

Évaluation d'impact ImpresS *in itinere* de l'éradication des glossines par la technique de l'insecte stérile au Sénégal

Jérémy Bouyer, Cirad, UMR CMAEE
Momar Talla Sec, Isra-LNERV
Fanny Bouyer, Isra / Cirad, UMR CMAEE
C. Nyonse, Isra-LNERV
Véronique Alary, Cirad, UMR Selmet



Comment citer ce document ?

Évaluation d'impact ImpresS *in itinere* de l'éradication des glossines par la technique de l'insecte stérile au Sénégal. Bouyer J., Seck MT., Bouyer F., Nyonse C., Alary V. 2016. Montpellier : Cirad, 73 p.

<https://doi.org/10.18167/agritrop/00795>



Table des matières

Sigles, abréviations.....	2
1. Présentation du cas	3
1.1 Contextes	3
1.2 Contexte général.....	3
1.3 Découpage du périmètre de l'étude de cas	4
1.4 Résumé de l'adaptation du protocole impresS pour conduire l'étude.....	7
2. Le récit de l'innovation	9
2.1 Récit chronologique de l'innovation	9
2.2 Cartographie des acteurs.....	13
3. Chemin de l'impact	15
3.1 Les inputs de la recherche.....	16
3.2 Passage des outputs aux outcomes.....	18
3.3 Passage des outcomes aux impacts [1 et 2]	18
4. Le renforcement des capacités	18
4.1 Présentation des situations d'apprentissage identifiées	18
4.2 Importance du renforcement des capacités dans la production des impacts de l'innovation.....	20
5. Mesure des impacts.....	21
5.1 Les impacts de 1 ^{er} niveau.....	21
5.2 Les impacts de 2 ^{ème} niveau	29
6. Thème transversal : l'évaluation de l'impact sur les politiques publiques	32
6.1 Contexte dans lequel est insérée la recherche	33
6.2 Acteurs publics en interaction avec la recherche.....	33
7. Retour d'expérience.....	34
7.1 Sur la méthode d'évaluation ImpresS	34
7.2 Recommandations pour la conduite de projets d'innovation similaires ou pour la suite du projet.....	34
8. Bibliographie	35
9. Annexes.....	37
Annexe 1 : Liste des participants à l'atelier participative ImpresS du 23-24 Juin 2015 à l'ISRA- LNERV, Dakar-Hann.....	37
Annexe 2 : Déroulement de l'atelier participatif de l'étude de cas « projet d'éradication des glossines dans les Niayes » organisé du 23 au 24 juin 2015 à l'ISRA-LNERV, Hann, Dakar.....	37
Annexe 3 : Analyse du Focus group avec les éleveurs du bloc 1	37
Annexe 4 : Entretiens compréhensifs d'un agent de la DSV, d'un agent de l'ISRA et de 10 éleveurs de la zone des Niayes.....	37
Annexe 5 : Questionnaire d'enquête éleveurs utilisé en 2010	37
Annexe 6 : Questionnaire d'enquête éleveurs utilisé en 2015	37
Annexe 7 : Accord de coopération entre le CIRAD et l'AIEA (confidentiel)	37
Annexe 8 : Termes de référence de l'affectation d'un expert en appui à la PATTEC (Union Africaine) et au projet d'éradication des glossines et des trypanosomoses en Ethiopie (NICETT) (confidentiel).....	37
Annexe 9 : Compte rendu de réunion du 25-27/01/16 ayant pour objet de faire un point sur l'état d'avancement du projet d'élimination des tsé-tsé dans les Niayes (confidentiel)	37
Annexe 10 : Tableau IOOI	37
Annexe 11 : Tableau Impact / Indicateurs/ Sources	37
Annexe 12 : Compte rendu de réunion de coordination du 09/02/2016 du programme NICETT, Addis Abeba, Ethiopie (confidentiel).....	37
Annexe 13 : Accord de coopération entre le CIRAD et l'Union Africaine (confidentiel).....	37

Sigles, abréviations

AIEA	Agence Internationale pour l'Energie Atomique
AW-IPM	Area-Wide Integrated Pest Management
ISRA	Institut Sénégalais de Recherche Agricole
LNERV	Laboratoire National d'Elevage et de Recherches vétérinaires
SIT	Sterile Insect Technique

1. Présentation du cas

1.1 Contextes

Le CIRAD est impliqué dans le contrôle des trypanosomoses animales en tant que contrainte sanitaire à l'élevage depuis plusieurs décennies. A l'occasion de la mise en place d'une campagne d'éradication des glossines dans les Niayes au Sénégal, il a été impliqué directement dans la mise en œuvre de ce projet suite à une demande de la DSV et en particulier dans sa composante « recherche d'accompagnement » en partenariat avec l'ISRA. La stratégie d'éradication est innovante en soi puisqu'elle représente une stratégie centralisée mise en œuvre par l'état. C'est une stratégie de lutte intégrée qui inclut une composante « Technique de l'Insecte Stérile » (SIT), reposant sur une forte composante de recherche. Enfin, de nombreuses données sur les impacts sanitaires, socio-économiques et environnementaux du projet sont déjà disponibles, ainsi que le travail en cours de deux doctorants (en sociologie de la santé et en économie du changement climatique). Ceci a conduit à le proposer comme cas d'étude in itinere dans le cadre du chantier ImpresS.

1.2 Contexte général

Les pays dits en voie de développement 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. Les vecteurs des Trypanosomoses Animales Africaines (TAA) et humaines sont les glossines ou mouches tsé-tsé. Elles sont présentes sur 8,5 millions de km² 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].

Les TAA sont ainsi décrites comme la principale contrainte sanitaire à l'élevage en Afrique subsaharienne par les scientifiques, les organisations africaines (à travers l'Union Africaine (UA) en particulier) et les producteurs des zones endémiques, en particulier dans la zone des Niayes au Sénégal. Après plus d'un siècle d'efforts de lutte, le contrôle des trypanosomoses reste un sujet non épuisé de controverses socio-techniques [Maudlin 2006].

Dans la zone des Niayes, les trypanosomoses sont endémiques et transmises par une seule espèce de glossines (*Glossina palpalis gambiensis*). En 2007, leur

prévalence sérologique était estimée à 28.7, 4.4 et 0.3% pour *Trypanosoma vivax*, *T. congolense* et *T. brucei brucei* respectivement [Seck et al. 2010]. La zone des Niayes présente une forte densité humaine [150 habitants/km²] et avec Dakar représente 80% de la population sénégalaise. En 2010, la production nationale de lait au Sénégal était estimée à 143 124 tonnes, correspondant à 1,3 L/vache/jour [FAOSTAT]. Les importations de lait étaient dominantes pour satisfaire la demande. Le lait en poudre est entre 50% et 60% moins cher que le lait produit localement, malgré une augmentation des taxes sur ce produit. En 2008, les importations ne satisfaisaient que 60% de la demande nationale (95,6 millions L) et représentait 87 millions d'euros.

En Afrique de l'Ouest, la recherche a accumulé une grande expérience sur la lutte contre les trypanosomoses. Le CIRAD y a mené un rôle de premier plan dans le cas des trypanosomoses animales (voir récit chronologique de l'innovation), de même que l'IRD pour la maladie du sommeil. Suite à une décision historique des gouvernements africains au sommet de l'Union Africaine à Lomé (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 Sénégal a initié sa campagne de lutte en 2005 ; il s'agit du « projet de lutte contre la mouche tsé-tsé dans les Niayes » [composante du Programme national qui couvre les autres zones infestées du pays], ce dernier mettant en place une lutte intégrée à l'échelle des populations totales¹ [Area Wide Integrated Pest Management (AW-IPM)] en vue de l'éradication des populations cibles (<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. Les principales controverses portent d'une part sur la désirabilité 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, Bouyer et al. 2013b, Vreysen et al. 2013]. En effet, il n'est possible d'éradiquer les glossines que dans un nombre limité de cas où les populations cibles sont isolées. Dans le cas contraire, il est préférable de renforcer les services vétérinaires et les populations bénéficiaires (empowerment) de manière à obtenir des résultats durables. Le CIRAD a récemment conduit une recherche avec ses partenaires [IAEA et FAO] permettant de discriminer ces deux situations [Bouyer et al. 2015b], ce qui limite fortement cette controverse et permet une meilleure entente des différentes agences internationales impliquées dans le débat. En ce qui concerne les méthodes de lutte appropriées pour l'éradication des glossines, le projet d'éradication des glossines dans les Niayes a

1 La population ciblée est concernée entièrement par la lutte, en tenant compte de ses relations avec les populations voisines pour

éviter toute possibilité de ré-invasion des zones libérées.

également confirmé récemment que dans le cas des glossines riveraines, seule la Technique de l'Insecte Stérile permet d'obtenir ce résultat (Dicko et al. 2014), ce qui avait déjà été démontré précédemment [Cuisance et al. 1980, Cuisance and Politzar 1983, Cuisance et al. 1984, Takken et al. 1986] mais « oublié » ou contesté en raison de certains succès contre les glossines de savane sans cette technique dans des environnements particuliers [couvert arboré très ouvert], qui ont relancé la controverse [Kgori et al. 2006].

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 sanitaire que pour l'amélioration des productions animales (innovations génétiques et zootechniques). Dans ce sens, l'innovation s'inscrit alors dans un processus d'intensification, c'est-à-dire 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. 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.

1.3 Découpage du périmètre de l'étude de cas

1.3.1 Quelle(s) innovation(s) ?

L'innovation 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, l'AIEA 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 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).

1.3.2 Histoire de l'innovation

Le Schéma suivant (fig. 1) présente la chronologie d'exécution du projet d'éradication des glossines dans les Niayes, qui est détaillée dans le récit de l'innovation.

Cependant, la chronologie de l'innovation « éradication des glossines par la technique de l'insecte stérile » est bien différente, d'autres projets auxquels le CIRAD a participé –ou pas– en étant à l'origine (Fig. 5 & Tab. 4, voir inputs de connaissance).

1.3.3 Espace géographique

Impacts de premier niveau² : Sénégal (zone des Niayes) (Fig. 3)

Impacts de second niveau³ : Sénégal et Afrique

1.3.4 Premières hypothèses d'impacts

L'hypothèse de base est que les trypanosomoses animales représentent un verrou socio-technique qui va libérer l'innovation dans les élevages, permettant aux éleveurs de s'affranchir des races trypanotolérantes peu productives pour cibler des races plus productives (locales ou exotiques). Leur éradication va donc entraîner la disparition des trypanosomoses animales de la zone d'étude, et va s'en suivre une intensification des systèmes d'élevage. La Figure 3 présente le premier chemin d'impact élaboré suite à l'école chercheur.

2 Etant donné que ce cas est « in itinere », seuls les impacts de premier niveau feront l'objet d'une tentative de quantification.

3 Ces impacts incluent le scaling out (transfert des méthodes et de l'organisation développées en cours en Ethiopie), le scaling up (élaboration d'un projet permettant d'optimiser la lutte contre les

glossines au niveau de l'Union Africaine, en appui aux pays membres), et de spillover (développement d'une nouvelle méthode de lutte génétique contre les moustiques, les mouches des fruits et les glossines à l'échelle mondiale, avec développement d'un projet ERC).

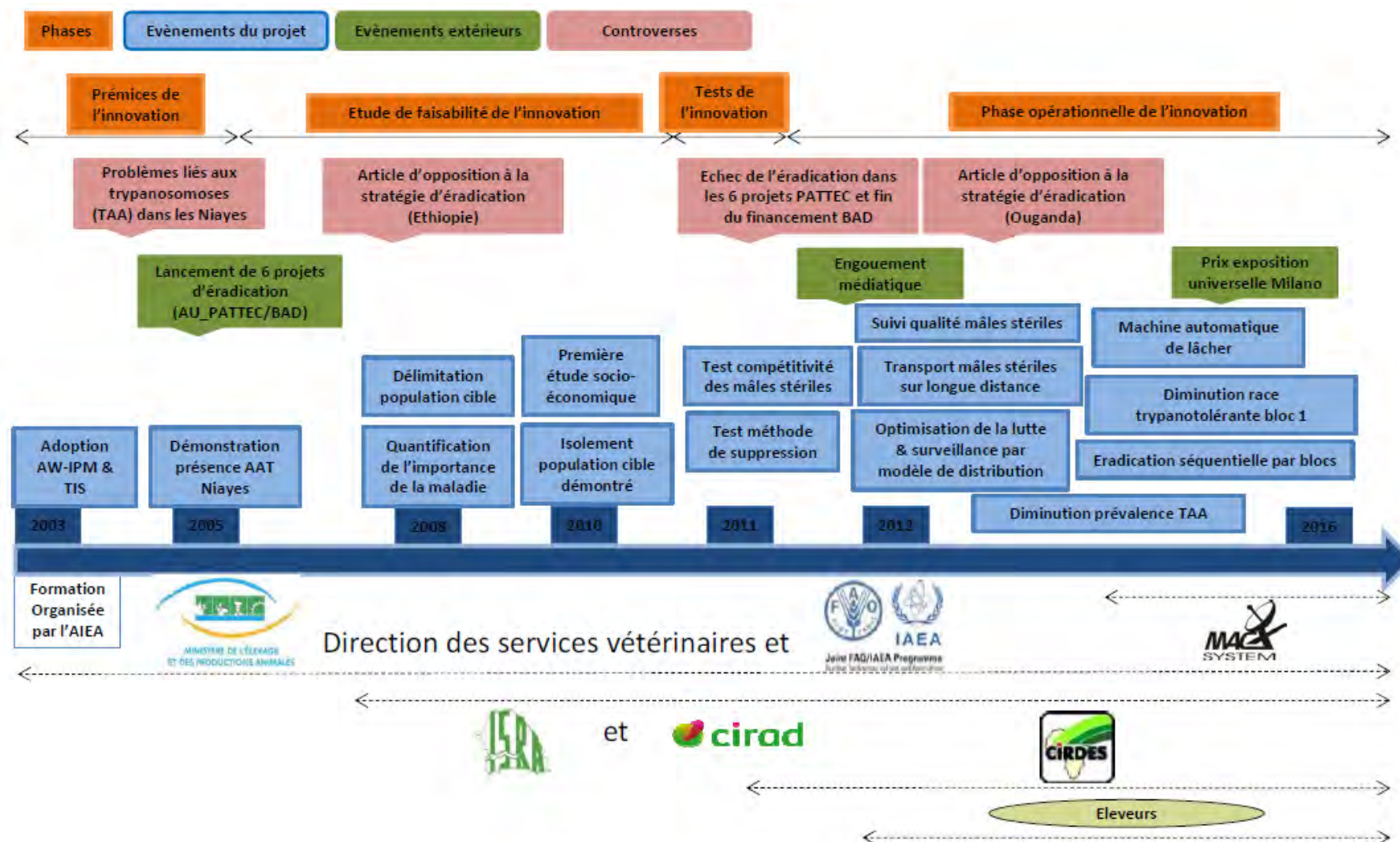
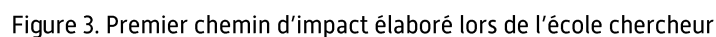
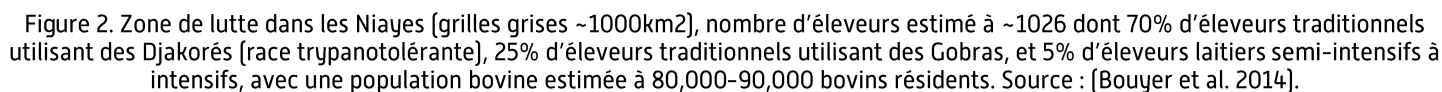


Figure 1. Chronogramme de l'innovation « éradication des glossines dans les Niayes par la Technique de l'Insecte Stérile (TIS) ».



1.4 Résumé de l'adaptation du protocole impresS pour conduire l'étude

L'étude s'est déroulée de Juillet 2010 (première enquête socio-économique) à Juin 2016 (correction du rapport final).

