pas de bonne SP! Le pâturage n'est pas assez abondant. »*

T. Où vont pâturer les animaux ?

*« Ils vont jusqu'à Fandène. »*

T. Quelles sont les actions de l'Etat en faveur de l'élevage ?

*« Quand je vaccine les animaux, ils me font payer. L'alimentation ce n'est pas gratuit. Par exemple, les pâturages dans la forêt, ils ont donné tous les terrains. Il n'y a plus d'espace pour le troupeau. Pour conclure, le gouvernement ne fait rien pour les éleveurs, aucune aide. »*

T. Que devrait faire l'Etat ?

« *Qu'ils reconnaissent les éleveurs, leur valeur et leur place dans la société, qu'ils reconnaissent qu'ils contribuent à la richesse du pays. Les dirigeants ne savent pas la valeur des éleveurs. Je veux qu'on diminue le prix de l'aliment, pendant la saison sèche, qu'ils subventionnent l'aliment. En matière d'élevage, rien n'est gratuit, tout se paie.* »

T. Avez-vous entendu parler d'insémination artificielle ?

« *Ce n'est pas pour les pauvres. Il faut beaucoup d'argent pour les nourrir et s'occuper d'eux. Les métis ne doivent pas aller dans la forêt pour se nourrir, ils doivent être enfermés et qu'on s'occupe d'eux. Nous n'avons pas les moyens de production pour s'occuper d'eux.* »

T. Est-ce que vous travaillez avec Awa Sarr ou Camara ? »

« *Je n'ai vu Camara qu'une seule fois, c'était pour l'enquête. Awa Sarr elle passe pour vacciner.* »

T. Et les autres véto ?

« *Diouf, je ne fais que le business avec lui. Je l'appelle, il vient, il soigne, je le paie. Pas de discussion.* »

T. Et d'autres personnes ? La famille ?

« *J'ai des frères mais ce sont des commerçants, pas des éleveurs.* »

T. Avez-vous qqch à demander ?

« *J'ai une déclaration à faire. Ce qui me gêne, c'est que bcp d'agents vétérinaires font des enquêtes, prennent mon temps, des infos et ne me donnent rien pour m'aider. Je voudrai plus de considération.*

*Même si on ne les cède pas, ils pourraient nous donner des fonds pour travailler et après nous payons la dette.* »

T. Connaissez-vous des associations ?

« *Je faisais partie d'une association, mais je suis parti. Si on ne te donne seulement 3 ou 4 sacs d'aliment, cela ne sert à rien. Tu attends 8 ou 10 h pour finalement n'avoir que 4 sacs alors qu'un éleveur qui n'a que 2 vaches pour repartir avec 6 ou 7 sacs. La répartition n'est pas juste. Ce n'est pas équilibré. Il est plus facile d'aller dans une boutique que d'aller aux distributions par l'Etat. Ce n'est pas équilibré. Comme je ne fais plus partie d'une association, je ne les connais pas.* »

T. A Cayar, ils font des inséminations grâce à leur association...

« *Il n'y a pas beaucoup de différence. Il n'est pas avantageux d'avoir des veaux métis car il me faudra beaucoup de frais...Avec mon niveau de dépenses, c'est plus avantageux d'avoir des animaux locaux.* »

T. Merci beaucoup pour le temps que vous m'avez consacré !

« *Je suis heureux de vous avoir accueillie et j'espère que vous allez trouver des solutions pour améliorer l'élevage dans les Niayes.* »

entretien du 02/04/14

Après les salutations d'usage, la conversation commence entre l'inspectrice départementale et l'éleveur au sujet de l'accès à l'aliment bétail en fin de saison sèche:

T : « La campagne de pérennisation de l'aliment bétail à moindre coût a commencé. Il sera disponible à des prix compétitifs.

« Nous voulons avoir quelques informations supplémentaires...Vous avez dit que le troupeau permanent s'appelle naye woro ? C'est nage ou naye ? »

E: *« Les naye woro ce sont les vaches que l'on a achetées et laissées au niveau de la maison. Les nagou thioissane n'existent pratiquement plus car nous avons acheté les animaux. Les nagou thioissane ce sont les vaches ancestrales, les naye woro les animaux achetés. On dit nage pour une seule vache, sinon c'est naye. »*

T. Oui, mais vous dites que vous élevez des gobras car c'est la race élevée par votre père et votre grand-père ?

*Pour les naye woro, tu achètes donc tu peux acheter n'importe quelle race. Pour le thioissane, c'est la race que tu as trouvée.*

T. Comment appelez-vous les taureaux qui sont dans le 2<sup>ème</sup> enclos ?

*Ce sont les naye tiourgal (pulaar) ou nago tiourgal (wolof).*

T. Quelles sont les races que vous connaissez ?

*Il y a les gobours, les pakistans et les hollandes, je ne connais que 3 races...Les nars, les nago pompés, la race gouzérat et les gobour (l'agent traduit simultanément par gobra). Il ne faut pas dire gobra mais gobour. Je ne veux pas que vous alliez chez un autre éleveur et qu'il dise que j'ai créé ce mot gobra alors que c'est gobour.*

T. Votre taureau est gouzérat, vos vaches sont gobours, et vos veaux ?

*Les veaux sont gobours comme leurs mères.*

T. Est-ce que vous achetez des femelles pour les mettre dans le troupeau naye woro ?

*Oui, cela dépend des possibilités, quand j'ai les moyens je le fais.*

T. Et en 2013 ?

*Non, je n'ai rien acheté.*

Q. Et le taureau ?

*Je l'ai acheté pour le métissage.*

T. En quelle année ?

*Il a fait 3 ans ici. Il a 5 ans maintenant.*

T. Où l'avez-vous acheté ?

*A Bambey mais il vient de Daara.*

T. C'est dans un louma que vous l'avez acheté ?

*Oui.*

T. Par qui a-t-il été vendu ?

*Il a été vendu par un dioula, un commerçant. Un bana bana c'est celui qui achète et qui vend des fruits. Le dioula il achète et vend les animaux.*

T. C'est la première fois que vous avez un gouzérat ?

*Oui.*

T. Comment l'avez-vous choisi ?

*Quand je l'ai vu, j'ai compris. Je devais l'acheter pour quelqu'un d'autre mais il a eu peur et je me suis engagé car j'ai compris. Je l'ai acheté à 310 000F.*

T. L'autre éleveur a eu peur ?

*Il a eu peur à cause du prix élevé. Mais quand je suis revenu et qu'il a vu comment il est développé, il a voulu changer d'avis. Le gars voyait le côté embouche et donc il a eu peur du prix mais moi j'ai vu le sang. Quand je suis allé au louma (marché), ce n'était pas le but de mon voyage mais j'ai sauté sur l'occasion.*

Contexte : Un voisin vient lui annoncer un décès et le sollicite pour qu'il emmène le corps dans son pick up à la morgue. L'entretien doit être abrégé.

T. Pour conclure sur 2013, est ce qu'il y a eu des achats ou des mortalités ?

*Non, pas d'achat et pas de pertes.*

T. Est-ce que vous avez entendu parler de FondsStab ?

*Non pas du tout ! »*

L'agent présente les principes du financement Fonds Stab, le taux d'intérêt avantageux et lui dit qu'elle va l'aider à postuler si cela l'intéresse. Elle ajoute que deux éleveurs du quartier en ont bénéficié mais il répond que les voisins ne lui en ont pas parlé.

Enfin, il s'excuse de partir précipitamment mais « *s'il continue, les voisins vont dire qu'il ne s'intéresse pas à leurs problèmes* ».

En sortant dans la cour, il nous montre ses veaux et désigne les quatre qui sont nés dans son troupeau. Il y a deux autres veaux gobours âgés d'environ un an, et 3 jeunes taureaux, un nar (zébu maure) et deux gobours. Il explique que parmi les deux veaux qui ne sont pas nés chez lui, il en a un en confiage et l'autre il l'a acheté pour l'engraisser. Les 3 jeunes taureaux sont en confiage.

Entretien du 03/04/14 avec l'inspectrice départementale

Lorsque nous arrivons dans la cour familiale, les enfants sont en train de charger des sacs de fumier sur une charrette à âne.

En début de séance, l'inspectrice départementale est sollicitée au téléphone par le préfet et le gouverneur pour trouver une solution à un éleveur dont les chameaux ont été confisqués par la douane en dehors de la zone sylvo-agro-pastorale.

L'éleveur nous reçoit en présence d'un ami éleveur peuhl, il le présente :

*« C'est un éleveur qui habite Walo, après la région de Louga, dans le village de N'diaye Peuhl.*

T. Nous voulons mieux connaître votre troupeau permanent. Vous avez dit hier que vous avez choisi votre taureau gouzérat sur la base de son grand format ?

*Oui, je l'ai choisi car je veux que la descendance ressemble à leur père !*

T. Et pour les femelles, vous avez dit qu'il vous arrive d'en acheter...

*Quand je les vois, je sais ce que je veux.*

T. Comment les choisissez-vous ?

*Pour les femelles, quand je les vois, je comprends avec la carcasse. Même si elle est en bonne santé ou si elle est malade, je peux le savoir à vue d'œil.*

T. Vous les choisissez sur le format et leur bonne santé...

*Le fait que l'animal a bien tété, qu'il a été bien nourri avec le lait, je vais le savoir. S'il n'a pas été bien nourri dans son enfance, il ne sera jamais bien. Je le sais grâce à mon expérience. Je regarde la base des cornes, le front ! La forme du front et la base des cornes me permettent d'identifier un bon animal. C'est bon quand le front est bombé. La base doit être grosse. Au niveau de la corne, si elle est lisse, c'est un bon animal. Si ce n'est pas lisse, c'est un mauvais animal.*

T. Et pour les animaux du tiourgal, c'est la même chose ?

*Par contre, chez les tiourgal, c'est la masse musculaire qu'on recherche. C'est la viande, pour la consommation.*

T. Que pensez-vous des bovins nar ?

*Dans le tiourgal, si je vois de bons bovins nar, j'achète! Tout dépend de la qualité !*

A ce moment-là, son ami intervient dans la discussion :

*« Le gobour peut être appelé peuhl-peuhl ! Les nars (maures/ arabes) élèvent des zébus nars ; les peuhls élèvent le gobour ou zébu peuhl-peuhl ! »*

T. Et la race pakistanaise ?

*Ce sont des animaux de grand format. Je l'aime car quand il faut le vendre, ça rapporte beaucoup d'argent ! L'hollandais, il y a le facteur lait.*

T. Vous avez des pakistanaise ?

*Je le connais mais je n'en ai pas !*

T. Vous dites que vous n'en avez pas ?

*Le pakistanaise fait partie de la famille des boucherats (gouzérats), mais le boucherat est plus intéressant !*

T. Et les nago pompé ?

*Les hollandais ! Le produit ressemble aux animaux dessinés sur les pots de gloria. Ils n'ont pas de cornes. Il ressemble au zébu nar mais il produit beaucoup de lait.*

T. Maintenant, j'aimerais que vous me classiez les races de la race la meilleure en production de viande à la moins bonne ?

*En un, le bouchérat, puis le male gobour, après le pakistanaise, puis le hollandais et enfin le N'dama.*

Son ami ajoute :

*« Pour moi, c'est le hollandais, puis le gouzérat, enfin le gobour enfin le N'dama. »*

T. Et pour la production de lait ?

*En un le hollandais, puis le gobour, enfin le nar et en dernier le N'dama.*

*Mais ça c'est pour la quantité, mais ce n'est pas la même chose pour la qualité ! Pour la qualité, c'est le gobour en premier, puis le nar, le gouzérat et enfin le hollandais.*

T. Et en ce qui concerne l'esthétique ?

*Le gobour est la race préférée. Quand c'est bien nourri, il bat tout le monde ! Il est plus résistant, à la chaleur, à la sécheresse. Il supporte aussi la soif ! Il peut rester une journée sans boire. Après, c'est le boucherat et le nar.*

*Le gobour il est blanc, il est très joli !*

T. La couleur c'est très important ?

*Oui ! En dehors de la couleur, l'animal présente une longue queue, un fanon développé ! Il a de grandes cornes et une grande bosse !*

T. En ce qui concerne la résistance ?

*Le gobour ou peuhl peuhl est plus résistant ! Le nar chaque année il présente des maladies ! Chaque mois, le taureau boucherat tombe malade, il demande beaucoup de soins ! Le gobour peut rester toute son existence sans tomber malade !*

T. Le boucherat est plus fragile que le nar ?

*Le nar se fatigue vite, le boucherat présente souvent le sibirou.*

T. Dans 10 ans, comment voyez vous votre élevage ?

*Je veux être éleveur jusqu'à la fin de mes jours. Même s'il n'y a plus d'espace, je vais continuer et nourrir mes animaux avec ma poche !*

T. En entrant, vos enfants étaient en train de mettre le fumier sur une charrette. Que faites-vous avec?

*Il est donné aux maraîchers du village Keur Saiïb Ndoye au nord de Thiès.*

T. Il est vendu ou échangé?

*Les maraîchers donnent quelque chose aux enfants, de petits cadeaux mais ce n'est pas vendu.*

T. Est-ce que vous les connaissez?

*Je ne les ai jamais vus, les enfants les connaissent. Je ne sais même pas ce que j'en retire. Ce sont des wolofs.*

T. Est-ce que vous avez accès aux résidus des maraîchers ?

*Je n'aime pas les résidus de récolte à cause des produits (pesticides).*

T. Vous enlevez le fumier...

*S'il n'y a pas assez de fumier, ça montre qu'il n'y a pas beaucoup d'animaux. Je veux assez de fumier chez moi car s'il y a assez de fumier cela veut dire qu'il y a beaucoup d'animaux.*

T. Les voisins voient qu'il y a beaucoup d'animaux...

*Les voisins n'aiment pas les animaux !*

T. Les voisins n'aiment pas les animaux.

*Une fois, ils ont réclamé à la mairie car les animaux salissent le quartier. Le chef de quartier m'a appelé. Mais il a dit qu'il faut rester ! Le chef de quartier a dit que les animaux servent à tout le monde. Il faut continuer l'activité d'élevage. Il a dit qu'il rend service au quartier. J'ai donné hier un bovin à crédit hier nuit. Après la cérémonie mortuaire, ils me remboursent.*

T. C'est souvent qu'on vous appelle pour le transport des personnes décédées ?

*C'est fréquent. On m'appelle soit pour le transport des gens morts soit pour les cérémonies !*

T. Comment avez-vous fait pour augmenter vos ventes dans le tiourgal ?

*Je veux que cela augmente davantage.*

T. C'est grâce à quoi ?

*C'est grâce à Dieu ! C'est pas de l'intelligence, c'est grâce à Dieu. Si ça ne tenait qu'à moi, j'allais dépasser ce nombre mais c'est ça que Dieu me donne !*

T. Que veut dire Tama Doum Bourimi (je l'avais noté) ?

*Ce que je préfère. Doum Bourenimi ce que je préfère, Tama en wolof ce que j'ai l'habitude de faire. Je préfère ce dont j'ai l'habitude de faire. Tout en pulaar, doum n'gomi doum bourenimi. Par exemple, si tu poses une question, je te réponds c'est ce que j'ai l'habitude de faire donc je préfère ça.*

T. Pour compléter l'enquête, j'aurai besoin de connaître vos charges familiales...

*Je ne suis pas salarié.*

T. Est ce que vous avez des enfants qui ont des frais scolaires ?

*Je n'écris pas. J'ai deux petits enfants qui vont à l'école publique et les autres vont à l'école coranique. L'école coranique, c'est gratuit.*

T. Et aussi, vous m'aviez dit que vous ne gardez plus de moutons à l'année ?

*E. Si ça dure (sans moutons), c'est que je ne vois pas de clients. Je veux acheter aujourd'hui et vendre demain.*

T. Nous vous remercions. Pour revenir au financement Fonds Stab dont nous vous avons parlé la dernière fois, de nombreux éleveurs en ont bénéficié à Daara, Touba Peuhl...L'Etat intervient pour que les éleveurs bénéficient de taux de prêt préférentiels.

E. *J'ai voulu une fois contracter un prêt, mais la banque m'a demandé une garantie ; j'ai proposé mes animaux comme garantie et la banque a refusé. Elle a dit que les animaux peuvent tomber malades et mourir. Les caisses ont refusé.*

T. Si, l'animal peut servir de garantie !

E. *Ils voulaient un titre foncier comme garantie !*

T. C'est différent dans Fonds Stab, car ils financent les éleveurs. Vous pouvez vous rapprocher de vos voisins qui ont bénéficié de Fonds Stab.

E. *Non, car nous habitons ensemble ; ils ne m'ont rien dit donc je ne vais pas aller me renseigner auprès d'eux...Si la banque me propose quelque chose qui ne m'arrange pas, je préfère ne pas m'engager et travailler seul dans mes activités. Je ne veux pas de prêt collectif non plus car lorsque je m'engage, je m'engage entièrement. Je préfère faire cavalier seul. Je ne veux pas m'associer à quelqu'un et devoir payer pour lui ! Une fois, je l'ai fait ! Et le gars n'a pas remboursé donc je ne vais plus le faire ! Par contre, je voudrai acheter de grandes quantités de repass. J'ai consommé 3 t de repass en 2 mois et j'en veux encore. C'est le tourteau du Mali. J'ai acheté la tonne à 175 000F. Bedji c'est le tourteau, en wolof c'est Korail ; Le tourteau de coton. Si tu mets dans l'eau, ça gonfle. rakal de korail, c'est le tourteau de coton. J'alimente bien mes animaux ! C'est à travers un ami à Tivaouane qui importe du Mali : Modou Ali Niasse, c'est un grand éleveur. Si je peux avoir un prêt, c'est le moment idéal. En saison des pluies, il n'y a pas d'activité ; je vais acheter des animaux et de l'alimentation. La période hivernale, c'est le paradis des éleveurs. Il y a de l'eau, de l'herbe, tout ce que l'on dépense en saison sèche ! En hivernage, je ne dépense pas d'aliment. Les animaux sont beaux à voir, on n'a pas besoin de tourteau, les animaux préfèrent l'herbe verte.*

T. Vous avez dit que vous achetiez tout au long de l'année de l'aliment...

*Depuis que j'ai découvert ça, je suis prêt à acheter encore 3t maintenant ! Les achats dépendent des possibilités !*

T. Depuis combien de temps utilisez-vous le tourteau de coton ?

E. *Depuis l'année dernière...Après la saison des pluies ! Avant j'achetais du son mais je vois que ça c'est plus riche. Je l'ai découvert après la Tabaski !*

T. Est-ce qu'on en trouve toute l'année ?

*On l'importe maintenant. Même dans la brousse, les magasins sont remplis de cet aliment. Il y en a dans les magasins, partout !... Est ce que vous allez voir d'autres éleveurs ?*

T. oui, un autre éleveur de Thiès vers le camp militaire et 8 autres dans les Niayes pour les entretiens répétés. Il y aura des questionnaires pour les autres éleveurs. Je vais faire une réunion avec les éleveurs pour présenter les résultats de l'enquête mais je n'ai pas encore de date. Je vous remercie beaucoup: grâce à vous, j'ai appris beaucoup sur l'élevage dans les Niayes !

## Annexe 2

Etude de cas: élevage de B. B. à Ndoyène (Keur Moussa)

Dates: 17/04/13, 24/05/13, 27/05/13, 18/07/13, 30/10/13, 13/11/13

### 1. Objectifs, historique et moyens de production

#### 1.2 Objectifs personnels

Les objectifs personnels de M. B. pour l'élevage sont: subvenir aux besoins de la famille en améliorant la productivité et pratiquer la tradition peuhle.

M. Ba est peuhl et possède un troupeau *tyosaan* de Djakorés qu'il a reçu en héritage. Il envisage d'élever des races exotique (Guzérat) et locale (Gobra) plus productives (trypanosensibles) et de réduire la taille du troupeau face au manque de ressources naturelles (« il n'a plus d'espace »). Il a en effet pratiqué des IA en Holstein en 2011 (campagne GOANA) et acheté des géniteurs de race exotique (Guzérat), ce qui montre un changement de normes sociales pour la gestion du troupeau par rapport aux règles ancestrales. Il dit qu'il pratique ce métier car c'est le seul qu'il ait appris et qu'il a reçu un troupeau en héritage. Il déclare aussi que, face aux difficultés, il envisage que ses enfants fassent un autre métier. Il semble donc que l'objectif de sécurité économique de la famille soit devenu prépondérant devant celui de l'identité peuhle qui reste en filigrane.



Fig. 1: Troupeau de Djakorés au paturage dans la commune de Keur Moussa (gauche) et veaux Djakorés au parc de nuit (droite).

#### 1.6 Historique et présentation synthétique de l'élevage

Cet éleveur peuhl de 42 ans vit dans une concession familiale avec ses parents et ses frères ; ces derniers ont un troupeau *tyosaan* séparé. Son père est le président de la communauté rurale de Keur Moussa et est membre de la Fédération des Eleveurs Indépendants et Transformateurs Laitiers du Sénégal (FEITLS) en qualité de président du département de Thiès: il est « le conseiller de tous les éleveurs de la région ». B. est membre d'un GIE créé récemment (2010) et dont son frère est le président mais ce GIE n'est pas encore fonctionnel au début des entretiens en 2014. En 2015, les premières activités concernent la distribution d'aliment concentré à moindre coût et la négociation avec les agrobusinessmen de la commune pour l'accès aux résidus de récolte.

Deux de ses fils travaillent comme bergers pour lui. En saison sèche, il travaille comme employé dans les vergers ou les aires de maraîchages car « le troupeau ne nourrit pas

assez ». Il cultive ses propres champs en saison des pluies. Cette activité d'agriculture a augmenté mais reste une activité secondaire par rapport à l'élevage.

Les conflits avec les agriculteurs à cause des dégâts dans les cultures sont réguliers et il déclare qu'ils constituent une contrainte majeure pour son élevage. Au niveau stratégique, il envisage d'intensifier la production et de réduire la taille du troupeau (cet objectif de réduction d'effectif pour un troupeau *tyosaan* est contraire aux objectifs culturels et ne correspond pas à sa pratique actuelle observée).

### 1.7 Composition familiale et répartition des tâches

Il a pris une seconde épouse en 2011. Cela implique que la pression est encore plus grande pour augmenter les moyens de production/les revenus. La première possède des bovins qui sont chez ses parents (pour avoir le contrôle de son patrimoine). La deuxième épouse a laissé les bovins de sa dot dans le troupeau. Les enfants prendront les bovins donnés en héritage au moment du mariage, quand ils commenceront à travailler.

Il n'a pas d'employés permanents mais il prend un journalier ponctuellement lorsque la charge de travail est importante. Il a 8 enfants. Deux de ses fils sont bergers. Depuis 2010, son neveu qui était berger est parti et a été remplacé par un de ses fils. Il a 3 enfants scolarisés et 3 autres petits (donc 6 à charge).

L'approvisionnement en eau du troupeau est une lourde charge de travail quotidien qui préoccupe beaucoup cet éleveur. Il a accès à l'eau au robinet au milieu du champ de son père : il doit transporter l'eau pour ne pas faire de dégâts aux cultures et doit payer à son père sa part de consommation que ce dernier règle à la SDE (Sénégalaise des Eaux).

Son père a des champs de case distincts de ses champs.

Il vit dans la cour familiale avec la famille élargie. Les repas sont pris en commun. Il y a deux troupeaux *tyosaan* conduits séparément. Dans le troupeau du patriarche (le père de B.), il y a les bovins de la mère, ceux des deux frères enseignants dont l'un est marié, ceux des deux frères éleveurs dont l'un aussi est marié (avec un enfant en bas âge), et les bovins des deux belles sœurs et ceux des deux sœurs qui sont écolières (l'une à l'école catholique, l'autre à l'école coranique).

Dans cette concession vivent aussi deux frères apprentis chauffeurs dont l'un est marié avec un jeune enfant.

Bilan : Dans cette famille élargie, B. est le fils aîné et est celui qui a le plus de charges familiales. Il est indépendant au niveau de l'organisation du travail.

| activités              | Hommes mariés | Femmes mariées | Jeunes hommes | Jeunes femmes | enfants |
|------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------|
| Eleavage Bovins        | 1             |                |               |               | 2       |
| Elev petits ruminants  |               |                |               |               |         |
| Vente lait             |               |                |               |               |         |
| Aide élevage           |               |                |               |               |         |
| Emploi extérieur       |               |                |               |               |         |
| Ecole payante (charge) |               |                |               |               | 3       |
| Au foyer (charge)      |               |                |               |               | 3       |
| Mère au foyer          |               | 2              |               |               |         |
| Aide ménagère          |               |                |               |               |         |
| total                  | 1             | 2              |               |               | 8       |

Tableau 1 : Composition du foyer de M. B. B. (11 personnes)

### 1.8 Equipement

Il possède très peu de matériel et aucune technologie moderne. Il a une charrette à âne pour apporter le fourrage et l'eau au troupeau.

Le travail agricole est réalisé manuellement. L'éleveur explique qu'il a fait un mauvais choix technique en achetant une charrue confectionnée par un forgeron. Il doit maintenant « se débrouiller ».

### 1.9 Productions végétales et alimentation animale

Il a acheté 2,5 ha de terres dont le titre de propriété est en cours d'acquisition. Il cultive seulement 1,5 ha en céréales (maïs et manioc) dont les résidus de culture sont pâturés par le troupeau. Tout le travail agricole est réalisé à la main, sans traction animale.

Il utilise son fumier pour ses propres champs. En 2013, il n'y a pas d'arrangements avec les agriculteurs et selon lui il n'y a avec eux « que des problèmes ». En 2015, l'association a négocié un accès pour ses membres aux champs (haricot et maïs) d'un exploitant agricole européen.

Cet éleveur a un problème très important d'accès à l'eau pour l'abreuvement des animaux en saison sèche. Il doit utiliser 2 bassines d'eau de la SDE par tête et par jour, soit 100F/bovin/jour en saison sèche et transporter cette eau avec la charrette. Le parc de nuit est situé de manière saisonnière à 3 Km de la concession.

Pendant 3 mois de la saison des pluies, il n'effectue aucune dépense en alimentation. Mais le reste de l'année, il dépense 150 000Fcfa/ mois de tiges de maïs et 120 000Fcfa d'aliment bétail pour 2 mois s'il y a des tiges de maïs ou par mois dans le cas contraire. Les dépenses d'alimentation ont augmenté en relation avec l'augmentation de l'effectif. Il explique aussi qu'il arrive à mieux nourrir ses animaux en saison sèche, en période de soudure, par rapport à 2010 et que la reproduction s'est améliorée (le taux de vêlage). Les tiges de maïs sont achetées à un producteur français (R., société Soleil Vert) à un prix entre 40 et 60 000 Fcfa l'ha. L'éleveur trouve ce prix cher mais apprécie cet accord : il a de plus accès à un forage sur cette exploitation agricole qui se situe à 2 km de la concession. Les champs de maïs ne sont pas clôturés et sont quelquefois l'objet de dégâts liés à l'intrusion du troupeau.

De plus, ces résidus de culture sont très appréciés des éleveurs (les éleveurs des études de cas de Pout et de Diacksaw peuhl s'approvisionnent chez ce même producteur) : il y a une concurrence entre les éleveurs qui se traduit par l'intention du GIE d'avoir le monopole pour l'accès aux tiges de maïs de cet exploitant.

#### Conclusion partie moyens de production:

Cet éleveur peuhl n'a pas fait d'investissement dans le matériel et les technologies. Il a un troupeau *tyosaan* en ce qui concerne les règles d'héritage familial mais il innove sur la gestion de la génétique. Il a acheté des terres mais pas suffisamment pour éviter les importantes contraintes liées au foncier que sont les conflits avec les agriculteurs (dégâts des champs), le manque de fourrage et les difficultés d'abreuvement du troupeau (coûts et transport). Il achète du fourrage et des concentrés pendant 9 mois sur 12. Il a choisi la diversification vers l'agriculture en relation avec des contraintes trop fortes pesant sur son activité d'élevage.

#### 4. Composition du troupeau et stratégie de production

##### 2.7 Le cheptel multi-espèces

Il fait de l'embouche/commerce de moutons pour l'Aïd El Kébir (55 têtes achetées à 40 000 Fcfa et vendues à 50 000 Fcfa l'an dernier) mais ne garde qu'un petit noyau d'ovins (5 femelles reproductrices sur 8 têtes) à l'année. Son troupeau permanent a été réduit suite à de fortes mortalités.

Il a 15 caprins dont 9 femelles reproductrices. Il a abattu l'an dernier 2 chèvres et 2 moutons.

Il a un âne pour la traction.

En 2013, il a un troupeau *tyosaan* de 33 têtes de race Djakorée majoritairement avec cependant un taureau métis Djakoré-Holstein, une génisse Gobra, deux vaches et un taureau Guzérat.

##### 2.8 Les flux de bovins

Il y a une augmentation de la taille du troupeau de 79% par rapport à 2010. Le bilan des flux de l'année passée ainsi que la comparaison des pyramides des âges entre 2010 et 2013 montrent que le troupeau est en forte augmentation de son effectif alors que l'éleveur insiste sur la croissance des contraintes pesant sur son élevage et que l'objectif qu'il avance est de réduire le nombre de têtes. Il évoque (sans parler directement de l'augmentation de l'effectif) la nécessité de subvenir à l'augmentation des charges familiales, un deuxième mariage ayant été contracté en 2011 (polygamie). La dot du mari à sa femme est un taureau et une vache (qui sont restés dans le troupeau).

Lorsqu'il vend un taureau de réforme (vers 4-5 ans), il achète systématiquement une génisse et utilise les gains restants pour acheter de l'aliment bétail.

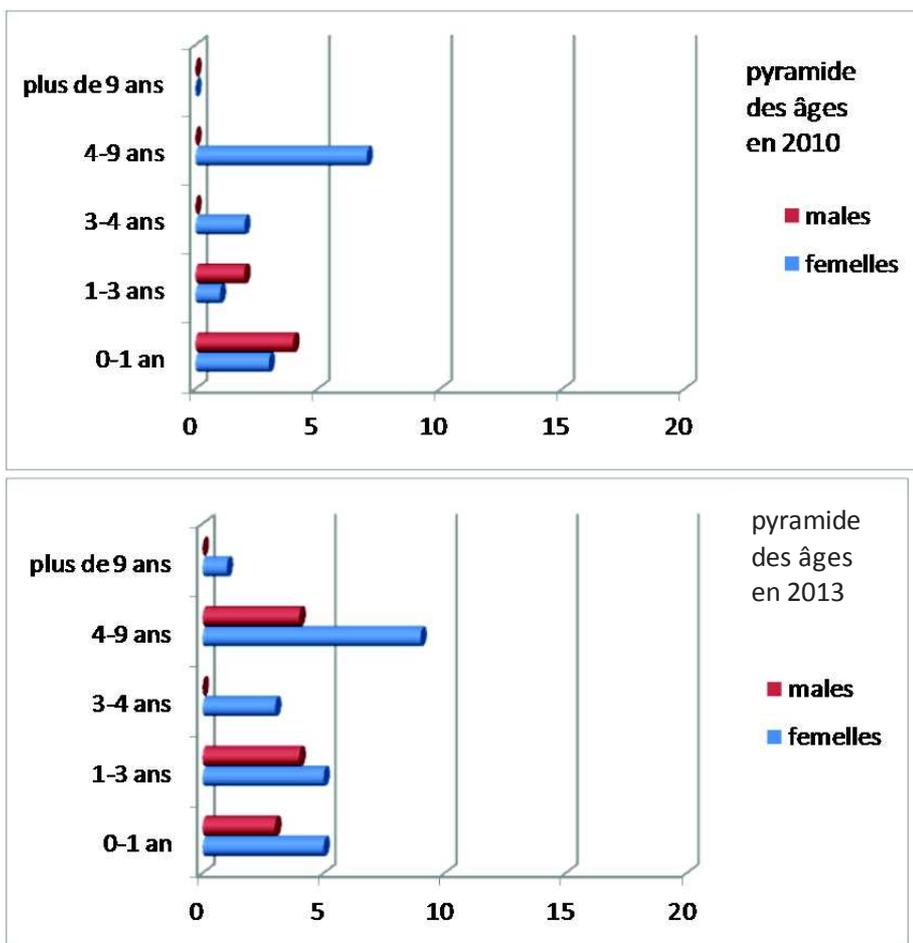


Figure 2 : pyramides des âges du troupeau tyosaan de B. B. en 2010 et 2013

| Flux                       | Veaux | velles | génisses                       | taurillons | vaches                | taureaux                         |
|----------------------------|-------|--------|--------------------------------|------------|-----------------------|----------------------------------|
| mortalité                  |       | 2      | 1                              |            |                       |                                  |
| Vente (Réforme planifiée)  |       |        |                                |            | 1 vache (100 000fcfa) | 1 taureau de 4 ans (330 000Fcfa) |
| Vente (Mauvais état)       |       |        |                                |            |                       |                                  |
| Vente (Trésorerie urgente) |       |        |                                |            |                       |                                  |
| Achat                      |       |        | 1 gobra de 2 ans (160 000Fcfa) |            |                       |                                  |
| vol                        |       |        |                                |            |                       |                                  |
| Naissances                 | 3     | 5      |                                |            |                       |                                  |
| Total flux                 | 3     | 5      | 2                              |            |                       | 1                                |

|                    |    |    |   |   |    |    |
|--------------------|----|----|---|---|----|----|
| Résultat flux (+4) | +3 | +3 | 0 | 0 | -1 | -1 |
|--------------------|----|----|---|---|----|----|

Tableau 2 : Bilan des flux des bovins par type (entrée, sortie) et motif des ventes

## 2.9 Les ventes

Le lait est vendu au village d'à côté (Keur Moussa) soit frais soit sous forme de lait caillé. Les femmes vendent le lait le matin à 500Fcfa, les hommes le soir à 400Fcfa. Les acheteurs sont des particuliers. L'éleveur estime que le lait se vend mal car la demande est faible (« les gens n'ont plus d'argent »). Les ventes marchent bien pendant le ramadan. L'autoconsommation est de 3 à 3,5L/j. En saison des pluies, environ 10L sont vendus par jour et 1 à 5L/j en saison sèche. Les bovins sont vendus sur pied à des particuliers ou à des bouchers.