Tableau 1. Adaptation du protocole impresS au cas glossines

Phases	Objectifs	Actions	Outils effectivement utilisés	Explications / justifications
1-Préparation	-Délimitation périmètre cas (Temps, espace, acteurs) - 1^{er} récit innovation (chercheur) -1^{ère} hypothèse d'impacts espérés (chercheur)	Temps : Date de début= cas ex-post Fin = prévision (diverses options possibles) Le récit s'inscrit dans un chronogramme non achevé Chercheur part d'une intention de changement en lien avec une finalité (SDGs)	Utilisation des outils préconisés par le guide	
2-Confrontation	1er Atelier participatif -validation du récit -1^{ère} élaboration d'hypothèses d'impacts (acteurs)	-Relever les descripteurs des acteurs permettant d'améliorer le récit initial et de commencer à faire émerger des hypothèses d'impacts -à travers les échanges, identifier les acteurs qui seront réunis en focus groupes pour travailler aux changements espérés (phase de collecte)	Utilisation des outils préconisés par le guide	Cet atelier a été poussé jusqu'à la réalisation de scénarios d'évolution de l'élevage dans la zone d'étude par les éleveurs, suite à l'éradication des glossines. 1 Focus groupe mon acteur (éleveurs traditionnels) + 1 Focus groupe multi-acteurs (appui Henri Hocde)
3-Collecte	-Collecter des éléments pour améliorer le récit - Construire un récit futur -Rassembler les éléments qui aideront le chercheur à cartographier « en chambre » les inputs, outputs, les premiers outcomes et impacts espérés avec leurs liens de causalité, au sein d'un ou de plusieurs chemin(s) d'impact	Faire un ou deux focus groupe avec des représentants des acteurs majeurs de l'innovation mais aussi des individus qui peuvent avoir des visions différentes pour évoquer le passé récent, le présent (récit de l'innovation) et construire un récit futur qui s'apparente à de la prospective. (cf. théorie du changement [CGIAR]).	Oui (Collecte éléments) Oui (Construire un récit futur) Oui (Chemin d'impact)	Collecte de données socio-économiques en 2010 puis en 2015 dans le premier bloc où l'éradication des glossines est effective depuis 2012. Utilisation des 10 cas d'étude par entretiens compréhensifs pour améliorer le récit (thèse F. Bouyer)
4-Cartographier hiérarchiser	- Identifier les descripteurs pour construire les impacts espérés et les indicateurs - Valider et hiérarchiser les impacts potentiels de 1er et 2ème niveau	Travail « en chambre » Le futur étant imprévisible, il est suggéré d'établir deux ou trois scénarios (et leurs chemins d'impact correspondants) qui alimentent la théorie du changement définie avec les acteurs.	Oui (Identification des descripteurs) Oui (Validation impacts potentiels) Non (Pas de mesure des impacts 2 pour les cas in itinere)	Le scénario principal a été confronté à deux scénarios tenant compte du potentiel changement climatique global et les impacts économiques ont été évalués quantitativement par de la modélisation (thèse A. Dicko)
5-Validation	2nd atelier participatif -validation des hypothèses et scénarios de chemins d'impacts		Non	Un seul atelier jugé nécessaire suite aux entretiens compréhensifs + focus groupes qui ont été validés par la seconde enquête socio-éco (stage Carole Nyonse). Le rapport final a été relu et validé par DSV et la fiche de synthèse par DSV et AIEA.

Tableau 2. Rôle des différents membres de l'équipe cas

Membres de l'équipe	Rôle	Actions
Jérémy Bouyer	Porteur	Supervision globale, analyse des données, rédaction du premier récit / rapport
Momar Talla Seck	Co-Porteur sud (ISRA)	Validation du récit, organisation de l'atelier participatif, correction du rapport
Fanny Bouyer	Co-Porteur (PhD)	Validation du récit, construction du chemin d'impact, identification des descripteurs, organisation de l'atelier participatif, entretiens compréhensifs, correction du rapport
Véronique Alary	Référant	Discussions sur le récit et le premier chemin d'impact, correction du rapport
Henri Hocde	Animateur	Organisation de l'atelier participatif et participation aux focus groupes
Carole Nyonse	Stagiaire de Master EISMV	Réalisation de la seconde enquête socio-économique
Ahmadou H. Dicko	PhD	Modélisation économique et analyse coûts-bénéfices des différents scénarios élaborés
Baba Sall	DSV	Validation du récit, correction du rapport
Marc Vreysen	AIEA	Validation du récit, correction du rapport

1.4.1 Quels outils de collecte ?

Nous avons utilisé la littérature pour caractériser la zone d'étude (publications de rang A et thèses universitaires), le système épidémiologique, les systèmes d'élevage et leur productivité. La littérature grise a concerné les rapports annuels du projet, les rapports mensuels du comité de coordination du projet (un rapport par mois), les rapports de stages réalisés dans le cadre du projet, ainsi que les rapports scientifiques du projet auprès des bailleurs de fond justifiant des activités menées. Enfin, les entretiens compréhensifs réalisés dans le cadre de la thèse de F. Bouyer (avec des éleveurs, un chercheur en zootechnie de l'ISRA et un responsable de la DSV) constituent également une source écrite de renseignements.

Un seul atelier participatif a été mené avec l'ensemble des catégories d'acteurs impliqués dans le projet et quelques « discutants » externes : chercheurs, techniciens, acteurs du développement, enseignant à l'Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaire de Dakar (EISMV), Ministère de l'Élevage et des Productions animales [Direction des services vétérinaire et Direction de l'Élevage], éleveurs, responsable d'association d'éleveurs (voir Annexe 1 pour liste détaillée et Annexe 2 pour rapport de l'atelier participatif). Un focus groupe a été réalisé pendant cet atelier.

Un autre focus groupe a été réalisé uniquement avec des éleveurs le 22 Juin 2015 à Kayar (rapport en Annexe 3): 9 éleveurs du GIE de Kayar (dont 8 hommes, 5 sur 9 avaient un troupeau hérité et 4 sur 9 un troupeau acheté), le Chef du Poste vétérinaire de Kayar, Ndèye Ndiapaly DIACK, Henri Hocde (chercheur CIRAD), Carole Nyonse, Iba Male (technicien / traducteur ISRA). Ce focus groupe a été réalisé préalablement à l'atelier participatif, pour valider et approfondir les hypothèses émises suite aux entretiens compréhensifs poussés (4 à 5 séances d'une demi-journée par éleveur) avec 10 éleveurs, un agent de la DSV coordonnateur du projet et une zootechnicienne de l'ISRA indépendante du projet (voir Annexe 4).

Une enquête préliminaire par questionnaire (voir Annexe 5) a été réalisée en 2010 et a porté sur 192 éleveurs dont 186 ont été exploités car complets (Bouyer et al. 2013a). Une seconde enquête par questionnaire a été réalisée de Mai à Juillet 2015 dans le cadre de ce chantier (stage de Master de Carole Nyonse), en se basant sur le même questionnaire toutefois complété par quelques questions sur des indicateurs d'innovation afin de préciser les hypothèses sur le chemin d'impact (voir Annexe 6). Cette seconde enquête a porté sur 63 éleveurs, dont 23 avaient déjà été enquêtés en 2010, ce qui a permis de mesurer des évolutions (trajectoires) de composition de troupeau permettant de valider les hypothèses sur la théorie du changement établie (évolution des rapports relatifs des différentes races notamment).

On peut noter deux adaptations principales :

- Un seul atelier participatif a été réalisé en raison d'une initiation de longue date de l'analyse d'impact (2010) qui même si elle n'était pas à l'origine basée sur la méthode ImpresS a permis d'arriver rapidement à une théorie du changement à proposer aux éleveurs et autres acteurs du projet pour validation, avant le départ du porteur de cas du Sénégal en Juillet 2015 ;
- Bien que la quantification des impacts du projet n'était pas prévue par la méthode ImpresS pour les cas in itinere, il a été décidé de tester économiquement trois scénarios car les co- porteurs ne sont pas convaincus par l'intérêt d'une approche purement qualitative et que suffisamment de données et de moyens statistiques étaient disponibles pour réaliser cette étude, à même de valoriser beaucoup mieux les résultats de la méthode ImpresS (Dicko et al. 2016).

2. Le récit de l'innovation

2.1 Récit chronologique de l'innovation

2.1.1 Processus d'élaboration du récit

Le premier récit a été élaboré par J. Bouyer, puis corrigé par F. Bouyer, M.T. Seck. Ensuite, V. Alary, D. Barrette et H. Hocde ont contribué à améliorer ce récit en interaction avec les porteurs de cas. Les discussions menées lors des écoles-chercheurs ont également permis de l'améliorer. Les entretiens compréhensifs menés avec les éleveurs, un vétérinaire zootechnicien de l'ISRA et un responsable de la DSV ainsi que les discussions menées avec d'autres chercheurs (IRD) et organismes de développement ont permis de l'affiner. Enfin, l'atelier participatif de juin 2015 à l'ISRA a permis de le valider. La rédaction de ce rapport, corrigé par la DSV, l'ISRA et l'AIEA a permis de le finaliser.

2.1.2 Le récit de l'innovation final

2.1.2.1 Les projets de recherche précédant le cas d'étude

Dans les années 1970, divers projets de recherche coordonnés par le CIRAD en Afrique Centrale [Cuisance and Itard 1973a, b, 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 permis de nombreuses découvertes sur l'élevage de masse, l'irradiation, la survie et la compétitivité des mâles stériles. Ils 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 km²). Ces différents essais ont démontré que la TIS était utilisable chez les glossines riveraines et pouvait permettre de les éradiquer [Tab.4].

Ces premiers résultats de recherche ont conduit d'autres équipes à tester la TIS au Nigeria sur une plus grande surface [1500km²], qui ont confirmé l'éradication des populations cibles dans la zone centrale par cette méthode [300km²], 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 cependant été ré-envahie dès la fin du projet de recherche.

2.1.2.2 Projet de recherche-développement mené par le CIRAD : la zone agro-pastorale du Sidéradougou

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 [3000km²]. 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 [les glossines ont bien 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 des troubles socio-

politiques qui ont impacté sur le fonctionnement du CIRAD. L'impact social du projet n'a donc pas été mesuré en raison d'un effet très temporaire sur la transmission, mais sa rentabilité économique a été démontrée [Brandl 1985]. Plus tard, il a cependant été démontré que deux des trois espèces de glossines initialement présentes étaient revenues dans cette zone, qui se trouvait à nouveau dans une situation d'enzootie⁴ trypanosomienne [Desquesnes et al. 1999, de La Rocque et al. 2001]. 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.

2.1.2.3 Projets menés par l'AIEA

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].

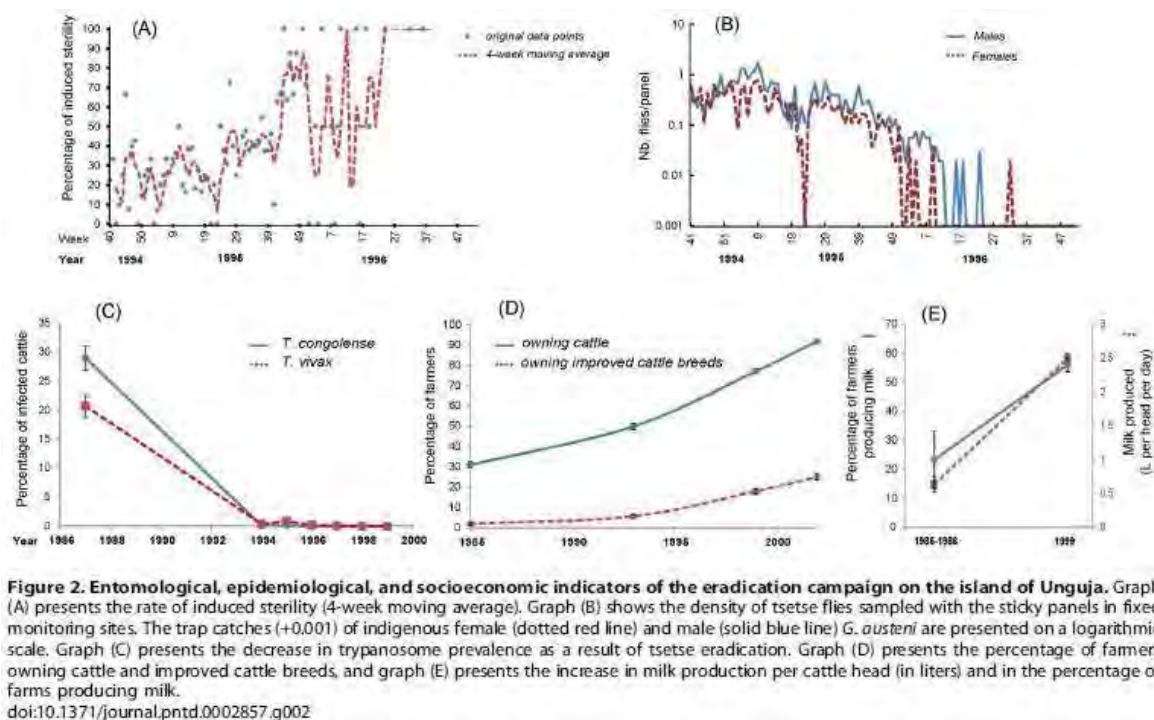
Dès les années 1970, l'AIEA a mené indépendamment du CIRAD des recherches sur les techniques d'élevage de masse et d'irradiation des glossines [Vreysen 1995] dans son laboratoire spécialisé en Autriche [Insect Pest Control Section, Seibersdorf]. L'AIEA a également initié dans les années 1990 un programme 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 – sur une île – [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 1650 km². 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. 2014]. 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. 4]. 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 (croisement 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. Ces résultats ont fortement influencé l'élaboration du chemin de l'impact du projet d'éradication dans les Niayes.

4 Transmission continue ou endémique de la maladie.

Une autre évaluation socio-économique, parasitologique et entomologique de ce projet a été réalisée en 2014-2015 et les résultats seront disponibles très prochainement. Suite à une enquête parasitologique et sérologique importante, il a été démontré que, jusqu'à aujourd'hui, les trypanosomoses transmis cycliquement ne circulent plus

sur cette île [M. Vreysen, com. pers.]. Quelques cas de *T. vivax* ont cependant été observés sans atteinte clinique des animaux, qui pourraient correspondre à de la transmission mécanique ou à des faux positifs. Cette étude permettra de préciser les impacts de l'éradication des glossines attendus sur le long terme.

Figure 4. Impact de la campagne d'éradication des glossines à Zanzibar, source : [Vreysen et al. 2014].



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 750km² (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, le National Institute for Tsetse and Trypanosomosis Control and Eradication) et de zone ciblée (~60,000km² 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* et *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.

2.1.2.4 Projet de lutte contre les glossines et la trypanosomose dans les Niayes (1^{er} projet commun à l'AIEA et au CIRAD)

Phase initiale (2003-2007)

Le « Projet de lutte contre les glossines et la trypanosomose dans les Niayes » a démarré au Sénégal par une phase préparatoire qui a débuté en 2003 avec deux missions d'experts, l'élaboration d'une requête à l'AIEA sur la base des conclusions des missions d'experts et l'avis positif du Conseil des Gouverneurs de l'AIEA. Les activités ont concrètement démarré en 2007 avec la formation des agents, l'acquisition d'équipements et la collecte des données de base [Fig. 1].

Grâce à son climat, cette zone périurbaine de Dakar est favorable à l'intensification de l'élevage bovin, pour lequel existe une demande élevée, notamment en lait (la zone regroupe près de 80 % de la population sénégalaise). Toutefois, une population isolée de glossines y maintient la transmission de trypanosomoses, ce qui réduit la production de lait et de viande et du travail animal (traction équine impactée) d'environ 30 % et entrave l'intensification. En maîtrisant la maladie, le projet vise à permettre aux communautés d'éleveurs qui le souhaitent d'adopter des races plus productives et de réduire la taille des troupeaux dans un contexte où les contraintes foncières limitent cette taille et posent des problèmes d'alimentation. L'initiative du projet revient à Baba Sall (actuel coordinateur du projet) suite à sa participation à un cours organisé par l'AIEA à Kelowna en Colombie britannique (Canada) en 2002 sur le AW-IPM principe, où il

y a fait état de l'échec⁵ de la campagne d'éradication dans les Niayes organisée en 1970-1974 par pulvérisation d'insecticides rémanents [Touré 1972, Touré 1973], 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 ré-infestation ou à une résurgence dans les deux cas. Le Sénégal a ensuite démontré une volonté politique forte pour la mise en place de ce projet sur la base des principes AW-IPM.

C'est à la même époque, à une conférence de l'AIEA organisée en 2005 à Vienne [voir contenu dans (Vreysen et al. 2007)] où les résultats et méthodes des projets TIS menés notamment aux Amériques 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 des chercheurs des USA.

Étude de faisabilité (2007-2010)

De 2007 à 2010, une étude de faisabilité a permis de démontrer l'importance des trypanosomoses dans la zone ciblée [Seck et al. 2010], ainsi que de délimiter une population cible sur 1000km² [Bouyer et al. 2010] et de démontrer l'isolement de cette population par génétique des populations [i.e. en cas d'éradication, cette zone ne peut être ré-envahie naturellement] [Solano et al. 2010]. A la demande de la Direction de l'Élevage au Sénégal, 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. Cette demande a fait suite à une série d'expertises de ce dernier en 2007 au Sénégal dans le cadre de l'étude de faisabilité, financées par l'AIEA en appui au projet.

L'importance des méthodes développées par la composante recherche du projet [ISRA-CIRAD] a été capitale dans cette phase, réduisant par exemple les coûts d'échantillonnage de plus de 90% pour délimiter la population cible [Bouyer et al. 2010]. La démonstration de l'isolement de cette population a également permis de s'orienter vers une stratégie d'éradication.

Phase pré-opérationnelle (2010-2011)

De 2010 à 2011, la phase pré-opérationnelle a permis de mettre en place une méthode de transport des mâles irradiés par DHL sous forme de pupes⁶ [Pagabeleguem et al. 2015], d'étudier la qualité, la compétitivité, la survie et la dispersion des mâles stériles qui en sont issus [Seck et al. 2015], 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].

Chaque étape a fait l'objet de développements méthodologiques et technologiques. Les habitats favorables aux glossines ont été identifiés par télédétection à partir d'un modèle de distribution des populations [Dicko et al. 2014]. Grâce à ce modèle, le nombre de pièges au km² pour diminuer de plus de 95 % la densité des glossines a été réduit de 30 %. Ce même modèle a été utilisé pour paramétrer les densités de mâles stériles à lâcher [10 mâles stériles par km² si l'habitat est défavorable ; 100 s'il est favorable]. Ces mâles stériles ont été produits et irradiés au Burkina Faso, par le CIRDES [Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide], en Slovaquie, par la Slovan Academy of Science et dans une moindre mesure à l'insectarium de l'AIEA à Seibersdorf, Autriche. Ils ont été transportés au Sénégal par courriers rapides dans les conditions réglementaires et optimales pour garantir leur survie [température de 10° C notamment]. Une méthode innovante issues des mouches des fruits a également été élaborée pour mesurer la qualité des mâles stériles avant lâcher [Seck et al. 2015].

Les mâles stériles ont ensuite été élevés pendant six jours dans un insectarium à l'ISRA [Institut sénégalais de recherches agricoles], puis relâchés d'abord au sol, puis par voie aérienne avec des boîtes en carton avant l'avènement des machines montées sur gyrocoptère. La première machine a été mise au point par une entreprise mexicaine. Elle est pilotée par un système d'information géographique [SIG] qui permet d'ajuster la quantité des mâles stériles qu'il est nécessaire de lâcher en fonction des densités de glossines sauvages (estimées via la proportion d'habitat favorable) pour atteindre l'objectif visé [Mubarqui et al. 2014]. Installé dans une tablette androïde, ce SIG permet au pilote de se concentrer sur le suivi des lignes de lâcher, l'appareil débutant automatiquement le lâcher à l'entrée d'une zone cible et l'arrêtant à la sortie. La première machine de lâchers automatique de glossines par voie aérienne a ainsi été élaborée et testée en collaboration avec l'équipe Mubarqui [Mexique] à cette occasion [Mubarqui et al. 2014]. Toutefois, ce prototype calé sur le système de lâchers des mouches des fruits, était surdimensionné pour les mouches tsé-tsé. Suite aux nombreux problèmes rencontrés, une machine locale a été construite et mise en service. Cette machine élaborée par le CIRAD et ses partenaires est actuellement en train d'être brevetée et une version améliorée en préparation. La compagnie mexicaine a produit un deuxième prototype qui ne marche pas.

Une nouvelle méthode a également été mise en place pour une discrimination des mâles stériles et sauvages sur une base moléculaire [Pagabeleguem et al. 2016a]. Enfin, différentes souches de glossines ont été comparées pour trouver la plus adaptée à cette zone de lutte [Pagabeleguem et al. 2016b].

5 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

6 Les pupes sont les nymphes des diptères qui donnent naissance aux adultes et sont beaucoup plus « solides » leur permettant d'être transporté à distance.

Phase opérationnelle (2012-présent)

Cette phase correspond à une mise en œuvre des méthodes et de l'organisation élaborées dans les phases précédentes [notamment adaptive management] d'une façon presque « militaire » pour aboutir à l'éradication des glossines.

Ce projet connaît actuellement un succès important du point de vue de son impact sur les glossines et sur la transmission de la maladie, qui est actuellement interrompue. Ses impacts seront détaillés dans la section « mesure des impacts ». Il a été primé parmi les « meilleurs exemples de bonnes pratiques pour le développement durable des petites communautés rurales » à l'expo Milano 2015⁷.

2.1.2.5 Futures collaborations CIRAD-AIEA

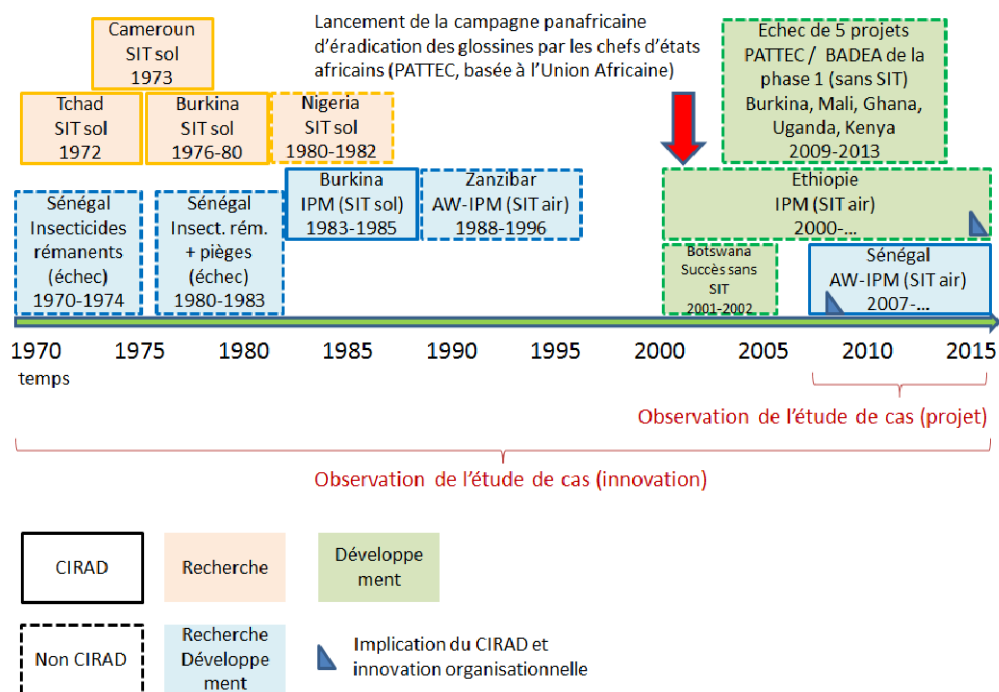
Le succès du projet Sénégalais a conduit l'AIEA et le CIRAD à conclure un accord cadre de collaboration prévoyant d'amplifier les collaborations sur la TIS en général (voir Annexe 7).

Dans ce cadre, l'AIEA a demandé l'appui du CIRAD en Ethiopie à partir d'août 2015. L'affectation demandée de J. Bouyer avec prise en charge de 50% de son salaire par l'AIEA dont 30% uniquement en appui du projet Ethiopien a fait l'objet d'une convention particulière à l'accord cadre précédemment cité. 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 (voir

Annexe 8). J. Bouyer a été affecté récemment dans ce projet [août 2015], et le transfert du système de gestion adaptative [adaptive management] élaboré au Sénégal est déjà réalisé. Il est actuellement en œuvre [déjà trois réunions effectuées] et permet de traiter rapidement les problèmes identifiés.

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. Bouyer est également positionné en appui à la PATTEC à temps partiel [25%]. 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 ou d'une absence complète de 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. Le 6^{ème} projet, en Ethiopie, est toujours en cours grâce à un soutien financier du gouvernement éthiopien et de l'AIEA. L'AIEA a alors fait appel au CIRAD pour un transfert d'innovation (voir Annexe 8).

Les actions mises en œuvre dans le cadre de la collaboration CIRAD-AIEA-Ethiopie et CIRAD- AIEA-UA sont décrites dans la section « impacts de 2^{ème} niveau » en tant que scaling up.



7 <http://magazine.expo2015.org/en/innovation/eradicating-the-tsetse-fly-to-save-farms-in-senegal>

2.2 Cartographie des acteurs

2.2.1 Acteurs majeurs

Les acteurs principaux du projet sont :

- Direction des Services Vétérinaires et agents vétérinaires (Baba Sall, coordonnateur du projet et Ismaila Seck, suppléant, basés à la direction des services vétérinaires, et une dizaine d'agents dans les services départementaux et postes vétérinaires) ;
- Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (Momar Talla Seck, responsable du volet recherche et directeur du LNERV, Assane Gueye Fall, suppléant, une thésarde, trois techniciens dédiés recrutés en CDD) ;
- CIRAD (Jérémy Bouyer, rôle informel de conseiller scientifique et Geoffrey Gimonneau, suppléant, un post-doc d'une année, une thésarde ISRA-CIRAD) ;
- CIRDES (Fournisseur de 70% des pupes irradiées et partenaire de recherche, Jean Baptiste Rayaissé, responsable de l'insectarium, 4 techniciens CDI) ;
- SAS (Insectarium de Slovan Academy of science, fournisseur de 20% des pupes irradiées, Peter Taback, responsable de l'insectarium, deux techniciens CDI) ;
- IAEA (Insectarium de Seibersdorf, fournisseur de 10% des pupes irradiées, Andrew Parker, responsable de la production, 2 techniciens CDI).

Le projet d'éradication des glossines dans les Niayes 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. 8). 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 et ces CRs sont disponibles et ont été utilisés pour mener cette étude (exemple de CR en Annexe 9, confidentiel). 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 de mars 2014 à Nov. 2015 en appui partiel au projet.

Le CIRAD a également contribué, en partenariat avec l'ISRA, à l'élaboration de différentes innovations plus techniques ou scientifiques. Le CIRAD assure également le transfert de ces méthodes à d'autres projets d'éradication, notamment en Ethiopie.

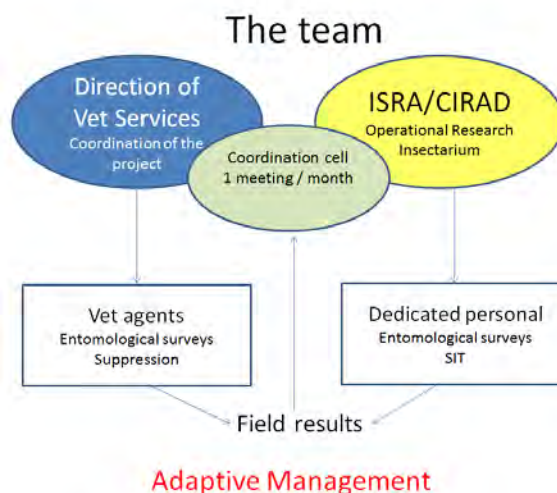


Figure 6. Schéma de l'organisation du management du projet d'éradication au Sénégal

2.2.2 Acteurs qui influent sur le processus d'innovation

Les Acteurs qui influent sont :

- L'AIEA, en particulier Marc Vreysen, point focal du projet à l'AIEA et directeur de l'unité de recherche « Insect pest Control », Andrew Parker, responsable du groupe glossines et impliqué sur des actions de recherche portant sur la qualité, la production, l'irradiation et le transport des mâles stériles, 2 techniciens CDD). L'AIEA a un appui triple à travers la division jointe FAO-AIEA sur les Techniques nucléaires pour l'alimentation et l'agriculture qui appuie techniquement le projet et met également en place des recherches sur toutes les composantes amont des lâchers de mâles stériles (irradiation, transport, lâchers...), le Département de la coopération technique qui nous appuie financièrement et à travers son programme PUI⁸ (Peacefull Use Initiative) qui a permis l'appui financier du département d'état américain ;
- L'Union Africaine, qui chapeaute le projet dans le cadre de la PATTEC, appuie politiquement le projet et participe à la diffusion des résultats dans d'autres pays ;
- Le Groupe Mubarqui, Mexique, qui a développé la première machine automatique de lâcher aérien de mâles stériles et nous a offert deux prototypes gratuitement ;
- Les populations à travers l'élimination des nuisances dues aux piqûres des glossines.

2.2.3 Acteurs qui s'opposent au processus d'innovation

Il existe un groupe d'opposants au principe même d'éradication, qui jugent que c'est une option non durable et que la TIS est une technique trop coûteuse d'éradication des glossines. L'essentiel du débat, auquel nous avons participé, est synthétisé dans trois articles récents (Bouyer

8 <https://www.iaea.org/newscenter/focus/peaceful-uses-initiative>

et al. 2013b, Shaw et al. 2013a, b). Une partie de la FAO et du PAAT⁹ (Programme Against African Trypanosomosis, dont fait pourtant partie l'AIEA et auquel le CIRAD est censé être associé) font partie de ce groupe. Sur le plan des chercheurs, il est essentiellement représenté par la Liverpool School of Tropical Medicine (LSTM).

2.2.4 Acteurs impactés par le processus d'innovation

Les acteurs impactés directement sont :

- Les éleveurs impliqués de manière top-down (par fourniture de produits insecticides pour bovins), tous les types d'éleveurs de bovins impliqués, 25% des éleveurs recensés ont été enquêtés par questionnaire dans la zone de lutte (soit 12,5% du nombre total selon nos estimations), 10 d'entre eux interviewés en profondeur par entretiens compréhensifs]. Pas de participation des éleveurs au processus décisionnel. Les premiers impacts pour ces derniers sont l'arrêt de la transmission de la maladie (trypanosomoses animales), l'ouverture de nouvelles possibilités d'utilisation de races « améliorées », l'accélération de l'intensification, en particulier génétique, chez les éleveurs laitiers, la sécurisation de l'embouche bovine, l'augmentation des ventes de produits animaux (voir détails dans la section mesure des impacts). Les agro-éleveurs bénéficieront également d'une augmentation des performances de la traction animale (transport de matériel agricole et d'intrants alimentaires par les charrettes à cheval) ;

- Les vétérinaires, impactés négativement par la réduction des ventes de trypanocides [1^{er} poste de recettes] mais positivement par l'accompagnement de l'élevage intensif, très consommateur d'intrants (indicateurs : baisse des ventes de trypanocides ; augmentation des ventes de traitements de synchronisation des chaleurs) ;

- Les charretiers, à travers l'augmentation des capacités de transport (en charge portée) grâce à l'amélioration de la santé des chevaux et des ânes.