## 2.10 Perceptions des races

Les éleveurs ont classé les races selon 3 critères : l'esthétique, la productivité (mixte) et la rusticité (résistance aux contraintes pathologiques locales).

| Position dans le classement | Esthétique        | Productivité (mixte) | Rusticité         |
|-----------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| Première                    | Guzerat           | Guzerat              | Djakoré           |
| Seconde                     | Gobra             | Gobra                | Guzerat           |
| troisième                   | Djakoré           | Djakoré              | Gobra             |
| quatrième                   | Races européennes | Races européennes    | Races européennes |

Tableau 3 : classement des races en fonction des 3 critères : esthétique, productivité, rusticité.

La race Djakoré est appelée par l'éleveur N'dama ou race « de la Casamance » alors qu'elle est issue du métissage avec des N'dama: elle constitue l'essentiel de son troupeau et il l'apprécie pour sa rusticité qui est actuellement son critère principal de composition du troupeau. Il dit qu'il préfère les races Guzerat et Gobra. Il a réévalué la race Gobra dans le classement depuis qu'il a acquis une génisse en cours d'année : il préfère maintenant cette race à la race Djakoré sur les critères de l'esthétique et de la productivité; c'était le contraire il y a 5 mois. Il possède deux vaches Guzerats de 5 et 8 ans et un taureau de 3 ans. Il explique que cette race est plus chère à acquérir et est plus difficile à trouver car elle est rare.

Comme il a un taureau métis Djakoré-Holstein, il dit qu'il va essayer le métissage Djakoré/Holstein (quart de sang). Ce métis F1 est perçu comme moins résistant/plus difficile à nourrir que les Djakorés : « *il est le plus vilain* » (du troupeau). M. Ba va faire probablement continuer le métissage selon la qualité des produits qui sera d'une part très variable génétiquement et d'autre part plus sensible à la qualité de l'alimentation. Il contextualise son classement des races : si les individus Holstein sont bien nourris et entretenus, cette race vient alors en première place au niveau de la productivité. Il sait qu'il ne place pas ses bovins dans des conditions d'élevage suffisantes pour les races européennes.

### 2.11 Perception du risque trypanosomien

Les TAA sont appelées *sompt* (amaigrissement, poils hérissés et mortalité en absence de traitement comme symptômes principaux et perte d'appétit, salivation et larmoiement comme symptômes secondaires). La lutte contre les TAA a commencé en janvier 2013. L'éleveur a eu une seule mortalité liée aux TAA, en 2009, alors qu'il n'y avait pas eu de traitement réalisé durant cette année-là (de la saison des pluies 2009 à la saison des pluies 2010). Le risque est perçu comme très variable d'une année sur l'autre avec 6 animaux atteints en 2010, aucun en 2011, 4 en 2012 et aucun en 2013. Une telle variabilité peut être en relation avec la trypanotolérance du troupeau Djakoré qui déclenche des épisodes cliniques selon de l'importance du manque alimentaire variable d'une année à l'autre en période de soudure ainsi que grâce aux effets immédiats de la lutte en 2013.

En 2013, l'éleveur pense que *Sompt* peut disparaître « si les agents d'Etat s'y mettent » ; mais il n'a pas évoqué le projet d'éradication des glossines dans les Niayes. Cette même année, il classe les TAA en première place parmi les contraintes sanitaires, ce qui justifie son choix de la race djakorée. Effectivement, le risque trypanosomien à transmission cyclique était élevé dans cette localité. En 2015, il dit que « le sompt est devenu un peu rare ».

### 2.12 Contraintes pathologiques

C'est un vétérinaire privé (cité nommément devant l'agent d'Etat) qui est appelé pour faire les traitements hors campagne de vaccination. On observe qu'il y a un programme prophylactique systématique avec un déparasitage à l'ivermectine et un traitement antibiotique de tout le troupeau 3 fois par an. L'éleveur déclare qu'il fait ce traitement antibiotique de sa propre initiative justifiée par le fait que ce traitement est nécessaire lorsque le troupeau consomme des résidus de récolte traités aux pesticides. La vaccination du troupeau avec le vaccin clavesec contre la dermatose nodulaire contagieuse est assurée par l'agent vétérinaire d'Etat. 45 350Fcfca sont dépensés en traitements préventifs, ce qui montre que l'éleveur est dynamique au niveau de la gestion sanitaire du troupeau.

On note qu'il n'y a pas de traitement préventif contre les TAA : ceci est logique puisqu'il possède du bétail trypanotolérant. Les traitements curatifs sont relativement chers par rapport au nombre d'individus traités (48 000Fcfca en tout, pour 4 animaux trypanosomés et 2 animaux avec des surinfections dues à la fièvre aphteuse).

En 2010, les traitements vétérinaires étaient très réduits (total de 5000Fcfca) et étaient représentés par les traitements contre la pasteurellose et les tiques. Il n'avait recours qu'à l'agent d'Etat qu'il décrit comme peu disponible. Il est donc probable que l'accès récent à un docteur vétérinaire privé ait joué un rôle dans l'augmentation des soins vétérinaires et en particulier vis-à-vis de la prophylaxie. L'agent d'Etat pense au contraire que l'éleveur a recours largement à l'automédication. L'éleveur déclare que la morbidité de son troupeau a augmenté depuis 2010.

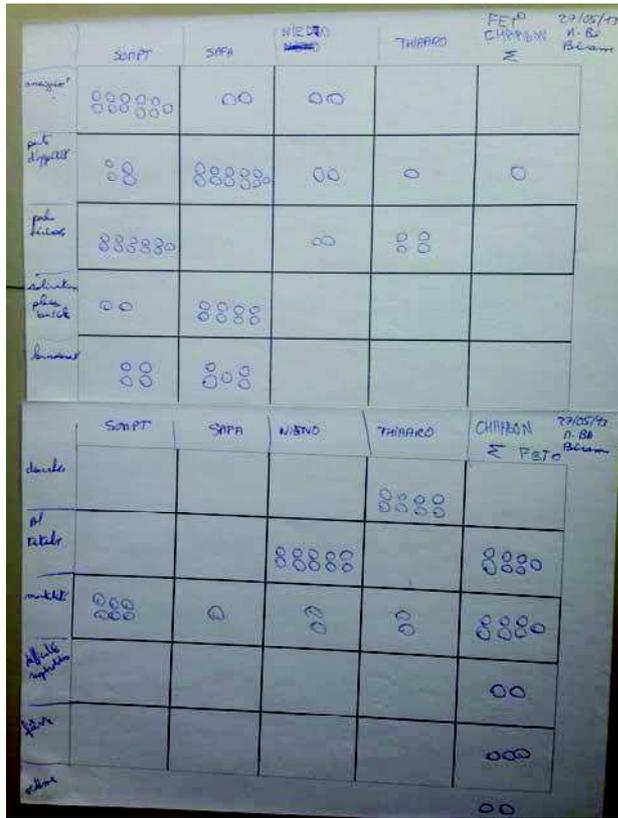


Fig. 3 : Matrice de notation des maladies réalisée collectivement par les membres de la famille de M. B.B. à N'doyène.

| ordre       | 1ère                                    | 2ème                        | 3ème                                  | 4ème                                | 5ème                                   |
|-------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| maladie     | TAA (sompt)                             | Fièvre aphteuse (safa)      | Dermatose nodulaire                   | Prévention pathologies bactériennes | Prévention parasitisme interne-externe |
| Coût annuel | 24 000F cfa (4 traitements individuels) | 24 000F cfa (8 traitements) | 1 850 F cfa (vaccination du troupeau) | 13 500F cfa (troupeau *3)           | 30 000F cfa (troupeau *3)              |

Tableau 4 : Classement des contraintes pathologiques et dépenses annuelles correspondantes.

## 5. Dynamique du système d'élevage

### 3.1 Réseau socio-technique

Les principaux lieux cadrés sont la concession familiale, le village de Keur Moussa, l'Abbaye de Keur Moussa, le cabinet vétérinaire, les aires de pâture, les champs de l'éleveur, les champs des agriculteurs, l'école St Charles de Lwanga de Keur Moussa. L'échelle de la

communauté rurale est une dimension spatiale importante pour l'éleveur dont une conception principale est que la gestion des ressources entre agriculteurs et éleveurs doit se faire à l'intérieur de cette communauté sans concurrence extérieure.

Les actants non humains sont les bovins de race Djakorés, les bovins Guzérats, les métis Holstein, l'eau (non accessible directement par le troupeau, qui doit être achetée) ; les résidus de récolte, l'aliment bétail, l'insémination artificielle, les pathogènes (trypanosomes, virus de la fièvre aphteuse, de la DNCB, les bactéries opportunistes, les parasites externes).

Les actants humains importants sont la famille élargie de Birame avec en particulier son père, président de la communauté rurale de Keur Moussa et membre de la FEITLS, ses frères qui sont enseignants et éleveurs, ses deux autres frères éleveurs, les deux frères cadets qui sont apprentis chauffeurs, les deux fils qui sont bergers, les épouses qui vendent le lait, les boutiquiers qui vendent l'aliment bétail, les bouchers, les agriculteurs, le vétérinaire privé, l'Etat, les gendarmes, les éleveurs autochtones (agriculteurs), les éleveurs membres du GIE, Enda Pronat, les élus des associations d'éleveurs.

En 2013, il explique que cette fédération (FEITLS) dont la création a été suggérée/appuyée par l'Etat et la coopération canadienne « ne fonctionne plus depuis 2 ans » ou du moins vis-à-vis des éleveurs de cette localité (jugement peut-être basé sur l'absence de distribution d'aliment concentré localement). Auparavant, les éleveurs membres ont bénéficié d'un programme d'insémination artificielle pour développer des races laitières. Les éleveurs ne paient plus leurs cotisations (initialement de 3000Fcfa) par manque de confiance dans les élus qui « ne sont même pas des éleveurs »/ sont « des éleveurs du dimanche » et ne veillent pas aux intérêts de ceux-ci. Le père et le fils disent qu'ils voulaient avoir des financements pour l'embouche bovine. Or cette fédération concerne la production laitière : il y a donc inadéquation entre les attentes des éleveurs et la vocation de la fédération (voir rapport USaid). Les éleveurs ont signalé le problème de la représentativité des élus de cette fédération ainsi que de l'organisation faitière (la maison des éleveurs), en expliquant que le renouvellement des bureaux se fait « par le haut » et non pas à partir de la base, les éleveurs membres.

L'éleveur explique que les décisions sont verticales, prises à Dakar et les orientations ne satisfont pas les éleveurs. Les éleveurs de cette famille ont entamé en 2013 une démarche de création d'une nouvelle association (un GIE au sein de la communauté rurale) car ils éprouvent le besoin de se regrouper en organisation professionnelle avec les autres éleveurs de la localité pour protéger leurs intérêts. Ils réclament ainsi en particulier un partage équitable des aliments pour le bétail de la campagne nationale OSB.

De plus, ils ont besoin d'être défendus lors des conflits avec les agriculteurs qui portent plainte contre eux de manière abusive (installation de cultures non protégées sur les pistes à bétail, amendes exagérées) et aussi pour réclamer le droit à pouvoir profiter des résidus de cultures de la localité qui sont quelquefois vendus à des exploitations modernes éloignées. Ce dernier point est bien sûr vital car les aires de pâturage sont mises en culture et sont donc de plus en plus réduites. Il s'avère que les tiges de maïs de l'exploitation soient fortement convoitées par les éleveurs de différentes localités car les éleveurs étudiés à Pout et à Diacksaw Peuhl s'approvisionnent au même exploitant. Cette concurrence pourrait déboucher sur des conflits entre éleveurs.

| actants               | éleveurs   | vétérinaires  | génétique   | Commercialisation   | Alimentation   |
|-----------------------|--|---|---|---|--|
| Identité              | Les éleveurs se sont dissociés de la FEITLS. il échange surtout avec son père, ses 4 frères éleveurs dont deux sont enseignants et les membres du GIE en construction. | Un vétérinaire privé, les agents d'Etat   | service d'insémination artificielle de l'Etat, géniteurs achetés sur les marchés traditionnels                      | Les bouchers, le marché (lait), des acheteurs particuliers de bovins sur pied | Un vendeur d'aliment bétail, les agriculteurs, l'exploitant de Soleil Vert   |
| relations, connexions | Père et frères vivent dans la même concession et ont des discussions techniques sur l'élevage, avec une certaine indépendance car ils ont deux troupeaux distincts.    | L'éleveur investit dans les traitements prophylactiques et les traitements curatifs. Sa relation avec le vétérinaire privé s'est intensifiée. | Le recours à l'IA a été ponctuel et sans résultat probant. La concurrence avec les géniteurs Guzérat va l'emporter. | Pas de transformation, vente directe au marché traditionnel du lait           | Dépendance vis-à-vis du prix et de la qualité de l'aliment bétail ; nombreux conflits avec les agriculteurs et une concurrence importante pour l'accès aux résidus de maïs de « Soleil Vert ». |
| dynamisme             | +++  | ++  | +   | +   | ++   |
| fréquence             | +++  | +++   | +   | +   | +  |

Tab.5 : Caractéristiques des relations avec les acteurs de leur réseau socio-technique.

La présence de l'abbaye a un impact fort sur cette famille : ce sont « comme des parents » et ont fait un « témoignage pour le Jubilé d'or ». En effet, les religieux ont des liens importants avec les villageois grâce à l'école catholique privée de Keur Moussa, l'achat de lait de chèvre aux éleveurs et de multiples actions de développement. La femme du patriarche et deux frères de Birame ont été scolarisés, grâce à un système de parrainage, à cette école qui

existe depuis 1963. Ces deux frères sont devenus enseignants et l'un enseigne à son tour à Keur Moussa. Ils vivent toujours dans la cour familiale et possèdent des bovins dans le troupeau du père. Lorsque la matrice de notation a été réalisée, la femme du patriarche, qui est allée à l'école, a participé de manière importante pour la remplir. Cette famille accorde beaucoup d'importance à l'instruction, quel que soit le sexe.

L'abbaye a une action sociale d'éducation et de développement. Elle a en particulier mis à disposition des éleveurs un abreuvoir depuis 2009 (contre une participation financière de 1000Fcfa/éleveur) mais B. a cessé d'emmener son troupeau à ce point d'eau pour des raisons d'hygiène (il justifie cela par le fait que la promiscuité avec de nombreux troupeaux apporte des maladies).

De plus, les relations avec la profession vétérinaire se sont intensifiées. L'éleveur sollicite à présent un vétérinaire privé. Sa démarche moderne de prophylaxie médicale, sa diversification vers l'agriculture et son ouverture aux technologies modernes illustrées par l'insémination artificielle montrent que cet éleveur est très dynamique et veut faire évoluer ses stratégies de production de manière importante. Il est prêt à innover au niveau de la gestion de son troupeau *tyosaan* (dont seules les règles d'héritage seraient conservées).

### 3.2 Evolution des pratiques et des performances

Depuis 2010, bien que cet éleveur n'ait pas amélioré son équipement, son utilisation de nouvelles technologies a changé, puisqu'il a pratiqué des inséminations artificielles avec une race exotique dans son troupeau *tyosaan*, qu'il a changé sa stratégie de gestion sanitaire du troupeau avec la mise en place d'un programme de prophylaxie médicale grâce à un docteur vétérinaire et que son budget concernant la santé animale a augmenté, avec une large part utilisée (50% des dépenses) dans une stratégie de prévention.

Il a aussi choisi de diversifier ses activités dans un but de sécurité économique en travaillant comme journalier pour des agriculteurs. Cependant, il a cultivé une surface moins importante des terres qu'il possède par rapport à 2010 (1,5 ha versus 3). Il réserve maintenant une partie de ses terres agricoles pour le pâturage, en particulier au bénéfice des veaux.

Ses principales préoccupations sont le manque d'accès à l'eau qui doit être achetée et transportée, et les faibles ressources fourragères auxquelles il a accès. L'augmentation de la taille de son cheptel répond à un objectif social (second mariage en 2011) mais elle augmente sa vulnérabilité face à ses contraintes alimentaires.

L'effectif du troupeau a fortement augmenté entre 2010 et 2013. La mortalité des jeunes a augmenté (2 veaux de moins de 6 mois et une génisse morts en 2013 versus aucune mortalité en 2010). Le taux de vêlage et les performances de lactation sont en revanche similaires. Cependant l'éleveur pense que les performances de son troupeau, en particulier le taux de vêlage, ont augmenté en relation avec une meilleure alimentation en période de soudure, grâce aux achats de résidus de récolte. Il introduit de nouveaux géniteurs males et femelles et a eu un recours ponctuel à l'IA.

Synthèse : Cet éleveur est intéressé par l'innovation au niveau de la génétique de son troupeau et de la gestion sanitaire. Il déclare être très préoccupé par les contraintes sanitaires

et les conflits avec les agriculteurs. Il apparaît que l'accès aux résidus de récolte qui n'est pas maîtrisé à cause de la concurrence avec des éleveurs situés hors de la commune soit sa principale préoccupation actuelle.