On peut également citer des bénéficiaires indirects du projet :

- marchands de SPAIs ;
- conditionneurs de lait local (JIRMA...) ;
- consommateurs (qui apprécient le lait local frais) ;
- gouvernement (réduction du déficit de production locale et des importations) ;
- santé publique (augmentation de la disponibilité en protéines) ;
- environnement (réduction de la taille du troupeau de 45% et donc du surpâturage, réduction des GES) ;
- autres projets d'éradication des glossines dans le cadre de la PATTEC ;
- acteurs de l'énergie nucléaire (valorisation de l'utilisation pacifique du nucléaire).

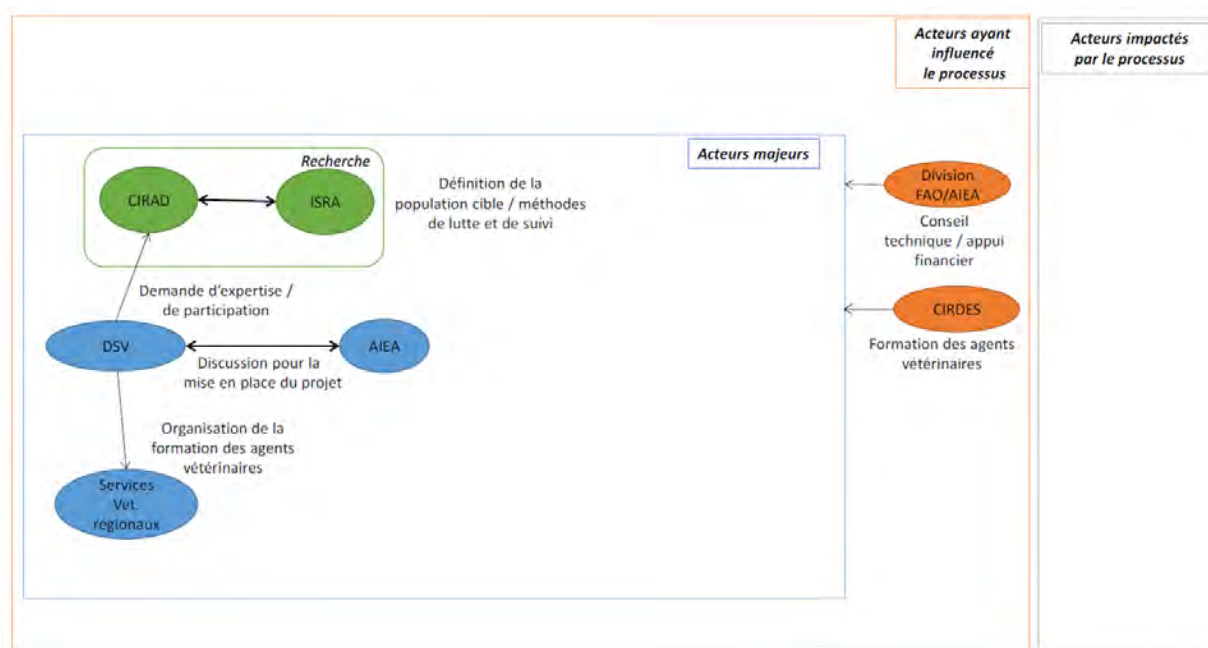


Figure 7. Carte des acteurs pendant la phase initiale de constitution du projet, d'étude de faisabilité (2005-2008) [corrigé par A. Devaux & N. Mouret]

⁹ <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/paat/home.html>

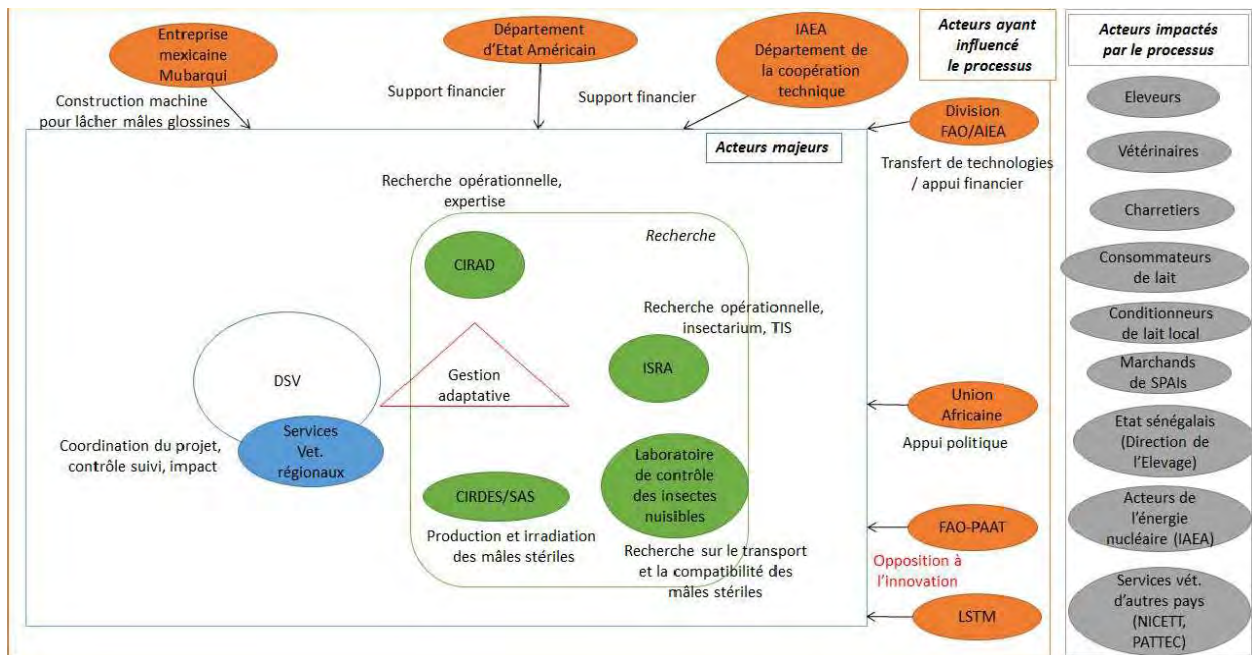


Figure 8. Carte des acteurs pendant les phases pré-opérationnelle et opérationnelle (2011-2016) [corrigé par A. Devaux & N. Mouret]

3. Chemin de l'impact

Le chemin de l'impact [fig. 9] a été construit de manière itérative, d'abord par l'équipe cas suite à la première école chercheur, puis en interaction avec l'équipe

d'encadrement du chantier Impres, en particulier S. A. Devaux & N. Mouret. Enfin, il a été amélioré suite à l'atelier participatif de Juin 2015 et suite à la seconde école chercheur d'avril 2016.

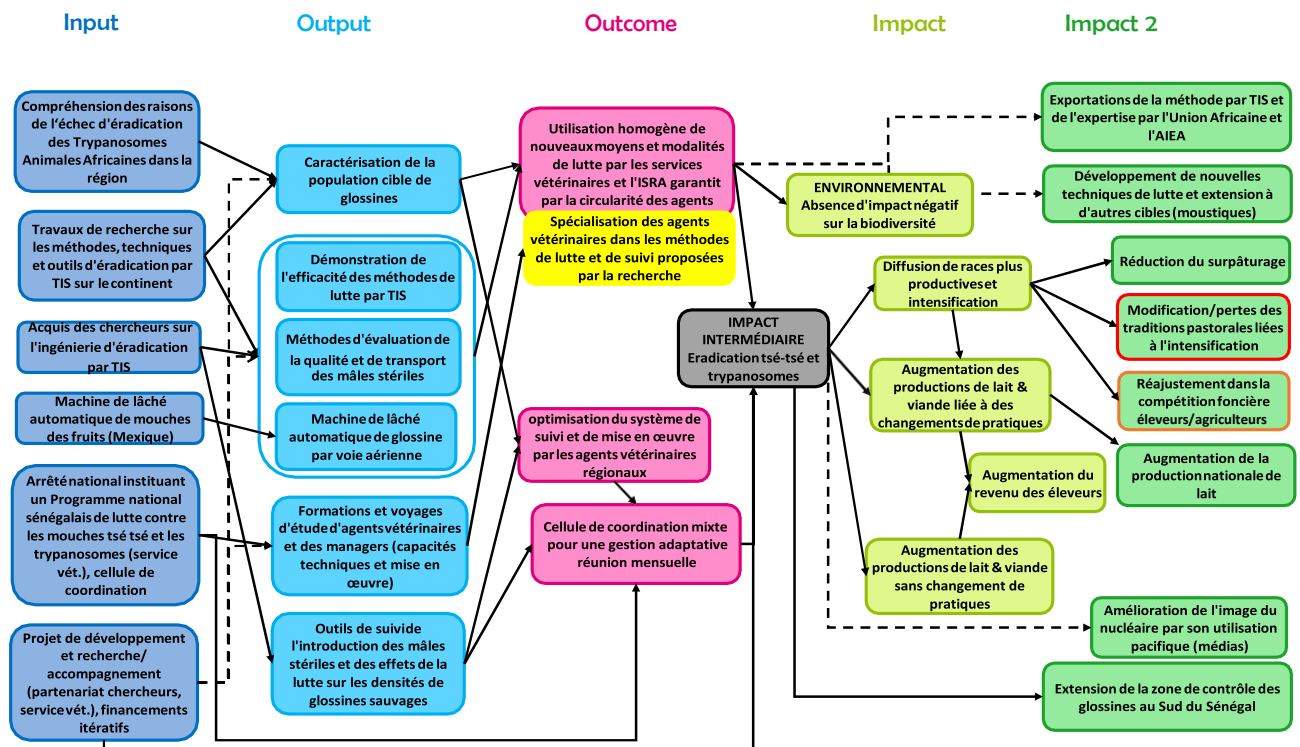


Figure 9. Chemin d'impact final [corrigé par A. Devaux & N. Mouret]

3.1 Les inputs de la recherche

Voir tableau IOOI pour tableau des inputs en annexe 10.

Tableau 3. Inputs du projet glossines

	Nature précise des moyens (input)	En quoi l'input a été utile à la recherche	Valeur (euros) en prenant la grappe de projets identifiés dans la phase de préparation de l'étude
Historique lutte TAA dans les Niayes	Echec de deux campagnes d'éradication dans les années 70 et importance de la maladie dans la zone d'étude	Cela a démontré l'importance d'une forte composante de recherche opérationnelle dans le projet	
Travaux sur SIT & AW-IPM	Voir ci-dessous	Voir ci-dessous	
Expertise scientifique TIS	Expertise existante au CIRAD et à l'AIEA	Cette expertise a permis d'identifier les problèmes importants à traiter par la recherche	
Financements itératifs	Financements séquentiels accordés après démonstration de la complétion de chaque phase	La recherche a été garantie (via les publications notamment), de l'avancée du projet, ce qui lui a donné une importance de premier plan (phases de faisabilité, pré-opérationnelle, opérationnelle)	6.4 Millions d'euros
Création d'un programme dédié "Programme national de lutte contre les mouches tsé-tsé et les trypanosomoses au Sénégal" au sein de la DSV	1 vétérinaire coordonnateur, une quinzaine d'agents vétérinaires associés	Les agents vétérinaires ont mis en place certains protocoles de recherche à l'échelle de la région, en collaboration avec les agents de l'ISRA et du CIRAD (4 chercheurs et 5 techniciens)	

Tableau 4. Inputs de connaissance (Travaux sur SIT & AW-IPM): Identification des projets de recherche, de recherche-développement et de développement ayant contribué à la mise en place de l'éradication des glossines par la TIS

Nom du projet	Objectifs du projet	Date début / fin	Importance Du projet (financement/ Bailleur, population impliquée)	Contribution à l'innovation étudiée (connaissances, appui/conseil, formation, expérimentation, etc.)	Porteur du projet (recherche, autres acteurs)	Autres acteurs impliqués
Comportement de mâles Stériles de <i>Glossina tachinoides</i> West. lâchés dans les conditions naturelles-environs de Fort-Lamy (Tchad).	Conditions d'utilisation de la TIS contre les glossines	1972	[1200m * 100m, 950m * 100m]	Comportement, survie et Dispersion des mâles stériles, transport des adultes (Cuisance and Itard 1973b, Cuisance et al. 1973)	Recherche (CIRAD)	-
Lâchers de mâles stériles de <i>Glossina tachinoides</i> West. dans un gîte naturel de faible densité (Bas-Logone, Cameroun)	Efficacité de la TIS contre les glossines	1973	600m (*200m)	Compétitivité des mâles Stériles et impact Important sur la Population cible (Cuisance and Itard 1973a)	Recherche (CIRAD)	-

Impact des lâchers de mâles stériles sur les niveaux de deux populations sauvages de <i>Glossina palpalis Gambiensis</i> en Haute Volta (sources de la Volta Noire).	Efficacité de la TIS contre les glossines	1977	15km*100m	Eradication locale réussie (Cuisance et al. 1978)	Recherche (CIRAD)	CRTA (ex CIRDES)
The eradication of <i>Glossina palpalis Palpalis</i> (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Glossinidae) using traps, insecticide-impregnated targets and the sterile insect technique in central Nigeria	Efficacité de la TIS contre les glossines	1982-1985	1500km2	Eradication locale réussie à plus grande échelle (Takken et al. 1986)	Recherche (Biological Control of Tsetse Project)	-
Projet d'éradication des glossines dans la zone agro-pastorale du Sidéradougou, Burkina Faso	Eradication des glossines (preuve de concept)	1983-1985	3000km2, 50,000 à 70,000 bovins	Eradication d'une grosse surface mais ré-invasion rapide (Cuisance et al. 1984, Politzar and Cuisance 1984)	Recherche-Développement (CIRAD)	CRTA (ex CIRDES)
Projet d'éradication des Glossines de l'île de Unguja, Zanzibar, Tanzanie	Eradication des glossines (preuve de concept)	1994-1997	1650km2	Eradication durable, Démonstration du Développement et Intensification de l'élevage, augmentation des revenus et de la qualité de vie des éleveurs (Vreysen et al. 2000, Vreysen et al. 2014)	Recherche-Développement (IAEA)	Tsetse and Trypanosomiasis Research Institute (TTRI)

3.1.1 Montage financier du projet

La figure suivante présente la distribution du budget (6.4 Millions d'euros) par partenaire et par poste.

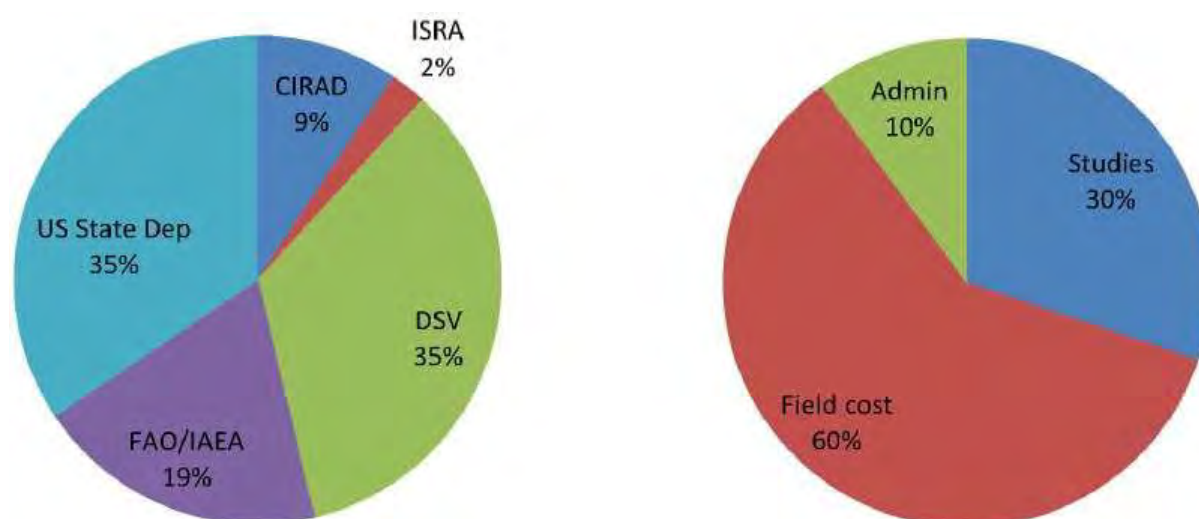


Figure 10. Distribution du budget (6.4 Millions d'euros) par partenaires et par poste. Source : (Bouyer et al. 2014).