### 3.3 Perception des actions de l'Etat

Les actions de l'Etat en faveur de l'élevage sont dans l'ordre d'importance :

- 1) campagne de vaccination du bétail ;
- 2) campagne OSB (opération sauvegarde du bétail) de distribution d'aliment ;
- 3) campagne d'insémination artificielle (GOANA).

Les actions les plus utiles à mettre en place seraient selon l'éleveur de

- 1) les aider à régler le problème de l'eau,
- 2) renforcer la distribution d'aliment bétail,
- 3) diminuer le prix des traitements vétérinaires.

L'éleveur se plaint de la distribution inéquitable de l'aliment bétail lors des campagnes OSB.

L'insémination artificielle a été pratiquée en 2011 grâce au projet GOANA. 3 produits ont été obtenus : un métis Guzerat et deux métis Holstein. Le seul produit métis Holstein qui subsiste dans le troupeau est qualifié de « difficile à nourrir », ses performances ne sont pas connues (ce taureau commence sa carrière de reproducteur en 2013 et a été vendu l'année suivante à cause de son mauvais état général). L'éleveur déclare vouloir continuer à pratiquer des inséminations artificielles.

### 3.4 Typologie du système de production et trajectoire

Cet éleveur appartient au groupe 2 des éleveurs traditionnels de Djakorés du bloc 2, avec un risque trypanosomien local fort initialement qui a baissé tardivement. La lutte contre les TAA a commencé en 2013 : les glossines ont été supprimées en 2015.

Depuis 2010, il a diversifié les races élevées dans son troupeau et expérimente les races Gobra (par introduction de génisses) et Guzerat (par introduction de reproducteurs male et femelles) ainsi que le métissage avec la race Holstein par insémination artificielle. Il n'a pas de perspective d'augmentation de ses débouchés commerciaux pour le lait, qu'il dit limités. L'orientation viande se confirme donc avec un appoint saisonnier de vente de lait.

Cet éleveur a montré son dynamisme à travers l'adoption de nouvelles pratiques au niveau de la gestion de la reproduction et de la santé animale mais est confronté à des contraintes d'accès à l'eau et aux ressources fourragères qui vont limiter ses capacités d'innovation. Les membres de sa famille (père puis frère) sont impliqués depuis longtemps dans la vie associative (avec un bon statut social localement). Ils espèrent trouver des solutions à leurs préoccupations grâce aux actions associatives.

La disparition du risque trypanosomien améliorera la survie de ses métis Holstein, de ses bovins Guzerat et Gobra mais en l'absence d'amélioration de l'alimentation, les gains risquent d'être décevants en ce qui concerne la race Holstein, surtout avec le fait qu'il maîtrise

mal la commercialisation du lait. L'élevage de la race Guzerat ou Gobra serait pour lui une bonne stratégie dont les probabilités d'adoption à moyen et long terme sont meilleures. Il a une préférence actuellement pour la race Guzerat mais la race Gobra qu'il vient de découvrir cette année est plus facile à acquérir (il y a de nombreux élevages de Gobras dans la région de Thiès), est plus rustique au niveau alimentaire et résistante vis-à-vis des tiques. Il est donc probable que cet agro-pasteur évolue vers le groupe d'agro-pasteurs avec un troupeau de Gobras métissés avec des Guzerats, pour une orientation principalement de production de viande avec deux clientèles différentes, les bouchers et les particuliers qui cherchent des bovins sur pied pour les cérémonies.

### Transcription

Entretien avec le frère de l'éleveur, président du nouveau GIE de Keur Moussa (le 18/04/14)

E. « Comment cela se passe au niveau du GIE maintenant ?

*On ne devrait plus avoir de détournement des aliments bétail ! Le sac de 40 kg est à 7000 Fcfa. M. N. (le directeur régional des SV) est dedans ! Je vends le sac à 7200 au sein du GIE. P. D., le commissaire aux comptes, c'est lui qui nous a subventionné ! Il fait tout, c'est lui qui fait les comptes ! C. D., c'est un ami ! Nous sommes de la même communauté rurale. On partage la même zone rurale, les mêmes pâturages. Ce sont des personnes qui ne vivaient pas là, ne connaissaient pas la localité. On les a accueillis les bras ouverts ! Les éleveurs autochtones, ils ne savent pas l'importance de l'élevage ; ils ne sortent pas 5000F ! Par exemple, moi, je ne touche aucun argent ! Les éleveurs autochtones gèrent eux-mêmes leur argent.*

E. Est ce qu'ils ont leur propre organisation ?

*Oui, ils ont leur chef ! Il a tout clôturé ; il a un forage à l'intérieur. Lui il n'a pas de problème !*

E. Et les éleveurs peuhls ?

*Ils mettent plus d'argent dans leur élevage et dans le GIE. Maintenant, ce que je voudrai vraiment... Chez moi, j'ai 10 ha, pas pour moi seul, mais je peux avoir un espace bien aménagé pour mon propre troupeau. On peut mettre un forage, clôturer mais on ne peut pas faire cela d'une manière brusque ! Si tu as un peu d'argent à la banque, tu peux apporter l'aliment et tu n'as plus de problème avec les agriculteurs.*

E. Comment comptez-vous faire ?

*Il faut un financement ! Clôturer les espaces, stabiliser le troupeau ! Notre idée : le gouvernement doit intervenir !... Des conflits, des batailles rangées entre agriculteurs et éleveurs ! Pour contrecarrer, il faut qu'il nous aide ; Le gendarme ne fait rien pour l'éleveur ! ...C'est pour cela aussi, même si je ne suis pas sur le terrain, j'ai de l'expérience aussi. C. avait interdit à tous les éleveurs d'entrer dans son champ. Il était très content. Je lui ai expliqué : il y avait un problème de dialogue avec les éleveurs... Je suis allé personnellement le voir ! Je lui ai dit : « Je suis un fils de cette localité là ! ». Je lui ai expliqué ! Tu gagnes, tu envoies de l'argent en France ! Je lui ai expliqué le GIE... J'ai grandi ici... On a des intérêts communs, il m'a écouté. J'ai pris de l'argent de ma propre poche et j'ai fait des badges. Maintenant on va travailler ensemble, à condition que cela soit réglementé, les éleveurs pourront entrer dans le champ ! A condition que personne ne gâte les tuyaux ! C'est ça qui le dérangeait ! On vend à 12500F l'accès. Cet argent-là, c'est nous-*

*mêmes qui allons garder l'argent. Il était content. On va régler, cela va faciliter la relation !...R. ! Il fait des pieds, des mains ! Lui aussi il a besoin du fumier seulement ! Maintenant ce n'est pas lui qui vend les résidus de récolte. Je vais le rappeler. Son gars ne respecte pas ses engagements. L faut quelqu'un qui parle...Un intermédiaire entre les agriculteurs et les éleveurs. Le rôle que j'ai joué, c'est très important ! Cela m'a fait plaisir ! Il y a les haricots et les tiges de maïs qui sont très intéressants et il a libéré cela ! Je ne vais pas les attendre les autorités ! »*

## Annexe 3

Entretien avec Dr M. D.  
ISRA

### Analyse

L'entretien a eu lieu avec un chercheur expérimenté de l'ISRA qui travaille spécifiquement sur la gestion des ressources zoogénétiques. Il commence son propos par une mise en perspective historique des démarches d'amélioration génétique puis propose une restitution des démarches des différents acteurs selon les points de vue : l'Etat, les vétérinaires privés, les éleveurs et la recherche.

L'appui à l'amélioration génétique proposé par l'Etat a reposé principalement sur un accès facilité à des races laitières exotiques grâce à un subventionnement total ou très important de l'insémination artificiel. Cet appui a été réalisé via plusieurs programmes dont les principaux sont le PAPEL et la GOANA. La stratégie initiale a été conçue de manière très verticale. Il n'y a pas de démarche participative institutionnalisée.

*« Ils ont leurs valeurs à eux. Avec tous ces programmes, ils voulaient faire de l'insémination du Nord au Sud, sans considération de la race locale, sans considération du mode d'élevage et sans considération du milieu physique. Il faut consulter le rapport des ressources zoogénétiques qui est un condensé des politiques. »*

L'ajustement de cette stratégie qu'il suggère est la prise en compte des milieux agro-écologiques principalement ainsi que les objectifs des éleveurs ainsi que signalé en fin d'entretien. Ainsi s'opposent le Nord et le Sud, les Niayes et le bassin arachidier. A la zone des Niayes est associée un climat favorable, un bassin urbain de consommation, des investissements plus importants, en particulier en relation avec les marabouts. Au Sud est associé un climat chaud et humide, ainsi qu'un risque trypanosomien non maîtrisé comme éléments essentiels. Des éléments de dynamiques humaines, non majoritaires mais remarquables, sont constatés au Sud: la préférence de certains éleveurs pour les races plus productives laitières (trypanosensibles), le développement des mini-laiteries, la vente de produits transformés, à valeur ajoutée, l'organisation des éleveurs et des femmes. Il y a bien une dynamique d'innovation (non quantifiée par rapport à l'élevage traditionnel) avec son réseau de nouvelles pratiques (soins vétérinaires, alimentation améliorée, nouvelles stratégies commerciales...) mais qui n'est pas perçue comme pertinente ou durable.

*« Actuellement, il n'y a pas assez de prise en compte de la zone agro-écologique : certains éleveurs ont pris goût à ça, aux races laitières...Le marché a augmenté ; ils ont amélioré les conditions d'élevage et l'usage des biotechnologies s'est répandu...Avec toutes les activités qui en découlent, comme les mini-laiteries. Dans les régions, il y a des mini-laiteries... Il y a aussi des organisations paysannes...On peut dire qu'il y a une valeur ajoutée qui se développe...Avant, les ventes ne concernait que le lait frais. Maintenant, il y a plus de transformation. Les femmes s'organisent. Avec tout l'agro-business qui s'y greffe. Il y a une prise de conscience de l'importance des soins véto, de l'alimentation, de la vaccination. »*

La description du fonctionnement des structures de l'Etat, en particulier les centres d'amélioration génétique, montre que les programmes de sélection et de diffusion des géniteurs, aussi bien en races locales qu'en races exotiques, ont été lancés dans les années 70 mais que l'essor de ces actions n'a pas été poursuivi. Actuellement, les noyaux de sélection, s'ils n'ont pas disparu, fournissent peu de géniteurs et l'action de sélection est en suspens. Les éleveurs ont donc largement recours pour acheter des géniteurs au réseau de marchés hebdomadaires traditionnels (les loumas). La logique d'action ici rapportée pour l'achat des géniteurs est commerciale : les acheteurs vont de marché en marché en commençant par ceux dont les prix sont les plus bas. Donc le réseau de gestion des races locales est tout à fait indépendante des actions de l'Etat et son plan d'action tarde à être produit, faute de vision et/ou de consensus. Le système traditionnel, exploitant les races locales, est qualifié de système « zero intrant » et suscite peu d'intérêt par rapport au système intensif laitier alors que l'intérêt pour les races locales reste important.

*« Pour la Gobra, rien n'est fait. Un plan d'amélioration génétique doit être fait, c'est prévu. Il n'est pas élaboré ; un deuxième draft n'a pas fait l'unanimité au niveau du ministère. C'est en suspens depuis 3 ans. Aucune race locale n'est conservée. Il y a une loi nationale sur l'amélioration génétique. On doit pouvoir faire figurer les ressources zoocytogénétiques. Aucune race n'est menacée ou n'a été déclarée menacée. Il n'y a pas de standards de race. Des travaux ont décrits les gobras. Il y a eu des noyaux de sélection développés au CRZ de Daara pour la race Gobra et à Kolda pour le taurin N'dama. Dans chaque centre, dans les années 70, des programmes de sélection ont été lancés par la Recherche. Après l'arrêt des programmes, les noyaux ont été conservés...Le Ranch de Doli ne fonctionne plus. Il y a deux centres de recherche zootechnique qui dépendent de l'ISRA. Les documents sont à l'UNIVAL (à la bibliothèque). Ce noyau là a été conservé. L'unique projet qui a fonctionné a concerné le taurin N'dama ; le programme s'est déroulé à Kolda. Le noyau de sélection a été conservé in situ. Les centres ne vendent que très rarement des géniteurs. Cela coûte cher. Le noyau est trop petit pour faire de la sélection. Le projet B ( ? ) concerne le taurin N'dama. Ils n'iront pas rechercher de nouveaux N'damas. »*

*« Les marchands de bétail préfèrent aller dans les marchés hebdomadaires : ils vont d'abord à Daara, puis Djourbel, puis Bambey, et Touba Toul et Dakar. De marché en marché, ils peuvent faire le chemin inverse. Ils vont là où c'est le moins cher pour acheter. En fait, la demande en semence locale est très exprimée. »*

Par contre, concernant les races laitières européennes, l'Etat choisit les races et a établi un partenariat avec les vétérinaires privés pour l'importation des semences et la réalisation des inséminations artificielles ; ceux-ci acquièrent des capacités d'appui à l'élevage intensif. Les élevages sont classés en 3 groupes : intensifs, semi-intensifs et extensifs. Les appuis de l'Etat favorisent uniquement les élevages intensifs dans une visée productiviste mais cette évolution n'est envisagée que pour les zones urbaines favorables comme les Niayes et Touba. Une réelle adoption de l'insémination artificielle, devenue indépendante des aides de l'Etat, existe dans les systèmes intensifs des Niayes. L'Etat et les vétérinaires privés sont très favorables à

l'innovation et se réfèrent à l'élevage en Europe. La maîtrise des conditions sanitaires et en particulier du risque trypanosomien, seule maladie citée, est présentée comme une condition importante pour innover.

*« En dehors du programme d'Etat, des privés paient pour l'insémination. Actuellement le programme est en pause...Depuis 2013 ou 2012...Dans la région des Niayes, certains éleveurs paient pour un service privé. »*

*« Tous les vétérinaires ont des formations payées, au choix. L'innovation n'est pas uniquement le changement de races mais aussi les soins vétérinaires. En Europe, toutes les races sont standardisées, les soins sont courants. Ici, il faut partir des pratiques courantes et voir les nouvelles pratiques sanitaires à mettre en place. Il faut faire le distinguo entre ceux qui traitent contre la trypano et ceux qui ne traitent pas. En 50 ans, cela n'a pas assez changé ! Depuis les années 90, le changement reste lent. Mais est ce qu'on pourra changer certaines choses ? »*

Le chercheur souligne la nécessité de faire un état des lieux sur les ressources zoogénétiques nationales en races locales, en métisses et en races exotiques notamment par la connaissances des filiations qui ne sont pas enregistrées ainsi qu'une meilleure évaluation des performances. Il met en garde sur le fait qu'il n'y a pas de démarche de conservation des races locales ni d'encadrement technique pour les métissages et de manière plus globale pas de gestion institutionnalisée de la gestion des races. Il pointe aussi le fait que les programmes de recherche en productions animales sont trop circonscrits à l'évaluation de la réalisation des IA et suggère qu'ils devraient être élargis aux performances des animaux en relation avec leur génotype et à l'étude des ressources zoogénétiques.

*« Mais les métis ne sont pas inventoriés. Si l'éleveur ne vient pas vers son véto pour déclarer son animal, ce n'est pas connu. C'est donc sous-évalué. »*

*« C'est cela le problème, de ne pas avoir de chiffres corrects et de ne pas avoir l'origine des individus. »*

*« C'est soulevé dans les ateliers d'évaluation, les performances ne sont pas connues. »*

*« A l'EISMV, les programmes de recherche sont en ce moment timides. »*

*« Les éleveurs doivent vendre car ça coûte cher, et ils sont sensibles vu les croisements anarchiques, c'est difficile de préserver une race. La classification qui ressort, c'est race locale/ race améliorée. »*

### **Transcription intégrale**

Q. Votre objet d'étude est la gestion des races bovines...

*Les politiques d'élevages sont à étudier ! Il faut se demander : qu'est ce que le politique a fait ? Ce que le privé fait ? Ce que la recherche propose !*

*Cet aspect recherche...Il y a l'ISRA... et l'EISMV qui a beaucoup travaillé sur l'Insémination artificielle bovine, en milieu contrôlé et en milieu réel. C'est passé à la plus grande diffusion après, avec les campagnes d'insémination GOANA. En effet, le programme spécial d'insémination artificielle est une composante de la GOANA. Avant cela, avant la GOANA, il y a eu le PAPEL. C'était un programme avec un financement BAD. Il y a eu PAPEL 1 quand*

*Abdoulaye Wade a lancé le PSIA ( ?). Ils ont leurs valeurs à eux. Avec tous ces programmes, ils voulaient faire de l'insémination du Nord au Sud, sans considération de la race locale, sans considération du mode d'élevage et sans considération du milieu physique. Il faut consulter le rapport des ressources zoogénétiques qui est un condensé des politiques.*

*Pour les aspects productions animales, il faut aller voir Abba Sall Laye. Elle est à la Direction, elle s'occupe de tout ce qui est productions animales. Coté recherche, il n'y a plus d'activités sur l'insémination. Tout ce qui s'est fait, c'était avant. La recherche ne propose rien en insémination. Dans l'évaluation des programmes d'insémination, la recherche cependant intervient... Pourquoi le taux de fertilité est bas, pourquoi il y a des problèmes... C'est ce qui est intéressant ! Mais les métis ne sont pas inventoriés. Si l'éleveur ne vient pas vers son véto pour déclarer son animal, ce n'est pas connu. C'est donc sous-évalué.*

Q. Vous dites que les métis sont sous-évalués...

*C'est cela le problème, de ne pas avoir de chiffres corrects et de ne pas avoir l'origine des individus.*

Q. Et l'évaluation des performances ?

*Jusqu'à présent, on ne fait pas attention. On ne connaît pas les niveaux de production. C'est soulevé dans les ateliers d'évaluation, les performances ne sont pas connues. On connaît le taux de réussite des actes en eux-mêmes. C'est très variable. Les résultats sont connus dans l'extensif. On parle de 3 types d'élevage [relativement à la présentation réalisée à l'animation scientifique] : il y a l'extensif, avec souvent des métis, le semi-intensif avec stabulation et l'intensif.*

Q. Vous dites que l'on distingue les différents types d'élevage par la stabulation...

*Oui et en fonction de la technologie importée. Dans le système traditionnel, la vaccination n'existe pas à part les vaccinations obligatoires. Il faut prendre en compte les autres technologies ! Il est possible de faire un diagnostic en laboratoire... L'utilisation des concentrés est aussi une technologie dans le système traditionnel, ainsi que les médicaments. C'est le système zéro intrant.*

*A l'EISMV, les programmes de recherche sont en ce moment timides. L'insémination est la biotechnologie la plus vulgarisée. Vous avez touché du doigt la multitude des croisements. Il faudrait faire le génotype. Le maximum d'animaux améliorés sont concentrés au niveau des Niayes, Touba, dans la ceinture périurbaine. Elles drainent avec le pouvoir d'achat, comme les marabouts. Les métis sont rachetés par les marabouts. Ils aiment ça, à Touba, la production laitière. Ils ont les moyens de les entretenir. Les éleveurs doivent vendre car ça coûte cher, et ils sont sensibles vu les croisements anarchiques, c'est difficile de préserver une race. La classification qui ressort, c'est race locale/ race améliorée. Dans les élevages intensifs, on est sûr de la race. Les éleveurs ils savent mais la paternité est douteuse... Certains éleveurs sont bien organisés.*

Q. Vous dites que les éleveurs connaissent les filiations ?

*Oui, en général.*

Q. Que peuvent-ils préciser ?

*Par exemple, si c'est un métis Holstein. Ils peuvent dire les croisements au niveau du troupeau et peuvent refaire les filiations. C'est sûr dans le système intensif et semi-intensif. Certains paient, ils savent. En dehors du programme d'Etat, des privés paient pour l'insémination. Actuellement le programme est en pause...Depuis 2013 ou 2012...Dans la région des Niayes, certains éleveurs paient pour un service privé.*

Q. Les vétérinaires continuent à proposer l'insémination ?

*Oui, les vétérinaires ont de la semence, et les propriétaires le savent quelles races de vaches laitières ils proposent. Il y a aussi le Centre National d'Amélioration Génétique de Daara qui propose ses services.*

Q. Quelles races propose ce Centre National ?

*Ce sont des races laitières, comme la Montbéliarde. Je ne sais plus les autres races ; ils ont les géniteurs.*

Q. La race Montbéliarde a été particulièrement choisie ?

*Je ne sais pas si elle est favorisée. Ce sont les races laitières qui sont promues : la Holstein, la Montbéliarde, la Normande, la Jersiaise en moindre quantité. Certains utilisent la Charolaise mais c'est très rare. Ce sont des particuliers qui travaillent en race pure.*

Q. Donc le Centre National diffuse des semences ?

*Ils n'en ont pas en quantité suffisante. Le gouvernement importe via des privés qui gagnent le marché. Le gouvernement fournit les semences et les kits de synchronisation, c'est gratuit. Avant, une participation de 10 000Fcfa est demandée. Cela a été gratuit avec la GOANA. La campagne va redémarrer. Il y a deux services parallèles : les privés qui inséminent et le le programme étatique. Il y a des changements au niveau des participations.*

Q. Et est ce que l'Etat intervient pour les races locales ?

*Pour la Gobra, rien n'est fait. Un plan d'amélioration génétique doit être fait, c'est prévu. Il n'est pas élaboré ; un deuxième draft n'a pas fait l'unanimité au niveau du ministère. C'est en suspens depuis 3 ans. Aucune race locale n'est conservée. Il y a une loi nationale sur l'amélioration génétique. On doit pouvoir faire figurer les ressources zoocytogénétiques. Aucune race n'est menacée ou n'a été déclarée menacée. Il n'y a pas de standards de race. Des travaux ont décrits les gobras. Il y a eu des noyaux de sélection développés au CRZ de Daara pour la race Gobra et à Kolda pour le taurin N'dama. Dans chaque centre, dans les années 70, des programmes de sélection ont été lancés par la Recherche. Après l'arrêt des programmes, les noyaux ont été conservés...Le Ranch de Doli ne fonctionne plus. Il y a deux centres de recherche zootechnique qui dépendent de l'ISRA. Les documents sont à l'UNIVAL (à la bibliothèque). Ce noyau là a été conservé. L'unique projet qui a fonctionné a concerné le taurin N'dama ; le programme s'est déroulé à Kolda. Le noyau de sélection a été conservé in situ. Les centres ne vendent que très rarement des géniteurs. Cela coûte cher. Le noyau est*

*trop petit pour faire de la sélection. Le projet B ( ? ) concerne le tarin N'dama. Ils n'iront pas rechercher de nouveaux N'damas.*

*Les éleveurs vont chercher des géniteurs dans les marchés hebdomadaires : à Bambey, c'est tous les vendredis, à Djourbel tous les samedis, à Daara tous les dimanches. Puis c'est Touba Toul et Dakar dans l'ordre du corridor de vente mais les gens ne viennent pas acheter à Dakar c'est trop cher. Il y a aussi des marchés dans le bassin arachidier. Dans toutes les régions, les gens vont s'approvisionner dans ces marchés. On y trouve aussi des Djakorés qui sont des métis issus du croisement entre gobras et N'damas. Les éleveurs préfèrent aller chercher les Gobras directement au marché de Daara. Les marchands de bétail préfèrent aller dans les marchés hebdomadaires : ils vont d'abord à Daara, puis Djourbel, puis Bambey, et Touba Toul et Dakar. De marché en marché, ils peuvent faire le chemin inverse. Ils vont là où c'est le moins cher pour acheter. En fait, la demande en semence locale est très exprimée.*

Q. Est-ce que des recommandations existent pour la gestion de ces races ?

*Il faut faire ce plan d'amélioration génétique et réglementer ces croisements tous azimuts afin de rendre possible la conservation des races locales. Des recommandations différentes doivent être faites selon les zones agro-écologiques. Pourquoi mettre des races laitières au Sud ? Il n'y a pas d'utilité d'inséminer là-bas.*

Q. Donc vous dites qu'il est recommandé de ne pas inséminer au Sud...

*Actuellement, il n'y a pas assez de prise en compte de la zone agro-écologique : certains éleveurs ont pris goût à ça, aux races laitières...Le marché a augmenté ; ils ont amélioré les conditions d'élevage et l'usage des biotechnologies s'est répandu...Avec toutes les activités qui en découlent, comme les mini-laiteries. Dans les régions, il y a des mini-laiteries... Il y a aussi des organisations paysannes...On peut dire qu'il y a une valeur ajoutée qui se développe...Avant, les ventes ne concernait que le lait frais. Maintenant, il y a plus de transformation. Les femmes s'organisent. Avec tout l'agro-business qui s'y greffe. Il y a une prise de conscience de l'importance des soins véto, de l'alimentation, de la vaccination.*

Q. Vous dites que les éleveurs s'engagent dans l'intensification ?

*Il faut mettre la charrue et corriger ce qui peut l'être. L'atout c'est de susciter au niveau de l'éleveur l'intérêt que l'on peut gagner plus d'argent avec ces races et avec plus d'intrants.*

Q. Vous souhaitez donc que les éleveurs continuent à intensifier...

*Oui, qu'ils investissent davantage, qu'ils améliorent les conditions d'élevage. Il faut pouvoir développer les services de proximité, y compris les services d'insémination artificielle payants. S'ils paient, ils vont en prendre soin ! Je suis contre le fait que ce soit gratuit. C'est un paquet technologique.*

Q. Qui diffuse ces messages ?

*L'Etat amène les intrants mais les privés font l'acte d'insémination. C'est le consensus qui a été trouvé. Ils font des prestations de service. Les inspecteurs sont tous des vétérinaires. Les*

*agents d'Etat sont des techniciens formés en productions animales. Pour le service étatique, c'est bien de déléguer !*

**Q. Quelle est l'évolution du réseau des vétérinaires privés ?**

*Tous les vétérinaires ont des formations payées, au choix. L'innovation n'est pas uniquement le changement de races mais aussi les soins vétérinaires. En Europe, toutes les races sont standardisées, les soins sont courants. Ici, il faut partir des pratiques courantes et voir les nouvelles pratiques sanitaires à mettre en place. Il faut faire le distinguo entre ceux qui traitent contre la trypano et ceux qui ne traitent pas. En 50 ans, cela n'a pas assez changé ! Depuis les années 90, le changement reste lent. Mais est ce qu'on pourra changer certaines choses ? Par rapport à d'autres pays, on est pas mal avancé. Mais il faudrait éviter d'avoir des croisements avec « un peu de tout » car après il y a des back cross : c'est-à-dire qu'on peut revenir à la race de départ. Quand on insémine 1, 2 fois...la 3<sup>ème</sup> fois on revient à la race locale.*

**Q. Il faut éviter le métissage ?**

*C'est valable dans un certain milieu. Dans les Niayes, le climat est favorable ! Il faut faire un métissage F1 en territoire sénégalais ? Il faudrait que l'Elevage (le ministère) ait les moyens de le faire ! Il faut améliorer les conditions d'élevage. Cela a un coût ! Si la température est trop chaude et qu'il y a trop d'humidité...Est-ce que je peux atteindre mes objectifs ? Le métis F2 est né mais n'est pas productif. Il faut développer un élevage raisonné en fonction des objectifs de l'éleveur et de son environnement.*

## Annexe 4

Analyse de l'entretien avec Dr B. S. (DSV)

24/01/14

### Analyse

Le coordinateur du projet d'éradication des glossines dans les Niayes présente l'insémination artificielle comme l'activité d'appui aux productions animales la plus importante réalisée en routine. Les vaccinations obligatoires ainsi que le programme d'aide à l'obtention de crédit pour l'activité d'élevage (Fondstab) sont des activités d'accompagnement importantes.

Il indique que le service d'insémination artificielle se réalise grâce à un partenariat entre le public et le privé : l'Etat choisit les races et le réseau des vétérinaires privés est utilisé pour la mise en œuvre.

Au niveau stratégique, les décisions sont fortement pilotées par les vétérinaires du Ministère dans une démarche productiviste. La prise en compte des dynamiques locales se fait par la connaissance « des préférences ». Notre interlocuteur pointe un problème central qui est le non respect des prescriptions techniques de gestion des ressources génétiques (l'utilisation de métis F1 pour la production mais pas pour la reproduction). Ainsi il indique qu'il n'y a pas actuellement de stratégies développées par le Ministère en vue de résoudre ces difficultés.

*« On ne sait pas à quel niveau aller, pour la gestion des femelles métissées. » « Mais il n'y a pas de plan. Les males doivent être déstockés; les métis ne sont pas de bons géniteurs. Ca fausse tout. »*

### Transcription intégrale

Q. Quelles sont les interventions de l'Etat dans les productions animales, en particulier bovines ?

*Il y a l'Insémination artificielle. C'est l'Etat qui rémunère le privé. Pour la vaccination, c'est la même chose. Nos agents, leur travail c'est de vérifier que le privé fait bien le travail. Tout repose sur le partenariat privé/public. Pour l'insémination, c'est la Direction de l'Elevage qui fait le choix des races, en particulier les races laitières exotiques. Dans la zone sylvo-pastorale, c'est le Gouzérat qui est demandé. Il est plus adapté dans le Ferlo.*

Q. Vous dites que c'est la direction qui choisit les races...

*On tient compte de leurs préférences. Ils ont demandé dans de nombreuses localités le Gouzérat. Mais il n'y a pas de plan. Les males doivent être déstockés ; les métis ne sont pas de bons géniteurs. Ca fausse tout. Il y a d'autres races brésiliennes : Gir et Nelore.*

*Il y a aussi le programme Fondstab qui est une aide pour les éleveurs qui ont besoin d'investir.*

*Concernant les animaux métissés Gouzérat dans le Ferlo, ceux-ci sont très sensibles au botulisme.*

Q. Quelles sont les perspectives en matière de gestion des races ?

*On ne sait pas à quel niveau aller, pour la gestion des femelles métissées. L'objectif c'est la production laitière...On vise 15L en moyenne. Mais quelle est la suite ?*

*Enfin, sur le plan de la santé, nous devons être plus vigilants. Pour avoir des résultats, le maintien en stabulation doit être fait avec une alimentation adaptée. Sinon, il n'y aura pas de bonne production. Il faut donc que la divagation cesse.*

## Annexe 5

Analyse du Focus group avec les éleveurs du bloc 1

Réunion de restitution-débat avec les éleveurs de Cayar (salle des pêches de Cayar) du lundi 22/06/15

animation : Henri Hocde ( du CIRAD), Fanny Bouyer (doctorante ISRA-CIRAD), Carole Nyonse (en master à l'ISRA)

traduction : Iba Mall (ISRA)

participants : 9 éleveurs

L'agent de la DSV de la zone de Cayar.

La réunion s'est déroulée en 4 temps :

- 1) présentation des participants et de l'objet de la rencontre
- 2) restitution des résultats de l'analyse croisée des études de cas réalisés par Fanny Bouyer
- 3) débat
- 4) questions libres et remerciements

Remarque préliminaire : Le message associé à la prise de rendez-vous et la traduction ont été des éléments non maîtrisés par les animateurs. Nous avons perçu un biais d'entretien possible liée à la perception de notre identité et de nos objectifs (des européens porteurs de projet de développement/ travaillant pour une ONG ?). En particulier, nous pensons que le fait que les éleveurs n'ont pas parlé de critères physiques pour la sélection des bovins est probablement biaisé.

### 1) Présentation des participants et de l'objet de la rencontre

L'animateur a présenté la démarche de l'atelier participatif et de ses objectifs. Tous les participants ont été invités à se présenter à tour de rôle. La doctorante a présenté à son tour l'objet des études de cas réalisées et le fait que la présentation de ces résultats était un support de discussion pouvant être remis en cause et approfondi.

### 2) Restitution des résultats de l'analyse croisée des études de cas

Après une présentation des principaux résultats, les débats se sont portés sur les concepts d'un « bon animal » avec la distinction entre les vaches et les taureaux. Les éleveurs ont été unanimes pour dire qu'un bon animal est celui qui a bien tété dans son jeune âge. Ils ont précisé qu'il y a deux qualités de lait : le lait fluide et le lait résistant (gras). Il n'y a pas que la quantité qui importe mais aussi la qualité, qui peut compenser la quantité (vis-à-vis de la santé du veau).

### 3) analyse du débat

#### Qu'est-ce qu'un bon animal pour la reproduction ?

Deux catégories d'éleveurs sont distinguées : ceux qui ont un objectif économique principalement « qui veulent profiter de leurs animaux pour avoir de leurs revenus » et ceux qui ont un objectif social/culturel « qui cherchent le bien-être de leurs animaux ». La durée de l'allaitement des veaux a été mise en regard avec ces objectifs. Les éleveurs mettent en

relation la durée de l'allaitement et la qualité « des produits » (des veaux). La race ne détermine donc pas la qualité des animaux mais c'est son allaitement qui importe : à la fois la qualité du lait de sa mère et la durée de l'allaitement. « *Ceux qui ont bien tété leur maman sont différents de ceux qui ne tètent pas assez. C'est la même race, mais ce ne sont pas les mêmes animaux* ». « *Une bonne vache, c'est d'abord une vache qu'on prépare avant même sa naissance. Sa mère doit être bien portante à ce moment, son produit sera bien portant. Il sera bien nourri car sa maman était déjà bien.* »

Il a été précisé que pour avoir de bons animaux, il faut que les veaux tètent 2 ans. Aux veaux qui sont allaités deux ans sont opposés les veaux qui tètent 1 an ou 9 mois.