Les coûts inférés à l'ISRA, à la DSV et au CIRAD sont essentiellement des coûts de personnel et d'administration du projet alors que l'essentiel des coûts de terrain ont été financés par l'AIEA et le département d'état américain. La recherche opérationnelle (« studies ») a représenté 30% du coût total du projet d'éradication, ce qui est considérable.

A l'AIEA, les financements sont itératifs et dépendent du succès de chaque phase. L'AIEA a donc financé l'étude de faisabilité (2007-2010) puis la phase pré-opérationnelle (2011) comme seul partenaire financier international, puis a affiché le projet comme prioritaire sur sa section PUI¹⁰ (Peaceful Uses Initiative), ce qui a conduit le département américain à le financer à partir de 2012.

3.2 Passage des outputs aux outcomes

Voir tableau IOOI pour tableau des outputs et des outcomes (annexe 10).

On observe un cloisonnement net entre les bénéficiaires visés par l'impact principal (les éleveurs) et les acteurs prenant part à la production d'outcomes (les professionnels de la DSV, des centres de recherche et les bailleurs). Le rôle de la recherche a été fondamental et central dans ce projet (comme en atteste la forte proportion du financement qui lui a été consacrée -30%-) et peut se résumer par les points suivants :

- Adaptation des connaissances existantes sur la TIS au cas des glossines dans le contexte des Niayes ;
- Démonstration de l'isolement de la population cible et participation au choix d'une stratégie d'éradication ;
- Elaboration de nouvelles méthodes de transport, d'évaluation de la qualité et de lâcher aérien de mâles stériles de glossines ;
- Mesure en temps réel de l'efficacité de la lutte et participation aux décisions correctives qui en découlèrent (gestion adaptative) ;
- Participation au développement des connaissances et du savoir-faire des agents vétérinaires ;
- Caution scientifique pour le passage aux différentes phases des financements itératifs, notamment par des publications scientifiques de rang A.

3.3 Passage des outcomes aux impacts (1 et 2)

Le passage des outcomes aux impacts s'est fait via un impact intermédiaire, l'éradication des glossines et ainsi l'arrêt de la transmission cyclique des trypanosomoses.

Les méthodes développées par la recherche, la participation aux décisions des chercheurs et les renforcements de capacités liés à la recherche ont été fondamentaux pour atteindre ce résultat. Le projet Sénégalais est d'ailleurs devenu le projet d'éradication des glossines le plus performant et le plus innovant en Afrique, justifiant l'accueil de nombreux partenaires d'autres projets de lutte (voir tableau ci-dessous).

4. Le renforcement des capacités

4.1 Présentation des situations d'apprentissage identifiées

Le projet a rencontré 5 grandes situations d'apprentissages :

- La formation des agents impliqués dans le projet à l'extérieur, soit sous forme d'ateliers de formation en général organisés par l'AIEA, soit par des stages de longue durée chez des partenaires extérieurs (CIRDES, projet d'éradication en Éthiopie, ...) ;
- Des formations internes réalisées sur place avec l'intervention de formateurs extérieurs ;
- La formation par la recherche avec accueil de Masters et Doctorants ;
- Des voyages d'études des personnes impliquées dans la cellule de coordination pour profiter d'autres projets à la pointe en matière de SIT & AW-IPM (en Amérique Centrale) ;
- L'accueil de partenaires extérieurs en formation dans le projet ce qui a contribué à la diffusion des résultats de la recherche.

Ces situations d'apprentissage sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

¹⁰ <https://www.iaea.org/newscenter/focus/peaceful-uses-initiative>

Tableau 5. Caractérisation des situations d'apprentissage

Situation	Caractéristiques	Rôle des chercheurs	Phase du chemin de l'impact	Principaux acteurs apprenants	Capacités acquises et utilisées
Cours AIEA sur Area-Wide Integrated Pest Management	1 personne, Canada, 2002	Formateurs	Input	1 cadre (coordonnateur du projet)	AW-IPM
Baseline data collection for AW-IPM of tsetse (AIEA)	1 personne, Kenya, 2006	Formateurs	Input	1 cadre (coordonnateur du projet)	AW-IPM, SIG, collecte de données de base
Formation générale à l'écologie des glossines	CIRDES de 2007 à 2008, 3 mois pour chaque groupe (4 groupes de 4 personnes)	Apprenant / Formateurs	Ressource générée	Cadre et techniciens d'élevage (services vétérinaires)	Ecologie des vecteurs, importance des trypanosomoses
Baseline data collection for AW-IPM of tsetse (AIEA)	4 personnes, Dakar, 2008 + une 20aine d'agents d'autres pays africains formés	Apprenant / Formateurs	Ressource générée	Cadres et techniciens d'élevage (services vétérinaires)	AW-IPM, SIG, collecte de données de base
Formation à l'écologie et à la lutte contre les glossines	3 personnes, 2010, CIRDES, Burkina Faso	Formateurs	Ressource générée	Techniciens d'élevage (services vétérinaires)	Ecologie et lutte contre les glossines
Collecte et gestion des données entomologiques pour SIT	4 personnes, 2010, CIRDES, Burkina Faso	Apprenant / Formateurs	Ressource générée	Cadres et techniciens d'élevage (services vétérinaires et ISRA)	Base de données relationnelle du projet
Accueil de professionnels d'autres projets de lutte	4 personnes Uganda 2010, 2013 et 2015, 1 personne Botswana 2012, 1 personne Nigeria 2013, 4 personnes Ethiopie 2014, 2 personnes Zimbabwe 2014 et 2015, 1 personne Afrique du Sud 2015, 2 personnes Angola 2015 accueillies dans le projet	Formateurs	Impact 2	Professionnels d'autres projets d'éradication des glossines	Elevage et contrôle des glossines
Accueil thèse vétérinaire	1 personne Guinée 2010 accueillie dans le projet	Formateurs	Impact	1 vétérinaire	Prévalence trypanosomoses
Accueil Master SAEPS	1 personne Sénégal 2010 accueillie dans le projet	Formateurs	Impact	1 vétérinaire	Prévalence trypanosomoses
Voyage d'étude à l'AIEA	1 personne AIEA Vienne 2010	Apprenant	Ressource générée	1 cadre ISRA	Elevage de masse pour insectarium ISRA
Voyage d'étude projet de lutte en Ethiopie	2 personnes, Ethiopie, 2010	Formateurs	Ressource générée	2 cadres DSV	Gestion des projets
Formation sur l'élevage des glossines	2 personnes, 2010-2011, CIRDES, 3 mois	Formateurs	Ressource générée	2 techniciens ISRA	Elevage des glossines pour insectarium ISRA

Atelier de formation sur la lutte contre les glossines	20 personnes, Thiès, 2011	Apprenant / Formateurs	Ressource générée	Cadre et techniciens d'élevage (services vétérinaires)	Mise en place de la lutte contre les glossines
Accueil Master	1 personne Burkina, 2012	Formateurs	Ressource générée / Output	1 ingénieur	Compétitivité des mâles stériles
Accueil Thèse vétérinaire	1 personne Sénégal, 2012-2013	Formateurs	Output	1 vétérinaire	Efficacité de la lutte intégrée
Accueil Master	1 personne Sénégal, 2012	Formateurs	Ressource générée / Output	Cadre	Impact socio-économique du projet
Génétique des populations de tsétsé et biologie moléculaire	2 cadres, Kenya, 2012	Formateurs	Ressource générée	2 cadres	Isolement de la population cible
Accueil Master	1 personne Sénégal, 2012	Formateurs	Ressource générée	Cadre	Gestion des données épidémiologiques
Formation SIG & gestion des données appliquées à l'épidémiosurveillance	1 personne Sénégal, 15 jours CIRAD Montpellier, 2012	Formateurs	Ressource générée	Cadre	Gestion des données spatiales dans le projet
Voyages d'étude dans projets SIT mouches de fruits en Amérique centrale	3 personnes, Mexique & Guatemala, 2012 et 2014	Apprenant	Ressource générée	Cadres	Technique de l'insecte stérile et lâchers aériens
Formation inter- régionale AW-IPM & SIT	1 personne 2013 et 2 en 2015, 4 semaines Mexique & Guatemala	Apprenant / Formateurs	Ressource générée	3 Cadres	AW-IPM & SIT
Formation SIG et gestion des données tsé-tsé et trypanosomoses	1 personne Sénégal, 3 semaines en Autriche 2015	Formateurs	Ressource générée	Cadre	Gestion des données spatiales dans le projet
Accueil Thèse universitaire	1 personne Sénégal, 2013-2016	Formateurs	Ressource générée / Output	Cadre	Impact de la lutte sur les glossines et l'écosystème

4.2 Importance du renforcement des capacités dans la production des impacts de l'innovation

Ces renforcements de capacité ont abouti à la spécialisation des agents vétérinaires dans les méthodes de lutte et de suivi proposées par la recherche et à l'élaboration d'un véritable savoir-faire sur l'étude et le contrôle des glossines qui avait pratiquement disparu au Sénégal depuis les campagnes d'éradication des années 1970 dans les Niayes (Touré 1973). Ils ont également abouti à une utilisation homogène de nouveaux moyens et modalités de lutte développés par la recherche par les services vétérinaires et l'ISRA, garanti par la circularité des agents. La qualité des données qui en ont résulté était d'un niveau tel qu'elles ont permis en retour de nombreuses publications, dont une est très représentative du volume de données générées : (Dicko et al. 2014). Ces publications ont à leur tour conduit à la reconnaissance internationale du projet qui s'est manifesté par l'obtention d'un prix à l'Expo Milano 2015, de nombreux articles dans les médias

et surtout par l'accueil de nombreux agents d'autres projets africains qui ont eux-mêmes contribué à l'exportation des connaissances et savoir-faire générés.

5. Mesure des impacts

Se reporter au tableau excel « Tableau Impact Indic Sources » pour le tableau récapitulatif (annexe 11).

5.1 Les impacts de 1^{er} niveau

5.1.1 Impacts intermédiaires : Eradication tsé-tsé et trypanosomes

5.1.1.1 Indicateur : Densité des glossines

L'impact du projet d'éradication sur la densité des glossines [Fig. 6] a été mesuré par un système entomologique de surveillance (~175 sites de piégeage) mis en place dans les Niayes grâce à l'utilisation de résultats de recherche, notamment les modèles de distribution des glossines [Dicko et al. 2014] [Fig. 7]. Dans le bloc 1, les glossines sont éradiquées depuis 2012 ; dans le bloc 2, on assiste à une réduction de plus de 99% des densités depuis Juillet 2014; enfin, dans le bloc 3, la réduction est supérieure à 99% depuis Avril 2016.

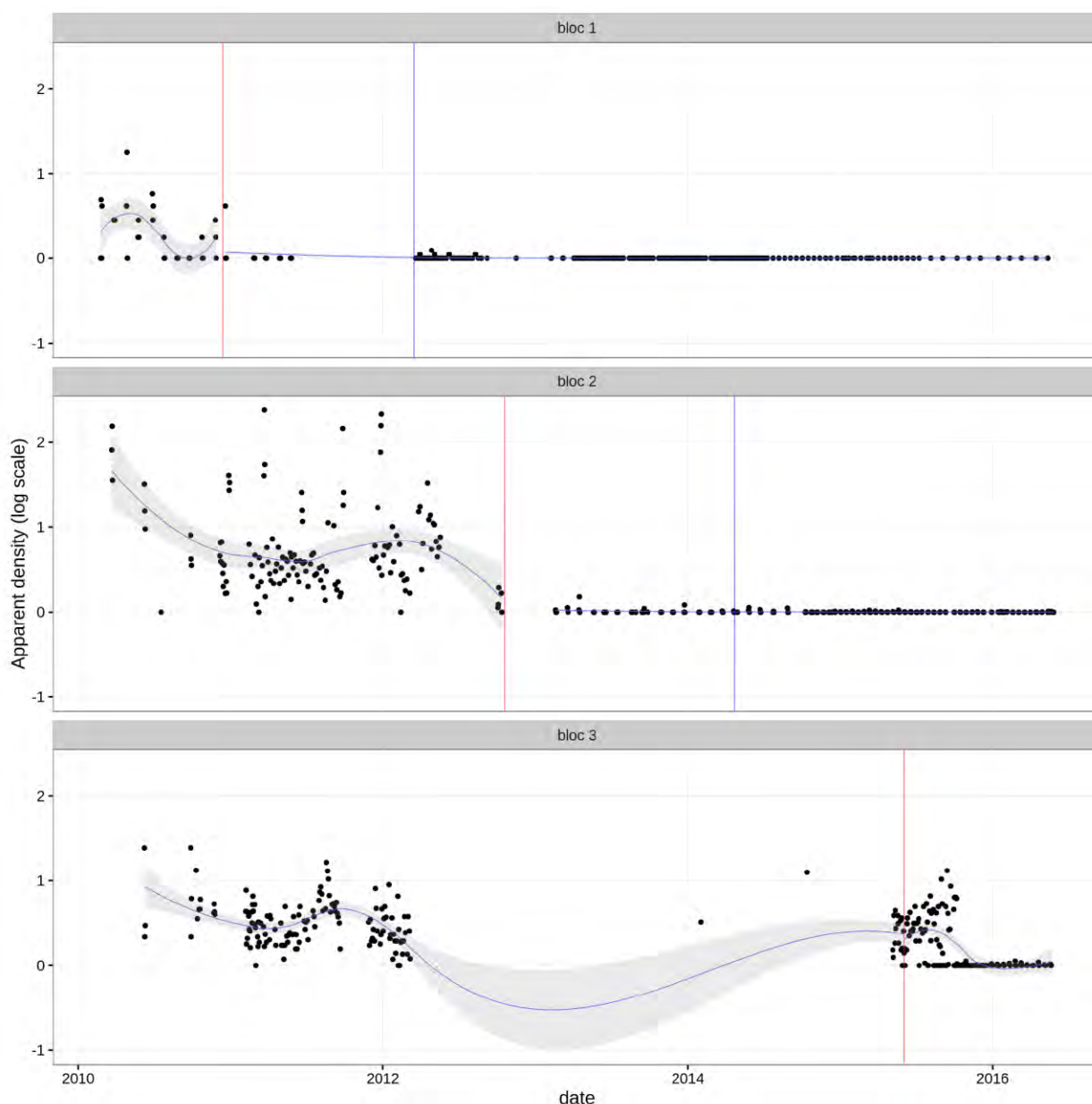


Figure 11. Impact du projet sur la densité des glossines dans les blocs 1, 2 et 3

Lecture : ligne rouge = début de la phase de suppression, ligne bleue = début de la phase d'éradication. L'axe des ordonnées présente le logarithme de la densité de glossines par piège et par jour dans les différents blocs et l'axe des abscisses le temps en années. La ligne verticale rouge montre le début de la phase de suppression (pièges et bétail imprégnés d'insecticides) dans chaque bloc et la ligne verticale bleue le début de la phase d'éradication (lâcher de mâles stériles).