Un éleveur met en relation la bonne santé et l'alimentation pastorale qui est mise en opposition à l'alimentation à l'attache (« à la corde »). « *Les animaux attachés à la maison, qui sont complémentés à la maison ne sont pas la même chose que ceux qui vont au pâturage. Ceux qui vont au pâturage se multiplient plus vite, si les femelles sont bien portantes et que les males sont autour.* »

### Caractérisation des points de vue

Les éleveurs ont été invités à se présenter, à présenter leur troupeau (principalement selon la race et le caractère hérité ou constitué par achat). Il y a autant d'éleveurs ayant hérité des animaux (n= 5/9) qu'ayant constitué leur troupeau par achat (n=4/9) et les animaux hérités étaient le plus souvent des Gobras. Il y a une seule femme dans l'assemblée et tous les éleveurs présents sont d'ethnie peuhle. Les races les plus courantes sont la Gobra et la Djakorée. Il y a autant d'éleveurs à posséder des Gobras (n= 6/9) que des Djakorés (n= 6/9) et certains (n= 5/9) ont plusieurs races dont 3/9 ont des races européennes ou métisses qu'ils veulent utiliser pour le métissage. Les races trypanosensibles sont donc présentes dans la majorité de leurs troupeaux.

1. (dame) Tous ses animaux ont été hérités. Son problème est le manque de pâturage et qu'elle voudrait les nourrir mieux. Elle ajoute que les gestations sont difficiles. La race qu'elle élève est « Ndamagi » (Djakorés). Les éleveurs précisent que la race est différente des Ndama, ce sont des « matchas » (Djakorés).
2. L'éleveur a des animaux hérités qui sont des Gobras purs et des ndamas purs ainsi que des Djakorés (matchas). Il ajoute qu'une bonne vache est une vache qui mange bien. Il a aussi des bovins en confiage.
3. L'éleveur a des Gobras hérités. Il nous interpelle sur les solutions à apporter à leurs problèmes d'alimentation du bétail. Il rappelle qu'une bonne vache est une vache bien nourrie et que le manque de pâturage les empêche d'avoir de bons animaux car ils ne mangent pas assez.
4. l'éleveur explique avoir hérité des Gobras et avoir ensuite acheté un taureau Djakoré (matcha). Il a obtenu un métisse male par IA mais ne connaît pas la race paternelle. Il veut l'utiliser comme taureau de monte.
5. L'éleveur a constitué son troupeau avec des Gobras achetés. Il a une femelle métisse de 2 ans et a vendu ses jumeaux métis à cause de leur gémellité.
6. L'éleveur a aussi des Gobras achetés. Il a une femelle montbéliarde de 3 ans et un male Montbéliard de 2 ans. Les essais d'IA n'ont pas marché sur sa femelle et le male monte mais « cela ne prend pas ».
7. Le vieux peuhl dit qu'au départ dans la zone, les éleveurs avaient des Gobras mais que, suite aux sécheresses, ils ont introduit des Djakorés qui résistent mieux au manque de nourriture. Il souligne le fait que le fourrage était abondant et que la qualité du lait était en conséquence meilleure. Il avait hérité de Gobras et a maintenant des Djakorés.

- |   |
|---|
| 8. Il a acheté des matchas. Il a un taureau Zébu Maure (nakh) et un Guzérat depuis 2 ans. |
| 9. Il a acheté des Ndamas. Il a eu des échecs en IA.                                      |

Fig. 1 : Présentation des éleveurs selon la composition de leur troupeau (les éleveurs sont numérotés par souci d'anonymat).

Ils disent « *bien connaître* » les races européennes : les Montbéliardes, les Holstein mais ils n'ont pas les moyens de s'en procurer. D'une part ils sont trop chers à l'achat et d'autre part ils ne veulent pas les utiliser pour les cérémonies car ils ne veulent pas abattre « *un taureau à 1 million* ». Donc ils veulent continuer à avoir des animaux de race locale pour les fonctions sociales. Les éleveurs réclament de l'aide pour arriver à nourrir les animaux. Au manque de pâturage est associé l'abondance des champs pour le maraichage et les distributions de terres par l'Etat à des privilégiés (commentaire entendu aussi à Thiès ; plusieurs sources convergentes indiquent que pendant la campagne GOANA, des terres aient été attribuées à des investisseurs et des marabouts).

Les éleveurs ont exprimé une demande de conseils sur le métissage. Par exemple, un éleveur demande si, comme il le pense, il aura des Ndamas s'il fait saillir ses femelles Ndamas par un taureau métis.

Une stratégie pour pallier aux difficultés d'investissement individuel et mise en œuvre dans le GIE de Cayar a été expliquée : il s'agit de l'achat de 3 femelles et un veau Montbéliard par le GIE grâce à une subvention de l'Etat, qui seront attribués à des membres par tirage au sort.

Sur les critères de choix des géniteurs, les éleveurs n'ont pas montré de préférence esthétique ou l'utilisation de critères phénotypiques particuliers. Ils ont indiqué que seules les performances de production observées chez eux, en particulier de lait, importaient.

Les éleveurs ont aussi parlé des différences d'aptitudes entre les bergers : les bons bergers connaissent bien leurs animaux, leur « *mentalité* ». Ils savent prendre soin de leurs animaux en fonction des problèmes qu'ils diagnostiquent.

Deux éleveurs, éleveur 6 (propriétaire de gobras et montbéliards) et 9 (gobras/djakorés), indiquent leur priorité donnée à la production laitière. L'aptitude des femelles à produire du lait est un motif de réforme.

#### La taille du troupeau

Les éleveurs ont tous dit qu'il était préférable d'avoir de petits troupeaux avec quelques vaches qui produisent beaucoup de lait à cause du manque de pâturage (éleveur 9, 8, 4, 7, 1, 2). Les éleveurs envisagent donc d'entretenir des vaches laitières : « *Ce qui se passe, Sengor l'avait prédit, les animaux seront élevés à la corde* » ; « *je veux que les enfants aient des animaux qui servent au lieu d'une multitude qui ne sert à rien* ». Le bénéfice d'une meilleure production de lait est envisagé à la fois pour l'alimentation du veau et la vente de lait.

#### Les changements du contexte sanitaire

Les éleveurs précisent que Yopt est la même maladie que moussane ou sompt (les TAA). Ils disent que ces maladies étaient beaucoup plus importantes il y a 10 ans et mettent cette

évolution en relation avec « *les sécheresses* » ; « *avant il y avait plus d'eau* ». D'autres éleveurs indiquent que cette baisse date de 5 ans et que c'est la conséquence de l'abreuvement au puits (au lieu des mares). Tous signalent une forte baisse mais pensent qu'elle n'a pas disparue.

Les bergers reconnaissent de manière intuitive les animaux atteints, qui ont « *les poils hérissés* ». Les autres signes sont l'épiderme gras sur le dos, la diarrhée quelques jours après, et le changement de la qualité du lait qui ne caille pas.

#### L'orientation lait ou viande dans l'avenir ?

Seule la préférence pour une meilleure production de lait a été exprimée. L'élevage de races exotiques est perçu comme la solution pour avoir des liquidités qui permettent d'assurer les dépenses alimentaires de la famille ainsi que l'achat d'aliment pour le bétail. La vente des males assure la réponse à des besoins d'argent ponctuels.

Deux éleveurs seulement pratiquent exclusivement l'élevage. Les autres font du maraichage mais disent que les résidus qu'ils produisent ne sont pas suffisants pour nourrir les animaux. Le fumier est mis dans les champs et est donc une activité qui augmente leur production agricole. La complémentarité des deux activités est une sécurité face aux aléas.

5 éleveurs (sur 9) indiquent tirer davantage de revenus de l'élevage et les autres (4/9) tirent plus de bénéfices du maraichage (en relation avec une plus grande facilité à être financé).

#### La perception des races

Les qualités des Djakorés (appelés matchas) ont été mises en exergue : « *les matchas sont plus résistants et plus forts !...Résistants à la sécheresse, au manque de pâturage, aux maladies. Le Gobra, dès qu'il a le moussane, il meurt...Effectivement, le moussane a diminué. Si la maladie n'est pas totalement disparue...Actuellement, avec la faim...Si le gobra a faim, il tombe et ne peut plus se relever ! Si le matcha tombe et que tu l'aides, il peut se relever !* »

Les éleveurs sont unanimes pour dire que la résistance du Djakoré est plus importante que le Gobra. Ils parlent de résistance au manque alimentaire mais aussi de résistance à la trypanosomose. Il est donc probable que cette résistance soit évaluée de manière globale et en relation avec le risque trypanosomien dont la disparition est trop récente pour avoir changé la perception de la race. Deux éleveurs préfèrent la Gobra contrairement aux autres et mettent en avant sa robustesse, sa carrure et sa meilleure production de lait.

## Annexe 6

### L'histoire de l'innovation (Technique de l'Insecte Stérile):

Dans les années 1970, divers projets de recherche coordonnés par le CIRAD en Afrique Centrale (Cuisance and Itard 1973b, a, Cuisance et al. 1973) puis de l'Ouest (Cuisance et al. 1978, Cuisance et al. 1979, Cuisance et al. 1980, Vloedt van der et al. 1980) ont mené des recherches sur l'élevage de masse, l'irradiation, la survie et la compétitivité des mâles stériles et qui ont débouché sur la démonstration de la faisabilité de la technique d'éradication des glossines par la technique de l'insecte stérile (TIS) à des échelles très locales (quelques km<sup>2</sup>). Ces différents essais ont démontré que la TIS était utilisable chez les glossines riveraines et pouvait permettre de les éradiquer (tab. 1). Ces premiers résultats de recherche ont conduit d'autres équipes à tester la Technique de l'Insecte Stérile (TIS) au Nigeria sur une plus grande surface (1500km<sup>2</sup>), qui ont confirmé l'éradication des populations cibles dans la zone centrale par cette méthode (300km<sup>2</sup>), zone n'étant pas soumise à une pression de ré-invasion permanente grâce à la réduction des densités dans la zone périphérique (Takken et al. 1986). L'ensemble de la zone a été ré-envahie dès la fin du projet de recherche.

Sur la base de ces expériences, un projet de recherche-développement a été initié par le CIRAD en 1983 au Burkina Faso dans la zone agro-pastorale du Sidéradougou (3000km<sup>2</sup>). Ce projet associait la TIS à la pose d'écrans insecticides le long du cours d'eau (lutte intégrée). Ce projet a été entièrement mis en œuvre et dirigée en partenariat par les équipes de recherche nationales et le CIRAD (CRTA Bobo Dioulasso, ex-antenne du CIRAD devenue le CIRDES). Bien que ce projet ait été un succès, c'est-à-dire que les glossines ont été éradiquées (Cuisance et al. 1984, Politzar and Cuisance 1984), la zone libérée a été rapidement ré-envahie (dès 1986) à cause du non-entretien des barrières suite à l'évincement des équipes du CIRAD du Burkina consécutivement à la prise de pouvoir de Thomas Sankara. L'impact du projet n'a donc pas été mesuré en raison d'un effet très temporaire sur la transmission. Cette ré-invasion a conduit le CIRAD à se désengager progressivement de la TIS non seulement au Burkina mais en général, avec une vision de non durabilité de la libération des zones cibles.

| Type      | Site     | Surface                            | Résultats  | Référence  |
|-----------|----------|------------------------------------|--|--|
| Recherche | Tchad    | 1200m *<br>100m,<br>950m *<br>100m | Comportement, survie et dispersion des mâles stériles, transport des adultes | (Cuisance and Itard 1973a, Cuisance et al. 1973) |
| Recherche | Cameroun | 600m (*200m)                       | Compétitivité des mâles stériles et impact important sur la population cible | (Cuisance and Itard 1973b)                       |
| Recherche | Burkina  | 15km*100m                          | Eradication locale   | (Cuisance et al.)                                |

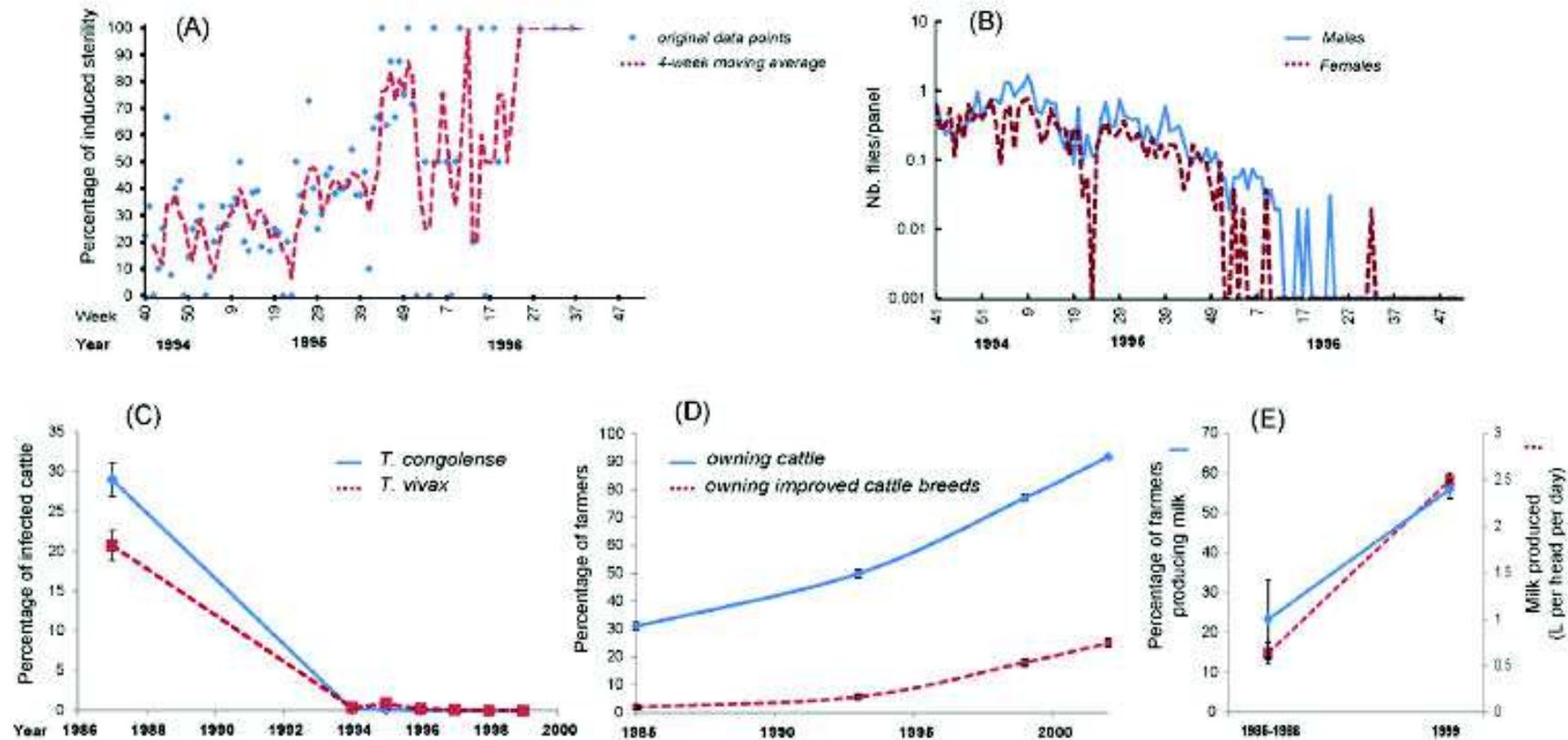
|                         |          |                     |  |  |
|-------------------------|----------|---------------------|--|--|
|                         |          |                     |  | 1978)  |
| Recherche               | Nigeria  | 1500km <sup>2</sup> | Eradication locale   | (Takken et al. 1986)                               |
| Recherche-Développement | Burkina  | 3000km <sup>2</sup> | Eradication puis ré-invasion rapide                        | (Cuisance et al. 1984, Politzar and Cuisance 1984) |
| Recherche-Développement | Zanzibar | 1650km <sup>2</sup> | Eradication, Développement et intensification de l'élevage | (Vreysen et al. 2000, Vreysen et al. 2014b)        |

*Tab. 1 Description séquentielle des principaux résultats des études et projets mis en œuvre pour le développement de la TIS chez les glossines (non exhaustive).*

Cependant, l'AIEA (Agence Internationale pour l'Energie Atomique), participait pendant ce temps au développement de la TIS pour d'autres groupes d'insectes, pour lesquels des succès colossaux ont été obtenus. On peut citer l'éradication des lucilies bouchères des Amériques du Nord et Centrale et de Lybie suite à son introduction accidentelle (Vargas-Terán et al. 1994, Wyss 2006), ou l'éradication des mouches des fruits aux Etats-Unis et au Mexique (Rull et al. 1996, Shelly et al. 2000). C'est à une conférence de l'AIEA organisée en 2005 à Vienne (voir contenu dans (Vreysen et al. 2007)) où ces différents résultats étaient présentés, que J. Bouyer a compris la valeur ajoutée de la gestion adaptative dans le cadre AW-IPM, suite à une présentation de la démarche par une équipe américaine. Dès les années 1970, l'AIEA a mené indépendamment des recherches sur les techniques d'élevage de masse et d'irradiation des glossines (Vreysen 1995) dans son laboratoire spécialisé en Autriche (Insect Pest Control Section, Seibersdorf). L'AIEA a également initié dans les années 1990 un programme d'éradication des glossines de l'île de Unguja, en Tanzanie, suite à une tentative d'éradication échouée de la FAO (1987-1993) par traitement insecticide du bétail. Il s'agissait d'une campagne de lutte intégrée (IPM) associant pièges et TIS par voie aérienne, qui était en outre Area-Wide, c'est-à-dire qu'elle concernait une population isolée de glossines (Vreysen et al. 2000). La campagne d'éradication par lâchers de mâles stériles a duré trois ans (1994-1996) et a concerné une surface de 1650km<sup>2</sup>. Cette campagne a permis un développement très important et une intensification de l'élevage bovin de la zone, notamment à vocation laitière (Vreysen et al. 2014b). L'évaluation des prévalences parasitaires a montré un arrêt de la transmission de la maladie en 1996, précédé d'une phase importante de décroissance (fig. 2). L'évaluation socio-économique menée juste après la lutte a montré qu'entre 1985 et 2002, le pourcentage de petits fermiers possédant du bétail de race locale est passé de 31 à 94%, celui de ceux possédant du bétail amélioré (métis entre race locale et exotique) de 2 à 24%. Le pourcentage d'éleveurs traditionnels (bétail indigène) vendant du lait est passé de 11 à 65% entre 1985 et 1999 et la production de lait a triplé sur la même période. Le pourcentage d'éleveurs utilisant la traction animale pour les cultures est passé de 0 à 5% de 1999 à 2002, alors que le revenu des éleveurs a augmenté de 30%, et le pourcentage de ménages ayant des revenus mensuels supérieurs à 25\$ et 50\$ sont passés de 69 à 86% et de 22 à 36%

respectivement. Une évaluation socio-économique, parasitologique et entomologique de ce projet a été réalisée en 2014 et les résultats seront disponibles très prochainement. Cette étude permettra de préciser les impacts de l'éradication des glossines attendus sur le temps long dans cette zone.