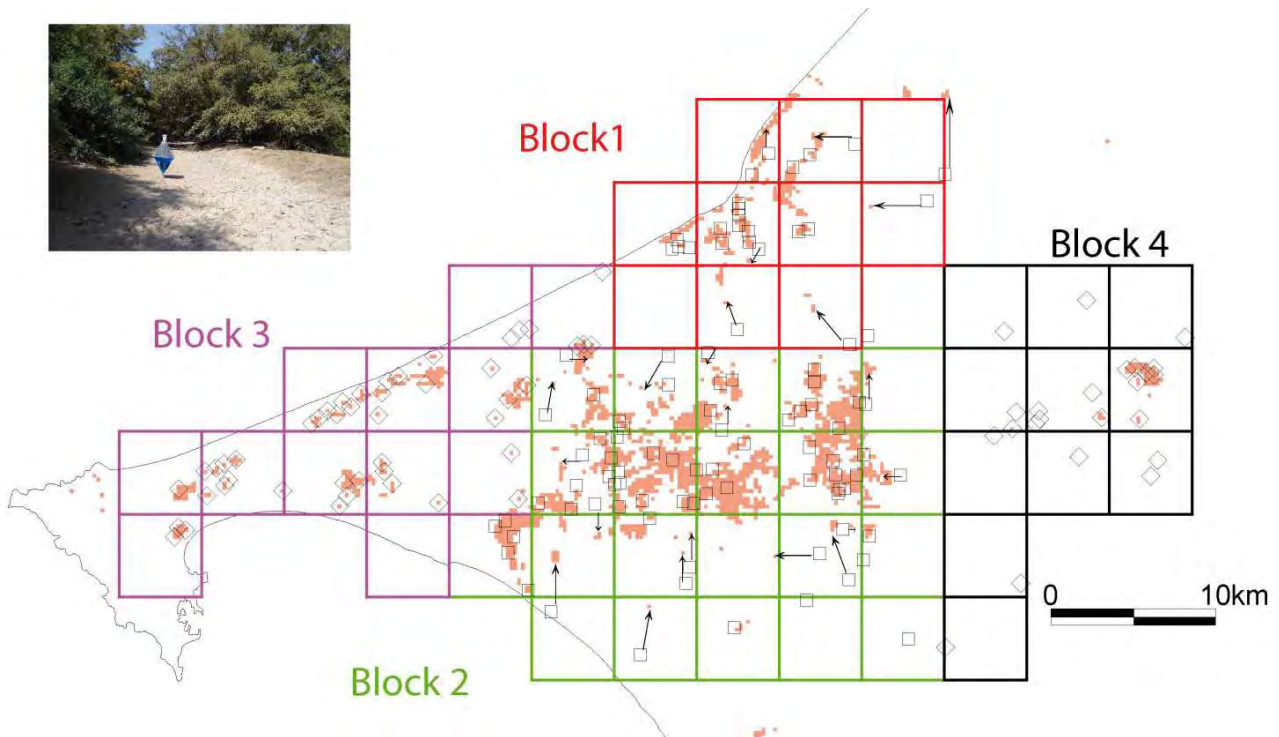


Figure 12. Placement des pièges sentinelles dans les sites favorables identifiés grâce aux modèles de distribution.
Source : [Dicko et al. 2014].

Ce déplacement des pièges pour suivre l'effet de la lutte est considéré comme un outcome de la recherche qui, en modifiant la façon de travailler des services régionaux (lieux où les pièges sont posés identifiés par un modèle de distribution qui était un output de la recherche), va influencer sur l'obtention du résultat final, à savoir l'éradication des glossines dans la zone (impact intermédiaire).

5.1.1.2 Indicateur : Prévalences des trypanosomoses animales

La réduction de la densité des glossines a déjà provoqué une réduction très importante de la prévalence de la maladie ($p < 10^{-3}$) (Fig. 13) ce qui a été mesuré par le suivi annuel de trois troupeaux sentinelles dont un témoin et deux dans la zone de lutte (blocs 1 et 2). Cela a également été attesté par les entretiens compréhensifs menés dans le

cadre du projet [Bouyer et al. 2015a] et lors de l'atelier participatif. Cependant, un petit rebond à 15% de prévalence a été observé en 2015, probablement lié à de la transmission mécanique. Cette situation devrait s'améliorer avec l'éradication des glossines, qui constituent toujours un réservoir pour le parasite, ainsi que le blanchiment du cheptel aux trypanocides, prévu fin 2017.

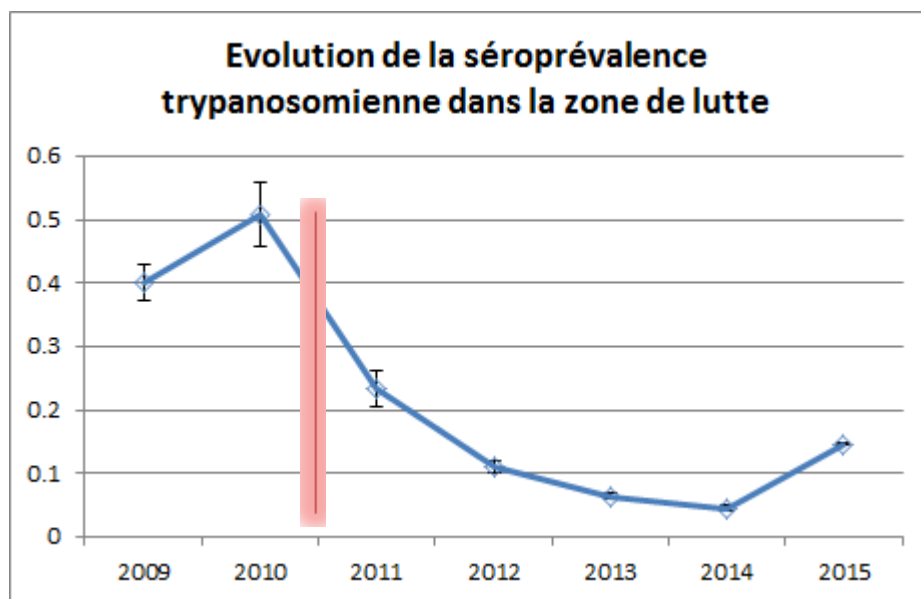


Figure 13. Evolution de la séroprévalence dans la zone des Niayes

Lecture : 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. L'unité est le taux d'animaux positifs aux trypanosomes en ELISA [0.5 = 50% d'animaux atteints]. Dans le bloc 1, la séroprévalence est équivalente à la spécificité du test ELISA depuis 2012 et donc une absence complète de transmission y est démontrée. 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).

5.1.2 Impacts de 1er NIVEAU

5.1.2.1 Augmentation du revenu des éleveurs (un seul indicateur : chiffre d'affaire des éleveurs)

Les premières enquêtes menées dans la zone en 2010 ont concerné les 3 blocs du projet et ont été menées auprès de 186 exploitations (18% des 1,026 éleveurs estimés dans la zone par les services vétérinaires). Elles laissent espérer des bénéfices importants liés à une intensification de l'élevage dans la zone cible, de 1000km² (Bouyer et al.

2014). Pour un coût total de 6 400 euros par km², à la charge du gouvernement sénégalais et des bailleurs internationaux, pour une éradication définitive, le projet rapporterait à la communauté d'éleveurs bénéficiaires, après dix à vingt ans en fonction des scénarios d'innovation, 2 800 euros par km² et par an en ventes supplémentaires de produits animaux (lait et viande). L'étude a ainsi prédit une augmentation du chiffre d'affaires des éleveurs de 74€ [s.d. 38] à 250€ [s.d. 513] par tête en 20 ans (Bouyer et al. 2014).

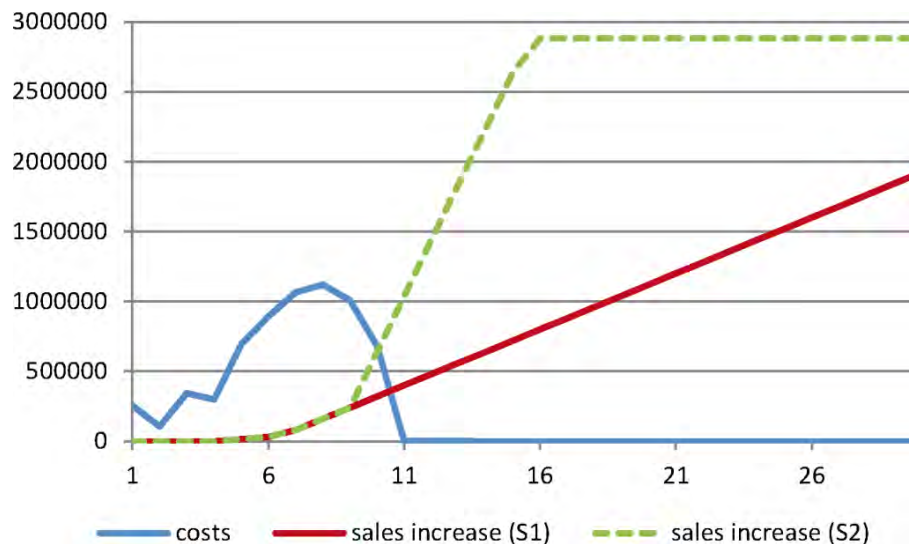


Figure 14. Evolution des coûts du projet (courbe bleue) et des augmentations de ventes de produits animaux en fonction de deux scénarios d'innovation : courbe rouge pour le scénario pessimiste [2% de taux de mutation des systèmes traditionnels vers les systèmes améliorés] et courbe verte pour le scénario optimiste [courbe d'innovation en S de Rogers avec 2% de taux de mutation pendant 5 ans puis 10% ensuite]. L'axe des abscisses représente le temps en année à partir du début du projet (2007). Source : (Bouyer et al. 2014).

Une seconde enquête, réalisée en 2015 dans le bloc 1 (éradication des glossines effective depuis 2012) dans le cadre du stage de Master de C. Nyonse (chantier ImpresS), a été menée chez 63 éleveurs du bloc 1 (soit environ 30% des éleveurs de ce bloc). Cette étude a confirmé les scénarios utilisés dans cette étude coûts-bénéfices, avec un taux de mutation annuel de 4.8% entre 2012 et 2015 du système traditionnel vers les systèmes améliorés, essentiellement vers les systèmes améliorés viande. De plus, lors de l'atelier participatif ImpresS (Annexe 2), les éleveurs ont estimé ce taux à 6% annuel, dont 60% vers des systèmes améliorés viande et 40% vers des systèmes améliorés lait.

Parmi les 63 éleveurs enquêtés dans le cadre du chantier ImpresS, 23 avaient déjà été enquêtés en 2010 ce qui a permis d'établir des trajectoires de composition de troupeau.

Dans un premier temps, les données de tous les éleveurs enquêtés en 2015 ont été comparées à celles des éleveurs enquêtés en 2010 dans le bloc 1 pour observer les tendances. L'évolution du chiffre d'affaires entre 2010 et 2015 est à la baisse, avec une médiane proche. La différence la plus importante concerne le quartile des plus hauts chiffres d'affaires qui est beaucoup plus bas dans l'échantillon de 2015. Ces chiffres d'affaires par troupeau doivent être mis en relation avec la taille des troupeaux. En effet, on note une tendance à la diminution de la médiane de la taille des troupeaux. La diminution de la taille des troupeaux concerne les deux quartiles des tailles les plus

élevées. Ceci va dans le sens d'une pression forte sur les grands troupeaux en relation avec les difficultés d'accès aux ressources naturelles : ceci confirmerait l'analyse croisée des études de cas et des focus groups. Cette tendance à la baisse des ventes à l'échelle du troupeau est à mettre en relation avec la tendance à la baisse assez importante du nombre de femelles en production par troupeau. Rapportés à l'animal, les chiffres d'affaires ne changent pas notablement entre 2010 et 2015. Il est difficile de bien visualiser un impact positif du projet à cause du délai trop court depuis l'éradication et du fait que l'éradication a un effet opposé à la pression foncière sur le chiffre d'affaires. On peut poser l'hypothèse que l'effet de l'éradication a limité l'érosion des chiffres d'affaires.

Les données des éleveurs appareillés ont été comparées statistiquement. La tendance de la diminution des chiffres d'affaires dans les quartiles supérieurs se confirme avec les éleveurs appareillés, où il est possible de faire des comparaisons statistiques robustes, montrant que cette baisse n'est pas significative. On note cependant que le seuil du quartile des plus bas chiffres d'affaires est supérieur. Les difficultés à maintenir un chiffre d'affaires élevé concerneraient les troupeaux les plus grands. En revanche, il semblerait que les éleveurs avec de petits troupeaux observent une amélioration de leur chiffre d'affaires (Fig. 15).

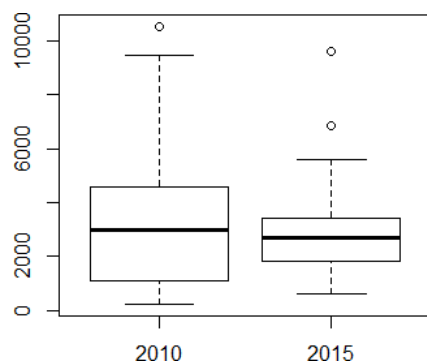


Figure 15. Chiffres d'affaires annuels par troupeau en euros (ventes de lait et viande confondues).

Le chiffre d'affaires par animal a peu évolué, avec une diminution des écarts entre les élevages, sans variation significative [Fig. 16].

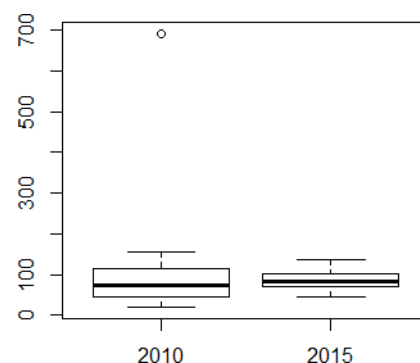


Figure 16. Chiffre d'affaires par animal et par an chez les 23 éleveurs appareillés pendant les deux périodes d'étude (en euros).

En raison de la situation in itinere du projet, ces prévisions ont été utilisées pour alimenter un modèle d'évolution prévisionnelle dans la zone dans le cadre de la thèse de Ahmadou Dicko [UCAD]. Ce modèle a comparé une évolution avec ou sans éradication des glossines, en tenant compte de deux scénarios possibles d'évolution du climat dans la zone [CSIRO Mk 3.6 et MIROC5] qui ont tous deux un impact négatif sur la distribution des glossines [fig. 17] [Dicko et al. 2016].