Le succès de ce projet a conduit à la mise en place d'un projet TIS en Ethiopie par le gouvernement Ethiopien, en 2000, avec l'appui de l'AIEA (Enserink 2007). Celui-ci a commencé par le montage du plus gros insectarium à glossines du monde (2000), mais la composante TIS ne concerne actuellement qu'une zone de 750km<sup>2</sup> (vallée du Démé) et les glossines n'en sont toujours pas éradiquées. Le projet est au stade de mise en œuvre depuis de nombreuses années, et représente le plus gros projet existant en terme de moyens humains (600 personnes du ministère de l'élevage, dont il forme une section particulière) et de zone ciblée (~60,000km<sup>2</sup> dans la vallée de l'Omo). Il est financé à 80% par l'Ethiopie et 20% par l'AIEA. Les principaux problèmes techniques de ce projet sont la production de masse (au niveau de l'insectarium) et le lâcher aérien des glossines, alors que la zone ciblée est infestée par deux espèces (*G. fuscipes fuscipes* and *G. pallidipes*). Il connaît également de gros problèmes de management, avec une direction qui a changé de nombreuses fois depuis son lancement, une absence complète de composante de recherche opérationnelle et de monitoring des résultats sur le terrain, ne permettant pas une méthode de gestion adaptative.



**Figure 2. Entomological, epidemiological, and socioeconomic indicators of the eradication campaign on the island of Unguja.** Graph (A) presents the rate of induced sterility (4-week moving average). Graph (B) shows the density of tsetse flies sampled with the sticky panels in fixed monitoring sites. The trap catches ( $\pm 0.001$ ) of indigenous female (dotted red line) and male (solid blue line) *G. austeni* are presented on a logarithmic scale. Graph (C) presents the decrease in trypanosome prevalence as a result of tsetse eradication. Graph (D) presents the percentage of farmers owning cattle and improved cattle breeds, and graph (E) presents the increase in milk production per cattle head (in liters) and in the percentage of farms producing milk.

doi:10.1371/journal.pntd.0002857.g002

Fig. 1 : Impact de la campagne d'éradication des glossines à Zanzibar, source : (Vreysen et al. 2014b).

Le « Projet de lutte contre les glossines et la trypanosomose dans les Niayes » a démarré au Sénégal en 2005, par des discussions entre autorités sénégalaises (Direction des Services Vétérinaires) et l'AIEA, qui ont duré jusqu'en 2007. L'initiative du projet revient à Baba Sall (actuel coordinateur du projet) suite à sa participation à un cours organisé par l'AIEA en Floride en 2005, où il a compris l'origine de l'échec<sup>1</sup> de la campagne d'éradication dans les Niayes organisée en 1970-1974 par pulvérisation d'insecticides rémanents (Touré 1972, Touré 1973a), et d'une deuxième campagne de lutte dans les années 1980, associant la pulvérisation d'insecticides rémanents et la pose de pièges et d'écrans imprégnés, suite à une réinfestation. Le Sénégal a ensuite démontré une volonté politique forte pour la mise en place de ce projet. De 2007 à 2010, une étude de faisabilité a permis de démontrer l'importance des trypanosomoses dans la zone ciblée (Seck et al. 2010a), ainsi que de délimiter une population cible de 1000km<sup>2</sup> (Bouyer et al. 2010b) et de démontrer l'isolement de cette population par génétique des populations (cad qu'en cas d'éradication, cette zone ne peut être ré-envahie naturellement) (Solano et al. 2010). L'importance des méthodes développées par la recherche a été capitale dans cette phase, réduisant par exemple les coûts d'échantillonnage de plus de 90%. J. Bouyer a été positionné par le CIRAD à l'ISRA dans le cadre de la recherche d'accompagnement de ce projet fin 2008, suite à un passage à l'AIEA (Autriche) pour préparer celui-ci, et à la demande du Directeur de l'Elevage au Sénégal. Cette demande a fait suite à une série d'expertises de ce dernier en 2007 au Sénégal, financées par l'AIEA en appui au projet. De 2010 à 2011, la phase pré-opérationnelle a permis de mettre en place une méthode de transport des pupes mâles irradiées par DHL, d'étudier la qualité, la compétitivité, la survie et la dispersion des mâles stériles qui en sont issus, avant de passer à la stratégie d'éradication séquentielle à partir de 2011 (suppression par pièges et écrans imprégnés d'insecticide et traitement insecticide épicutané des bovins, et éradication par lâchers aériens de glossines). La première machine de lâchers automatique de glossines par voie aérienne a également été élaborée et testée en collaboration avec l'équipe Mubarqui (Mexique) à cette occasion (Mubarqui et al. 2014). Dans les phases pré-opérationnelles et opérationnelles, de nombreux résultats de recherche ont été utilisés pour optimiser la lutte en temps réel. Ce projet connaît actuellement un succès (absence de glossines sur 20% de la zone cible depuis deux ans, en cours de confirmation comme zone libérée, et réduction de plus 99% des densités de glossines sur 40% additionnels dans le bloc 2) (Dicko et al. 2014). Des premières enquêtes menées dans la zone en 2010 auprès de 186 exploitations laissent espérer des bénéfices importants liés à une intensification de l'élevage dans la zone cible, de 1000km<sup>2</sup> (Bouyer et al. 2014). Le programme prévisionnel d'éradication prévoit que la zone sera complètement libérée des glossines fin 2016 (fig. 3).

---

<sup>1</sup> Dans ce document, nous considérons un échec comme une absence d'éradication lorsque c'était l'objectif, même si le projet de lutte peut avoir eu des effets bénéfiques temporaires

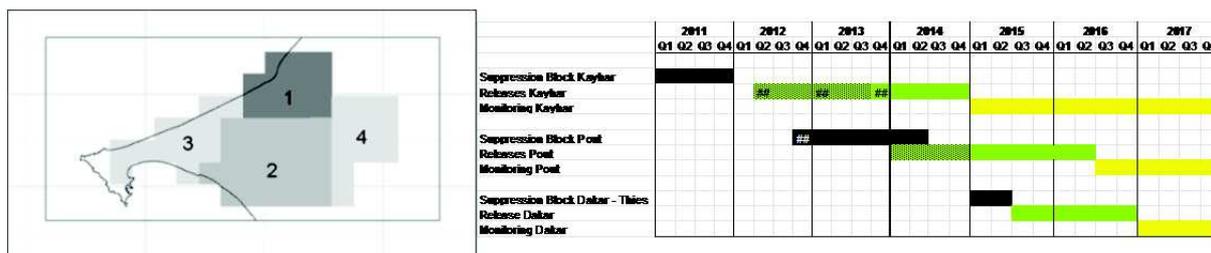


Fig. 2 : Programme séquentiel d'éradication du Projet de lutte contre les glossines et la trypanosomose dans les Niayes : noir = suppression, vert = lâcher de mâles stériles, jaune = bloc libéré de glossines. Dans le tableau les blocs se succèdent dans l'ordre des lignes et le dernier regroupe les blocs 3 et 4 qui seront traités en même temps.

Ce projet est original sur le plan du partenariat institutionnel (innovation organisationnelle) : DSV, ISRA, CIRAD constituent une cellule de coordination qui analyse au quotidien les résultats de terrain pour prendre des décisions de mesures correctives au cours des réunions mensuelles de coordination (fig. 4). Lors des missions d'audit interne de l'AIEA tous les 6 mois à un an, et en cas de besoin spécifique, Marc Vreysen (AIEA) est également associé à la réunion de coordination. Un compte rendu est rédigé à chaque réunion par J. Bouyer et ces CRs sont disponibles. Ceci sert de suivi régulier des avancées du projet (monitoring sur le système de gestion et d'analyse des données) et permet également à chaque partenaire d'identifier ses tâches précisément. Un second agent du CIRAD, Geoffrey Gimonneau, a été positionné à l'ISRA depuis mars 2014 en appui partiel au projet.

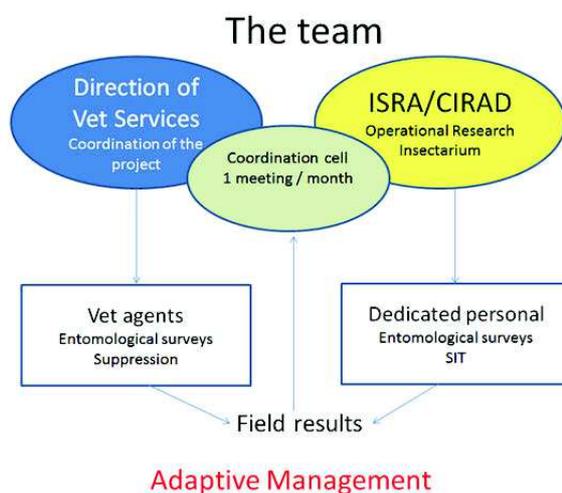


Fig. 3 : Schéma de l'organisation du projet d'éradication au Sénégal

Le Sénégal prévoit une extension à un second projet d'éradication situé dans une seconde zone, le Sine Saloum, d'une surface d'environ 5000 Km<sup>2</sup> côté Sénégal, et la même surface côté Gambie (fig. 5, zone équivalente de l'autre côté de la frontière avec la Gambie, qui devra être ciblée par ce pays).

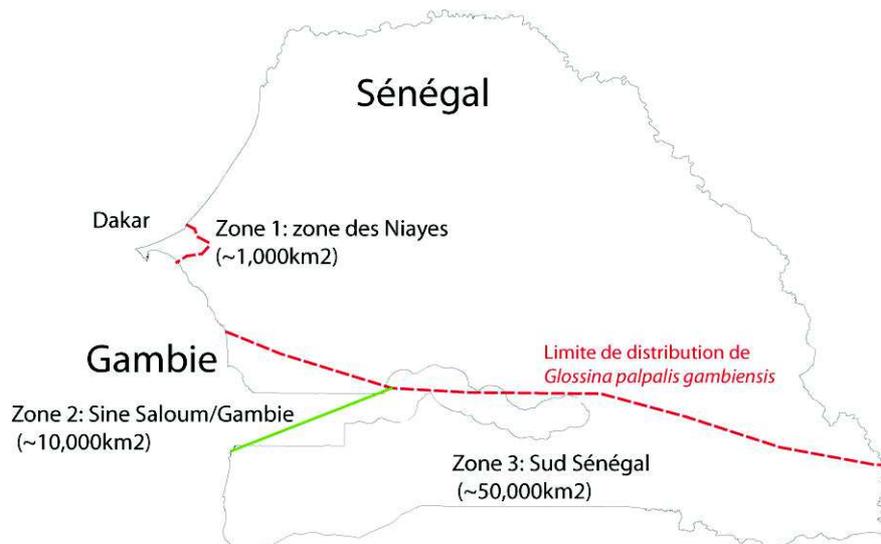


Fig. 4 : Zones ciblées par le Programme national de lutte contre la mouche tsé-tsé et la trypanosomose au Sénégal (PNLTTS), programme plus général dont fait partie le Projet de lutte contre les glossines et la trypanosomose dans les Niayes.

Ce succès a conduit l'AIEA à demander l'appui du CIRAD en Ethiopie à partir de Juillet 2015 (affectation demandée de J. B. avec prise en charge de 50% de son salaire par l'AIEA dont 30% uniquement en appui du projet Ethiopien). Les termes de référence de cette affectation incluent le transfert du système de management utilisé au Sénégal (innovation organisationnelle), le développement de la composante recherche opérationnelle du projet, et la mise en place d'un système de gestion et d'analyse rapide des données.

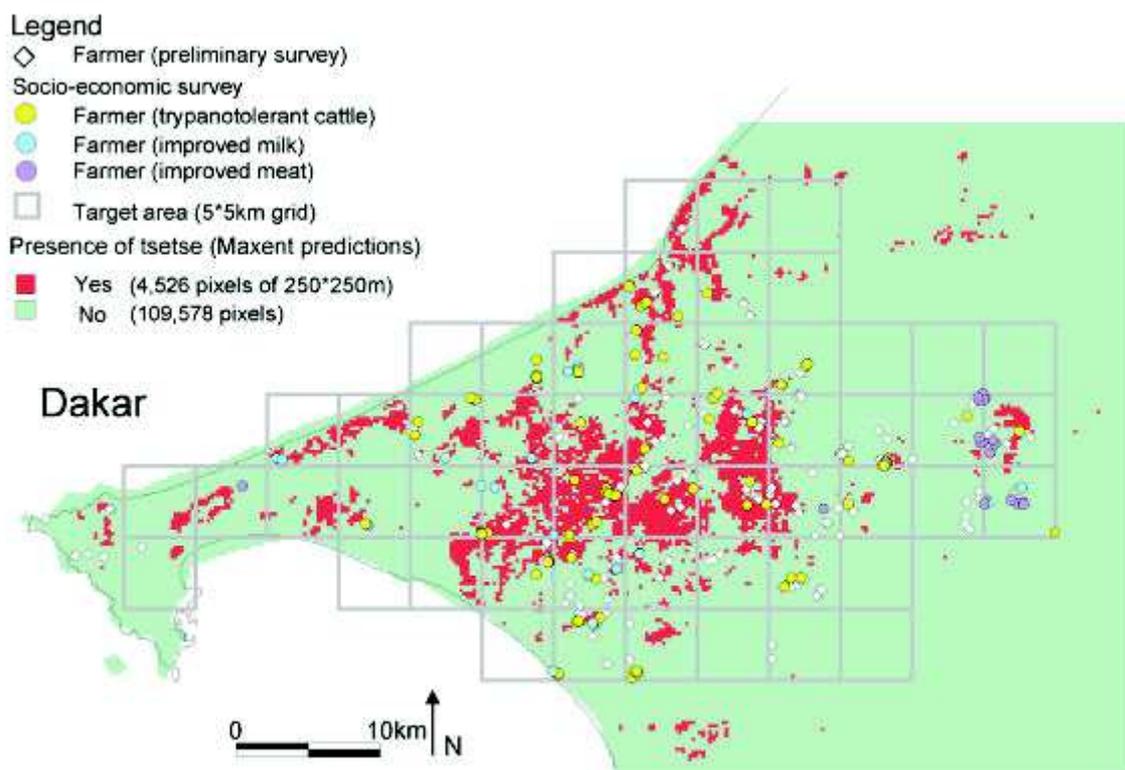
D'autres pays (notamment Mozambique, Zimbabwe et Afrique du Sud) sont en train d'initier des programmes d'éradication basés sur la TIS dans le cadre de la PATTEC (Pan African Tsetse and Trypanosomosis Eradication Campaign) basée à l'Union Africaine. Il est également prévu de transférer ces différentes composantes à ces projets, car J. B. sera positionné en appui à la PATTEC à temps partiel, également basée à Addis Ababa. Ceci fait suite à l'échec de 5 projets PATTEC faisant partie de la phase 1 financée par la BAD (Banque Africaine de Développement) (Burkina, Ghana, Mali, Kenya, Ouganda), notamment en raison d'un manque de recherche opérationnelle pendant leur phase de faisabilité, et une absence de gestion adaptative. Une partie de ces projets (Burkina, Mali, Ouganda, Kenya, avaient prévu d'utiliser la TIS mais n'en n'ont pas eu le temps, en raison de l'arrêt trop rapide des financements. L'Union Africaine a alors fait appel au CIRAD pour un transfert d'innovation. Le 6<sup>ème</sup> projet, en Ethiopie, est toujours en cours grâce à un soutien financier du gouvernement et de l'AIEA.