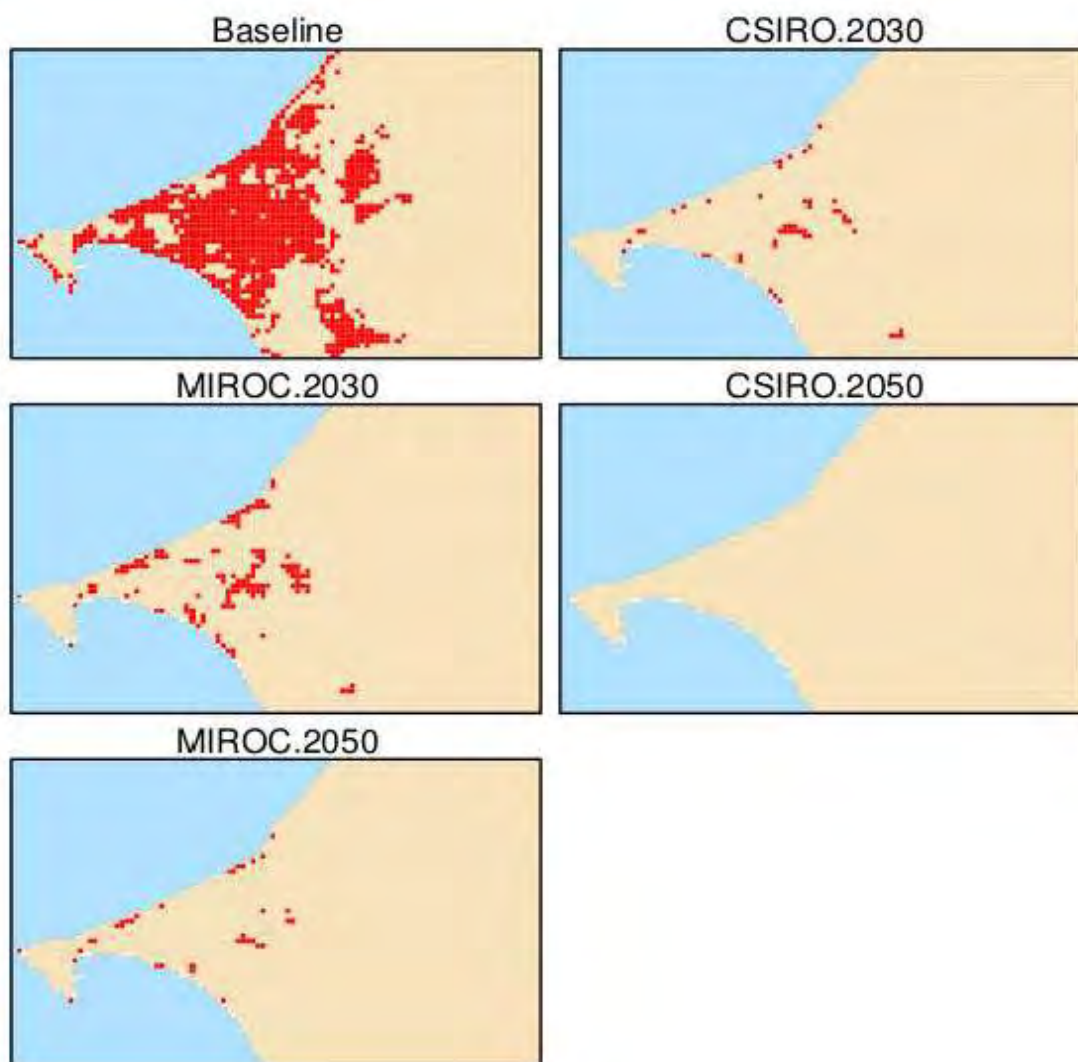


Figure 17. Evolutions prédites des distributions de glossines en 2030 et 2050 selon les deux scénarios climatiques utilisés [CSIRO Mk 3.6 et MIROC5]

Cette étude a permis de démontrer que même si le projet reste rentable, l'impact négatif des changements climatiques prédits sur les populations de glossines ont tendance à réduire cette rentabilité (Fig. 18).

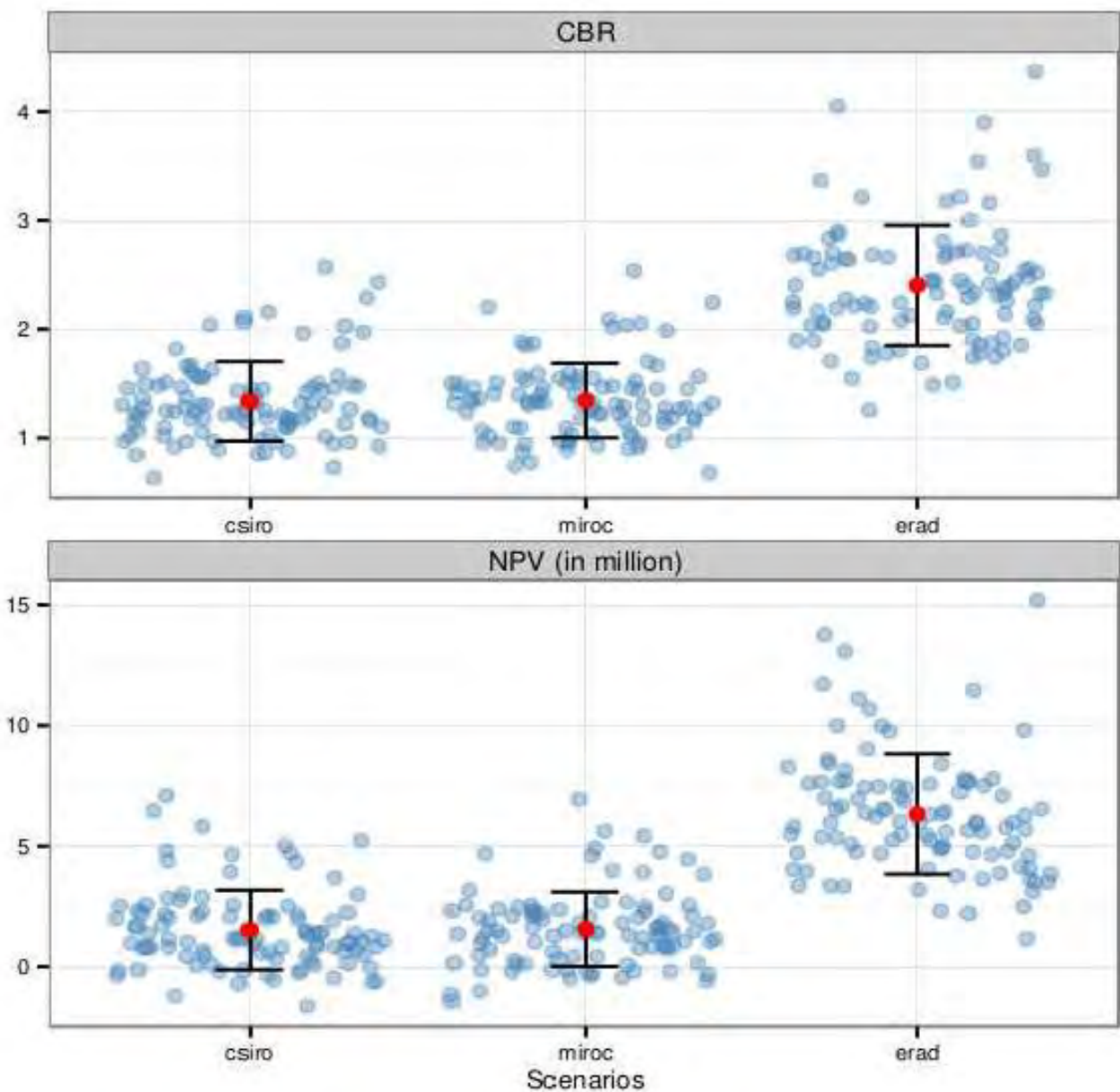


Figure 18. Rapports coûts-bénéfices (CBR) et valeurs nettes actualisées (NPV) du projet d’éradication des glossines en tenant compte des évolutions de la situation épidémiologique (disparition naturelle progressive des glossines et trypanosomoses) et du changement climatique.

Lecture : La situation de référence (erad) correspond au scénario coût-bénéfice précédent ne tenant pas compte du changement climatique. Source : (Dicko et al. 2016). Csiro, modèle climatique de circulation globale CSIRO Mk 3.6 ; miroc, modèle climatique de circulation globale MIROC5 ; erad, éradication des glossines sans changement climatique.

5.1.2.2 Augmentation des productions de lait & viande sans et avec changement de pratiques (mêmes indicateurs)

Indicateur = Productions par animal et par élevage

Une augmentation instantanée de 30% des productions de lait et de viande chez un animal sain versus un animal infecté est prévisible selon la littérature (Itard et al. 2003).

Une comparaison des éleveurs exposés ou non au risque trypanosomien a permis de confirmer un impact important de ce risque sur les productions animales, notamment le poids à la vente, le prix de vente des animaux et les ventes de produits laitiers (Tab. 6).

Lors de l’enquête impresS dans le bloc 1, aucune augmentation significative n’a cependant été mesurable entre 2010 et 2015.

Tableau 6. Données utilisées pour calibrer les modèles, issues de l'enquête de base (2010). Les productions animales ont été comparées pour les différentes races bovines, entre les troupeaux exposés ou non aux glossines selon un modèle de distribution.

Source : modifié de [Dicko et al. 2016].

Race	Présence du risque TAA	Poids de vente (kg)	Taille de l'échantillon pour estimer les paramètres	Prix du bétail / tête (en euros)	Ventes de lait annuelles par animal (en euros)	Taille du troupeau
Diakore	0	154.35	75.00	316.00	155.01	56.04
Diakore	1	116.91	58.00	201.86	160.32	47.71
Exotique	0	154.17	6.00	251.54	623.92	37.00
Exotique	1	121.50	8.00	217.24	125.95	26.50
Gobra	0	202.00	35.00	444.28	107.16	27.06
Gobra	1	75.00	2.00	152.45	138.21	39.50

Indicateur = Quantités de lait et de viande vendues par animal et par éleveur

Idem indicateur précédent.

5.1.2.3 Diffusion de races plus productives et intensification

Indicateur = Pourcentage des différentes races dans les troupeaux

Sur l'ensemble des éleveurs étudiés en 2010 et 2015, la tendance de l'évolution du pourcentage de Djakorés (race trypanotolérante) est intéressante puisqu'on note, bien que la médiane soit identique, une diminution des proportions des Djakorés dans deux quartiles qui va dans le sens d'un abandon de la race trypanotolérante qui s'amorce. Cette diminution des Djakorés est au bénéfice des Gobras.

La tendance à la diminution de la proportion de la race trypanotolérante dans les troupeaux se confirme chez les éleveurs appariés, avec une diminution notable dans 50% des troupeaux (Fig. 19, $p < 0,05$).

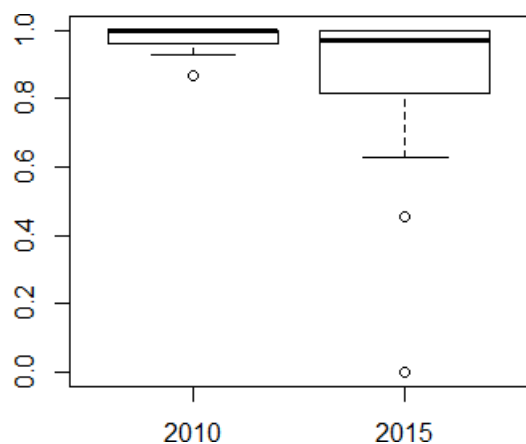


Figure 19. Evolution du % de Djakorés dans le troupeau chez les 23 éleveurs appariés pendant les deux périodes d'étude.

La diminution de la proportion de Djakorés se fait au bénéfice des gobras dont l'augmentation de la proportion est significative dans 50% des troupeaux (Fig. 20, $p < 0,02$).

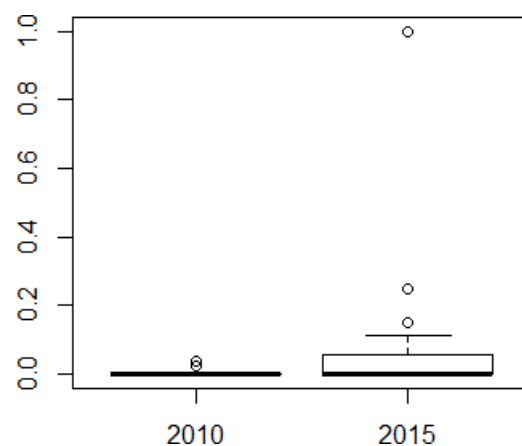


Figure 20. Evolution du % de Gobras dans le troupeau chez les 23 éleveurs appariés pendant les deux périodes d'étude.

En revanche, il n'y a pas d'augmentation générale de la proportion des races exotiques dans les troupeaux: il y a une augmentation de cette proportion dans un nombre restreint d'élevages.

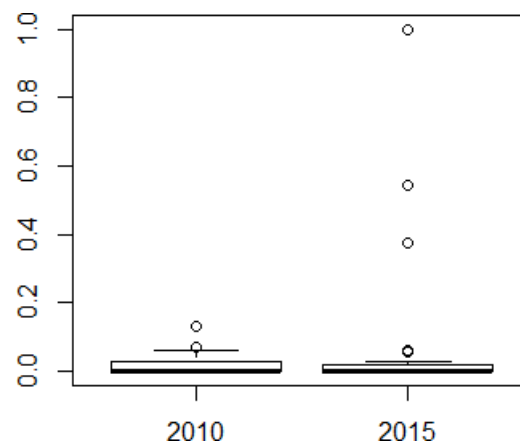


Figure 21. Evolution du % d'exotiques dans le troupeau chez les 23 éleveurs appariés pendant les deux périodes d'étude.

Le tableau suivant résume l'évolution du nombre d'éleveurs dans chaque catégorie selon les scénarios des éleveurs obtenus lors de l'atelier participatif.

Tableau 7. Scénarios d'évolution de la distribution des différents systèmes d'élevage dans la zone et de la taille des troupeaux correspondants selon les éleveurs (atelier participatif ImpresS).

Type de système d'élevage	Races préférées	Effectif detroupeaux estimé en 2015	Taille destroupeaux estimée en2015	Effectif de troupeaux prédit en2025	Taille des troupeaux estimée en2025
Trypanotolérant	Djakoré	1000	75	400	75
Viande amélioré	Gobra, Guzerat	250	10	600	15
Lait Amélioré	Exotic dairy breeds	20	15	250	15

En raison de la situation in itinere du projet, ces prévisions ont été utilisées pour alimenter un modèle d'évolution prévisionnelle des différents systèmes d'élevage dans la zone dans le cadre de la thèse de Ahmadou Dicko (UCAD). Ce modèle a comparé une évolution avec ou sans éradication des glossines, en tenant compte de deux scénarios possibles d'évolution du climat dans la zone (CSIRO Mk 3.6 et MIROC5) [Dicko et al. 2016]. La figure suivante présente l'évolution des effectifs des différentes races bovines dans la zone d'étude suite au projet d'éradication, avec ou sans changement climatique.

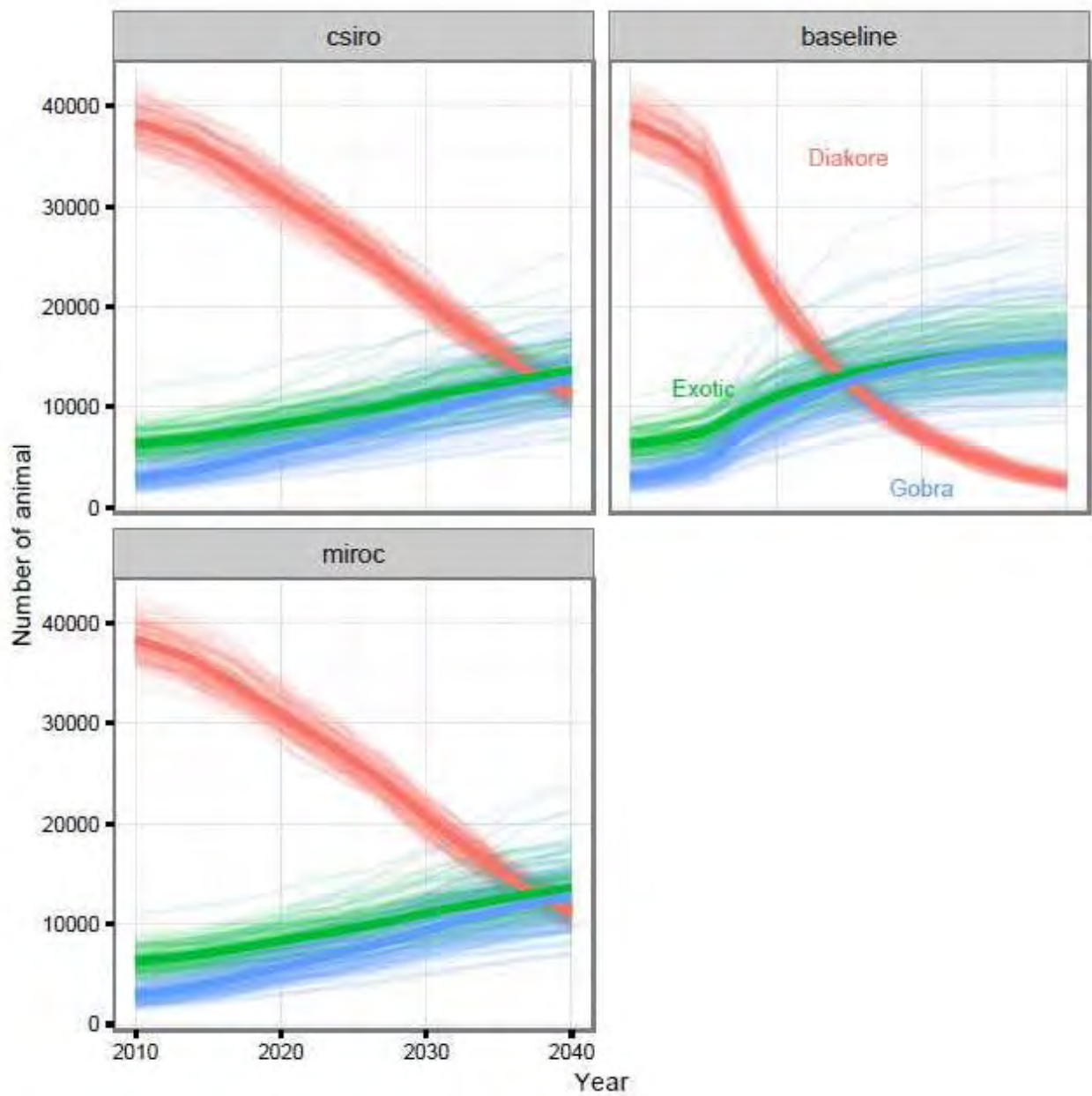


Figure 22. Evolution prédictive des densités des différentes races dans la zone d'étude suite au projet d'éradication (baseline) ou liée uniquement à la disparition progressive des glossines liée au changement climatique global (deux modèles utilisés à savoir le modèle climatique Miroc et Csiro). Source : [Dicko et al. 2016].