## Annexe 7

### Impacts de la lutte sur les populations de glossines et les trypanosomes du projet d'éradication des glossines dans les Niayes

L'impact du projet d'éradication sur la densité des glossines (Fig. 1 et 2) dans les blocs 1 (éradication depuis 2012) et 2 (réduction de > 99% des densités) a déjà provoqué une réduction très importante de la prévalence de la maladie, dont la séroprévalence trypanosomienne en est l'indicateur (Fig. 3). Les entretiens compréhensifs ont montré que les éleveurs ne faisant pas de prophylaxie médicale ont déjà perçu la diminution du nombre d'animaux atteints.

Un suivi parasitologique approfondi est en cours dans le bloc 1 afin de confirmer l'éradication des trypanosomes qui est consécutive de celles des glossines mais différée. Ce suivi permettra de répondre à la controverse sur l'importance de la vexion mécanique (sans les glossines) par rapport au maintien de ces parasites sans les glossines.



**Figure 1. Location of the study area, between Dakar and Thiès, Senegal.** The grid corresponds to 5\*5 km cells that were used to design the entomological sampling strategy during the feasibility study [14]. Pixels that could harbor *Glossina palpalis gambiense* as predicted by the Maxent model are coloured in red. White lozenges correspond to the livestock farms geo-referenced during the preliminary survey whereas circles correspond to the farms surveyed during the socio-economic survey (see text for details).  
doi:10.1371/journal.pntd.0003112.g001

Figure 1 : Zone de lutte dans les Niayes (grilles grises ~1000km<sup>2</sup>), nombre d'éleveurs estimé à ~1026 dont 70% d'éleveurs traditionnels utilisant des Djakorés, 25% d'éleveurs traditionnels utilisant des Gobras, et 5% d'éleveurs laitiers semi-intensifs à intensifs, avec une population bovine à 80,000-90,000 bovins résidents.

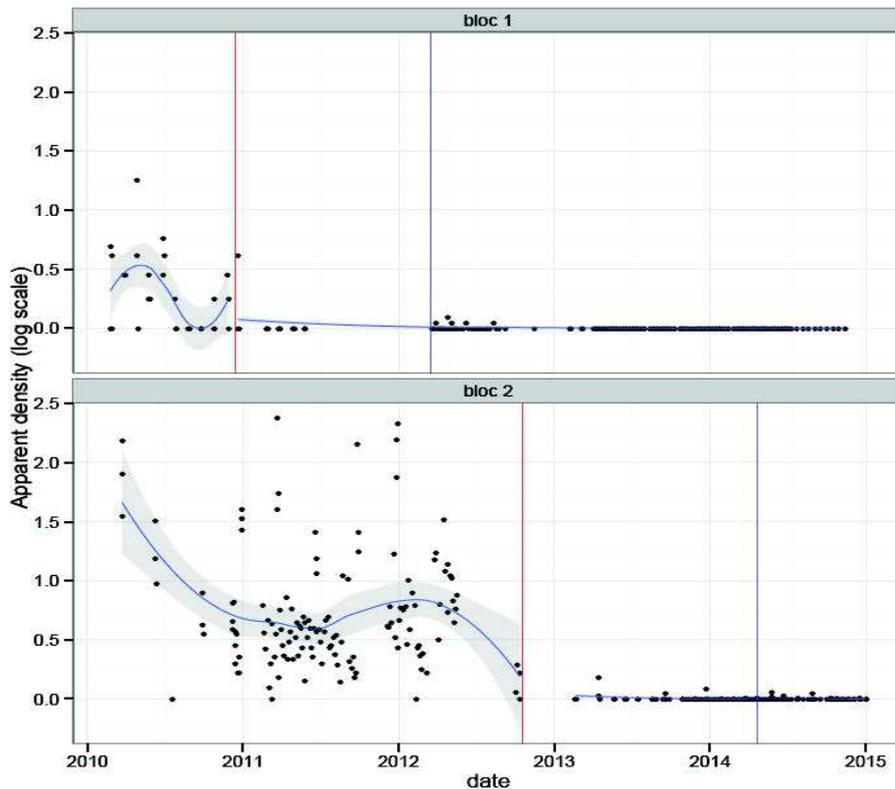


Fig. 2 : Impact du projet sur la densité des glossines dans les blocs 1 et 2 (ligne rouge = début de la phase de suppression, ligne bleue = début de la phase d'éradication)

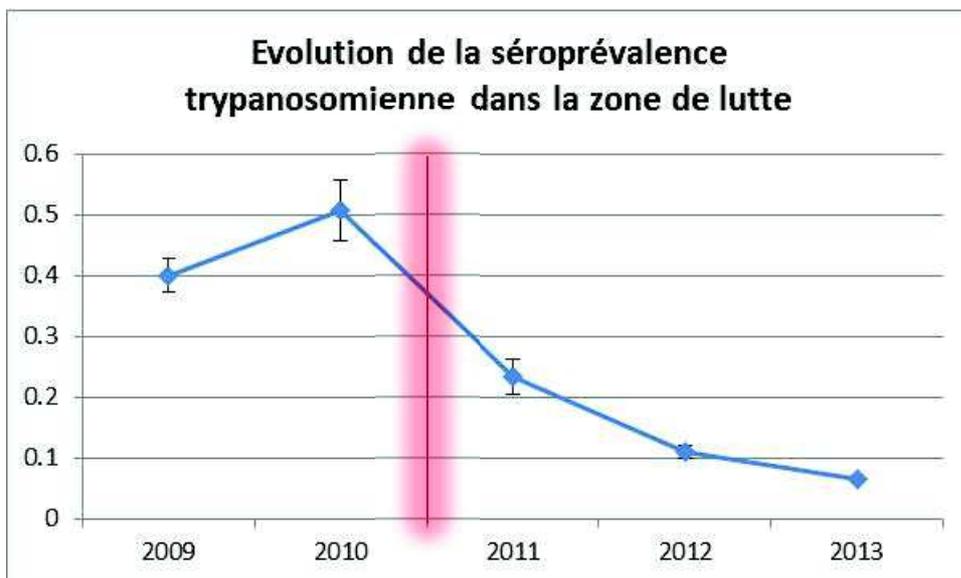


Fig. 3 : Evolution de la séroprévalence dans la zone des Niayes (Moyenne des 2 unités épidémiologiques sentinelles localisés dans les blocs 1 et 2, chaque unité comprenant plusieurs troupeaux proches avec un effectif total d'environ 100 animaux). Dans le bloc 1, la séroprévalence est équivalente à la spécificité du test ELISA (absence de transmission) depuis 2012. La ligne rouge montre le début des activités de lutte dans le bloc 1 qui avaient pour but de valider les méthodes sur une surface réduite mais ont entraîné une chute rapide des densités de glossines (phase pré-opérationnelle).



## Annexe 9

Déroulement de l'atelier participatif  
Etude de cas « projet d'éradication des glossines dans les Niayes »  
23-24 juin 2015-06-26  
ISRA, Hann, Dakar

### Ouverture de l'atelier et présentation des objectifs

Cet atelier multi-acteurs a réuni tous les acteurs partie prenante du projet d'éradication ainsi que les acteurs impactés par le projet : un groupe de chercheurs et doctorants du LNERV intervenant dans le projet, des représentants du Ministère de l'Élevage et des Productions Animales (DSV, DIREL, DEQUIN), du Ministère de l'Environnement, de l'EISMV (Ecole Vétérinaire Inter-Etats de Dakar), de la FAO-Dakar, de l'AIEA-Vienne, de l'IRD-Montpellier, du PATTEC–Addis-Abeba, de la Maison des Eleveurs de Thiès, de l'Association des Eleveurs de Mbour et d'un Agro-éleveur.

Le programme de l'atelier a été remodelé en fonction de l'avancement de la réflexion. Compte-tenu du fait que le cas est in itinere et que les impacts déjà réalisés concernent principalement l'entomologie et la parasitologie et que les délais n'ont pas permis d'observer des impacts tangibles sur les changements de pratiques au niveau des éleveurs bien que ceux-ci ont perçu le changement (récent) de contexte sanitaire, il nous est apparu opportun de travailler sur des scénarios d'évolution plutôt que sur des descripteurs d'observations réalisées. Pour rester ancré dans le terrain, nous avons travaillé à la révision/ approfondissement des logiques d'action des acteurs et des dynamiques en cours. Pour cela, nous avons soumis à débat les résultats de l'analyse croisée des études de cas (Fig. 1).

Afin de préparer ce débat multi-acteurs, nous avons organisé une rencontre le lundi 22 juin avec les éleveurs de Cayar (Annexe 5) afin de valider les résultats de l'analyse croisée et d'approfondir les logiques d'action sur le choix des races. Ainsi après une présentation des éleveurs (pour caractériser les points de vue), l'entrée du débat a été faite sur le concept intermédiaire de ce qu'est « un bon animal », sur la meilleure taille de troupeau dans les Niayes, sur les changements du contexte sanitaire, sur leurs choix d'orientation lait ou viande. Enfin, la réflexion a été approfondie sur la comparaison entre les Djakorés et les Gobras que les éleveurs avaient initié.

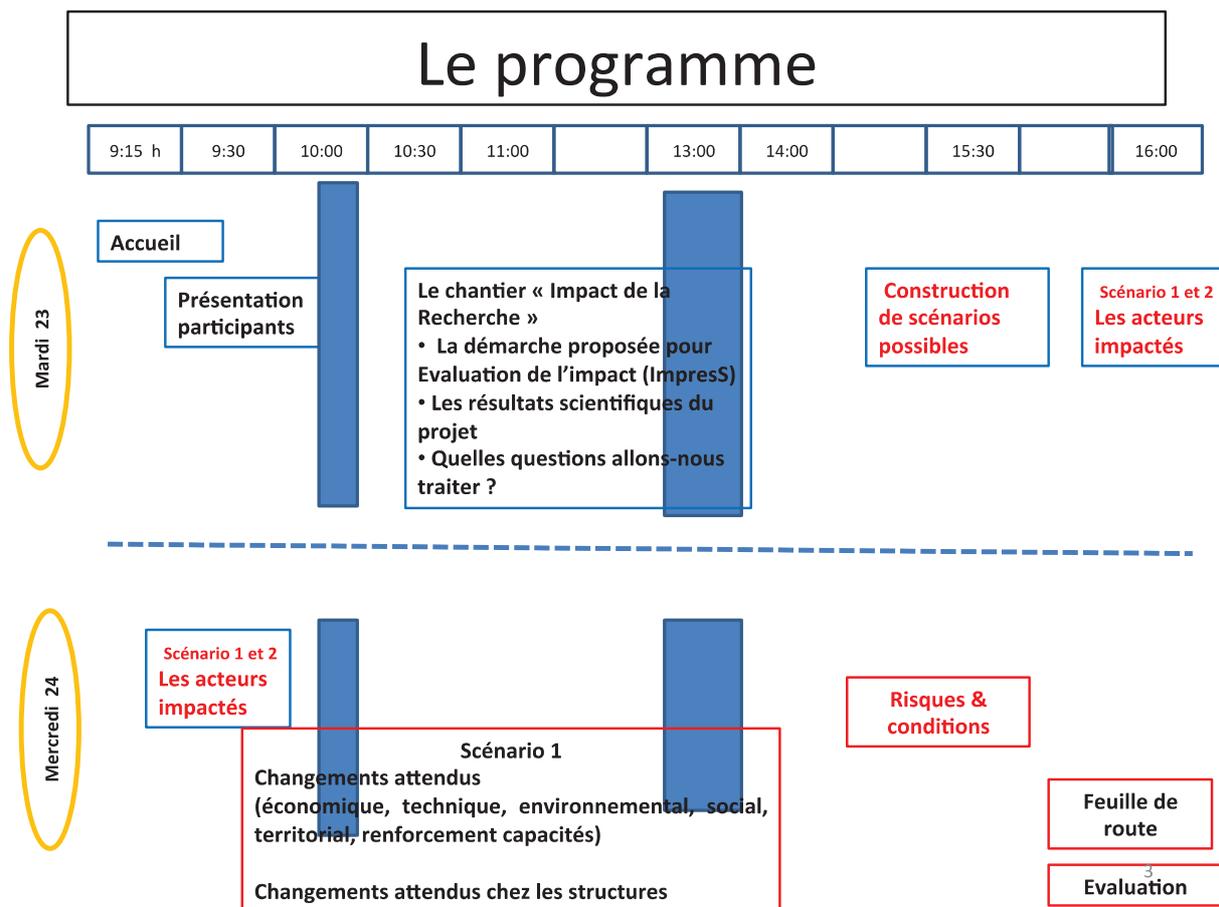


Fig. 1 : Présentation synoptique du programme de l'atelier participatif multi-acteurs (un focus group mono-acteur a été fait la veille avec les éleveurs).

3 groupes ont travaillé sur les scénarios possibles d'évolution des systèmes d'élevage. Chaque groupe a proposé un scénario probable ou souhaité. Le groupe de la DSV et partenaires a proposé un scénario « souhaité » : ainsi l'évolution idéale serait pour la DSV d'obtenir 80% d'éleveurs intensifs laitiers et 20% d'aviculteurs. Les agro-éleveurs et les agro-pasteurs changeraient tous de catégorie pour devenir des intensifs. Après discussion collective, nous sommes arrivés au consensus suivant : ce scénario est apparu improbable donc il ne sera pas la base du scénario final, bien que la réflexion sur les différents impacts liés à ce scénario ait été menée en sous-groupes.

Les scénarios des chercheurs et des éleveurs ont montré une grande proximité sur les répartitions des éleveurs entre catégories et sur la réduction de la taille des troupeaux. Nous proposons donc de nous baser sur les estimations chiffrées des éleveurs pour construire un scénario final (Fig.2). En effet, il faut encore l'adapter car la mise en place de l'exercice a induit un biais en incitant les éleveurs à garder les catégories de départ sans en créer de nouvelles. En intégrant, les commentaires et analyses des éleveurs nous pouvons en extraire des logiques d'évolution.

Par la suite, deux orientations possibles ont été données pour chaque groupe (les agro-pasteurs et les agro-éleveurs) et il semble donc logique de retenir 5 trajectoires possibles d'évolution des élevages. Le groupe des éleveurs a cependant privilégié une orientation viande pour les agro-éleveurs et une orientation plus mixte lait-viande pour les agro-pasteurs. Cette estimation chiffrée rejoint la prévision faite par les scientifiques d'une réduction de 40% de la population bovine dans les Niayes (voir l'analyse coûts-bénéfices en 3.1). En effet, les effectifs calculés sur les estimations chiffrées des éleveurs donnent un effectif total de 77300

bovins en 2015 et 42750 bovins en 2025 (soit une diminution de 45%). La période d'évolution de 10 ans a été choisie pour travailler à moyen terme mais il semble que les chiffres donnés correspondent à une évolution « à terme » de la dynamique actuelle peu corrélée avec la durée de 10 années.

Des traductions ont été demandées pour les groupes : intensifs laitiers, agro-pasteurs et agro-éleveurs. Il s'avère que ce sont des périphrases et que les éleveurs n'ont pas de terme usuel pour ces groupes dont la description a pourtant été validée (elle leur semblait satisfaisante). Il leur a été demandé une autre typologie (comment ils désignaient les différents types d'éleveurs) mais cela n'a pas permis de revoir la manière de classer les éleveurs. Les éleveurs distinguent les éleveurs intensifs laitiers des extensifs. Après, ils distinguent parmi les extensifs les peuhls. Les autres seraient donc par déduction les extensifs non peuhls ! Il existe en réalité un continuum des types d'éleveurs qui se distinguent par leurs stratégies.



Fig. 2 : Scénario d'évolution des systèmes d'élevages sur 10 ans élaboré par le groupe des éleveurs de l'atelier participatif (en vert figurent les effectifs de bovins par système d'élevage).

Sur la base des deux scénarios, celui des éleveurs et celui du Ministère, une séance de réflexion par sous-groupes a été menée pour identifier les changements attendus : les changements économiques, techniques, environnementaux, sociétaux, territoriaux et les changements de capacités.

Les principaux apports sont les suivants :

- L'éradication des glossines dans les Niayes aura un impact important sur les politiques publiques à la fois au niveau national (extension du projet au Sud, accélération de l'intensification) qu'au niveau international (influence sur les autres projets PATTEC).
- Mais l'analyse « des conditions pour que ce scénario se réalise » montre que les effets de l'éradication (les changements techniques, la formation des acteurs, la gestion des maladies émergentes, la gestion du foncier) dépendent aussi grandement des politiques publiques.
- Les effets sur l'environnement du fait des trajectoires des systèmes d'élevage sont complexes à prévoir. Ils varient beaucoup en relation avec l'évolution du nombre de bovins dans les Niayes, des surfaces cultivées (pour le fourrage en plus de l'alimentation humaine) et des mesures de gestion des effluents.

-Au niveau social, si des effets économiques positifs sont envisagés pour les éleveurs qui ont intensifié l'élevage ainsi qu'une baisse des conflits entre éleveurs ou avec les agriculteurs, il y aura des difficultés supplémentaires pour remplir les objectifs culturels (perte de statut en relation avec la taille du troupeau, moins d'accès aux bovins de race locale pour les cérémonies).

-En ce qui concerne le renforcement des capacités, de nouveaux métiers devraient apparaître ainsi que des spécialisations, d'où un besoin en formation.