Sur cette dynamique, l'effet de l'éradication apparaît dans la diminution de l'usage de la race trypanotolérante observable dans 50 % de notre échantillon entre les enquêtes 2010 et 2015. Cette diminution se fait principalement au bénéfice de la race Gobra car l'usage de races exotiques concerne un nombre plus restreint d'élevages. Ce changement de race peut expliquer la faible diminution des chiffres d'affaires par troupeau relativement à la baisse importante de femelles en production. En effet, la productivité par animal a globalement peu varié. Enfin, les grands troupeaux ont été les plus affectés par la dynamique foncière actuelle et la tendance serait une diminution des différences de chiffres d'affaires par troupeau chez ces derniers. Nos hypothèses de changement de régime socio-technique de la race Djakorée vers Gobra émises dans l'analyse croisée se

confirment : une vitesse importante de changement est à noter puisque l'éradication n'a été effective que depuis 3 ans (2012). Sur les élevages appareillés, on note en effet un taux de mutation de 4,8% si on utilise la classification décrite dans l'analyse coûts-bénéfices [système trypanotolérant quand le pourcentage de Djakorés est supérieur à 70%] (Bouyer et al. 2014). Nous pouvons aussi émettre l'hypothèse que l'effet sur la productivité individuelle (par animal) sera beaucoup plus important lorsque les animaux de races trypanosensibles seront en âge de production.

Le programme prévisionnel d'éradication prévoit que la zone sera complètement libérée des glossines fin 2017 (Fig. 23).

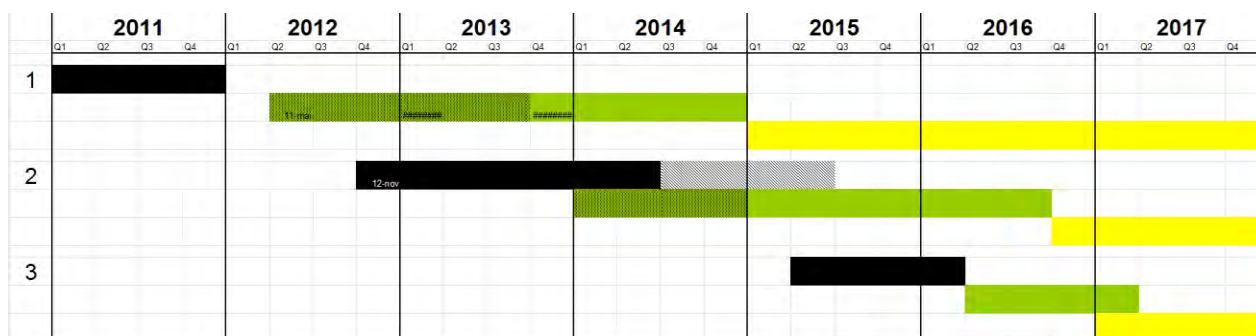


Figure 23. Programme séquentiel d'éradication du Projet de lutte contre les glossines et la trypanosomose dans les Niayes

Lecture : Bloc 1, 2 et 3 en ligne : 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 sous-blocs 3 et 4 qui seront traités en même temps.

Indicateur = Modes d'allotement

Une augmentation des lots d'embouche et de commerce est prévue au détriment des troupeaux Tyosaan (héritage). Cependant, cette évolution n'était pas significative entre 2010 et 2015 dans le bloc 1.

Indicateur = Modes d'alimentation

Un recours plus important aux résidus de culture relativement aux autres sources alimentaires est anticipé, mais cela était non significatif entre 2010 et 2015 dans le bloc 1.

5.1.2.4 Absence d'impact négatif sur la biodiversité (un seul indicateur = richesse spécifique et densité des bio-indicateurs)

Afin de mesurer l'impact du projet d'éradication des glossines dans les Niayes, des inventaires d'insectes bio-indicateurs mangeurs de fruits ont été réalisés de 2010 à 2016 [début de saison sèche] dans cinq sites dont 4 (Dakar-Hann, Kayar, Thiès et Pout) dans la zone de lutte et un à l'extérieur comme site témoin (Mbour-centre IRD) (fig. 24).

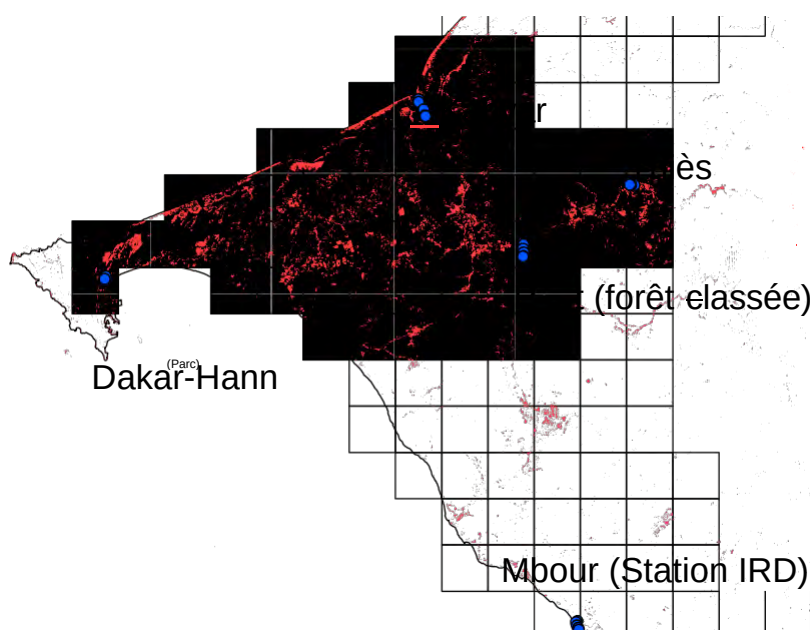


Figure 24. Localisation des sites d'échantillonnage du suivi bio-indicateurs

La zone présente un cortège classique de savane sahélienne, toutefois appauvri par une forte dégradation de l'environnement [Kayar, Thiès et Pout] ou une

fragmentation importante [Mbour et Dakar-Hann], indépendantes du projet [fig. 25].

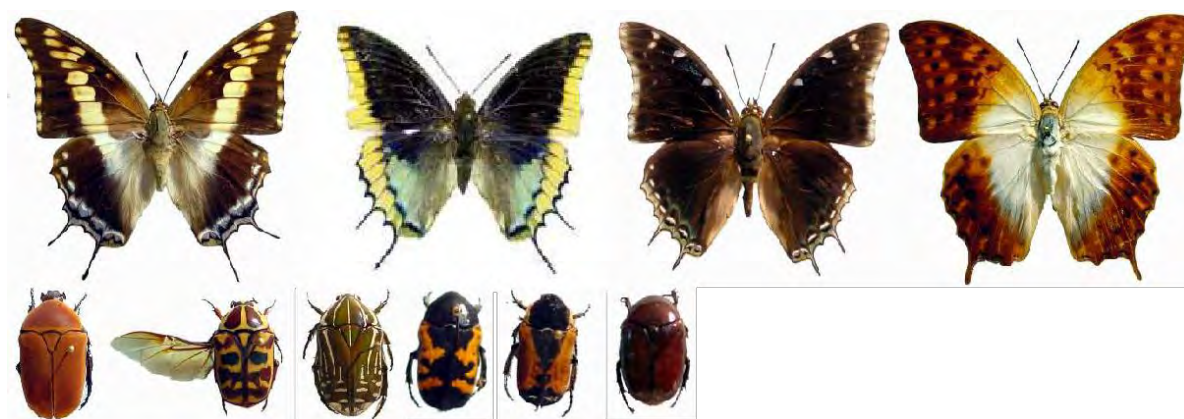


Figure 25. Quelques espèces de Nymphalidae [haut] et Cetoniinae [bas] capturées lors des inventaires.

Lecture : De gauche à droite, en haut : *Charaxes achaemenes atlantica*, *C. epijasius*, *C. viola* et *C. varanes* et en bas : *Pachnoda marginata*, *P. cordata*, *Rhabdotis sobrina*, *Polybaphes sanguineolenta*, *P. aequinoctialis* et *Diploghnata gagates*.

La lutte a commencé dans le bloc 1 [Kayar] en janvier 2011, et le suivi a montré un impact environnemental très faible et limité à une seule espèce de Cetoniinae (*Pachnoda interrupta*), parmi les 10 espèces bio-indicatrices les plus fréquentes. De plus, une certaine récupération de cette espèce a été notée dès la fin du protocole de suppression dans cette zone, en 2012, et encore plus en 2013. En 2014, ses densités apparentes ont même dépassé la densité initiale dans ce bloc [fig. 26].

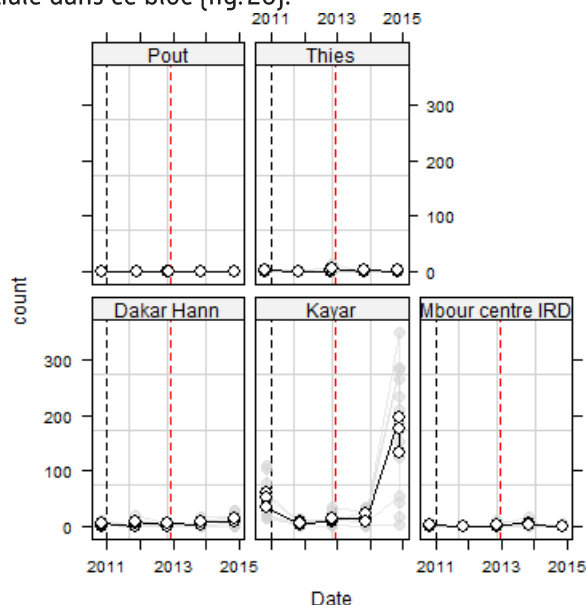


Figure 26. Evolution de la densité apparente par piège et par jour (DAP) de *P. interrupta* au cours des saisons de capture de 2010 à 2015.

Lecture : La ligne pointillée noir représente le début de la lutte à Kayar et la ligne pointillée rouge le début de la lutte à Pout. Les points blancs présentent la DAP moyenne par zone et par événement de piégeage et les points grisés la DAP moyenne par site de piégeage et par événement de piégeage.

A Pout [bloc 2], c'est *P. marginata* qui a vu sa densité chuter suite au début de la suppression en 2013 (déc. 2012) [fig. 27]. Sa densité n'a toujours pas augmenté en 2014 ce qui est prévisible car la suppression par pièges insecticides était toujours en place en 2014 [bloc 2, fig. 27]. Il conviendra de suivre l'évolution de cette espèce en 2015 et 2016 pour vérifier le retour à la normale comme pour

l'espèce précédente avec l'arrêt de l'utilisation des insecticides [données pas encore analysées].

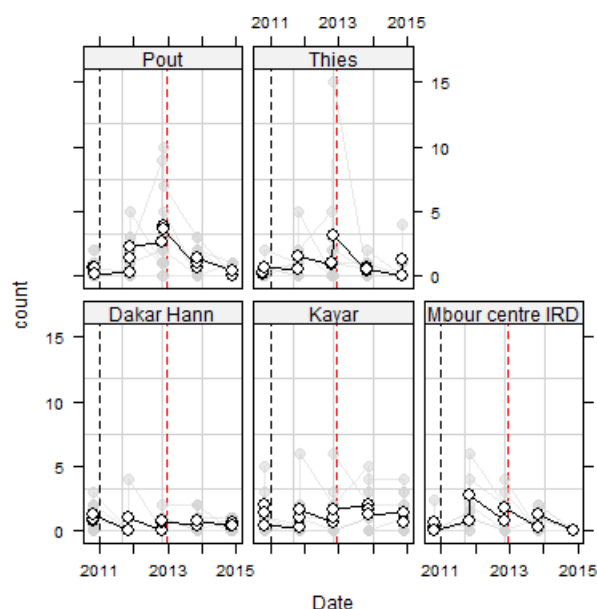


Figure 27. Evolution de la DAP de *P. marginata* au cours des saisons de capture de 2010 à 2014.

Lecture : La ligne pointillée noir représente le début de la lutte à Kayar et la ligne pointillée rouge le début de la lutte à Pout. Les points blancs présentent la DAP moyenne par zone et par événement de piégeage et les points grisés la DAP moyenne par site de piégeage et par événement de piégeage.

Aucune diminution de la biodiversité (nombre d'espèces capturées) n'a été notée. En conclusion, le projet de lutte a un impact très limité et temporaire (phase de suppression par insecticides) sur les bio-indicateurs de santé de l'écosystème utilisés.

5.2 Les impacts de 2^{ème} niveau

5.2.1 Réduction du surpâturage

(un seul indicateur = évolution de la taille des troupeaux dans la zone des Niayes)

Selon l'enquête ImpresS, une tendance de la diminution de la taille des plus grands troupeaux se

confirme tandis que les plus petits troupeaux ont plutôt augmenté de taille. En revanche, cette diminution n'est pas significative entre 2010 et 2015 ($p = 0.25$, fig. 28).

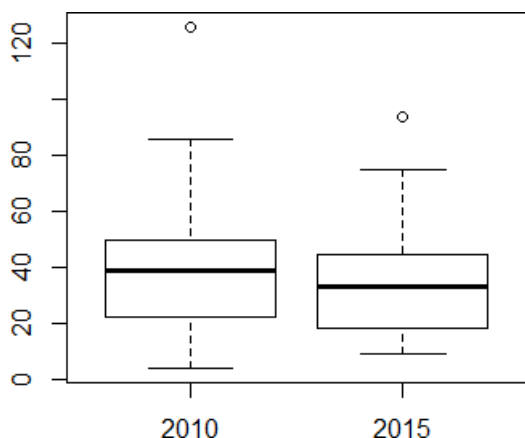


Figure 28. Taille des troupeaux chez les 23 éleveurs appariés pendant les deux périodes d'étude.

5.2.2 Modification/pertes des traditions pastorales liées à l'intensification (un seul indicateur = Evolution des troupeaux tyosaan en nombre et en taille)

L'évolution de l'importance des troupeaux Tyosaan dans le bloc 1 entre 2010 et 2015 n'est pas encore significative.

Cependant, on observe une baisse importante et significative [Fig. 29, $p < 10^{-3}$] (médiane, 1er, 2ème et 3ème quartiles) du nombre de femelles en production, en relation avec la diminution du troupeau, ce qui est conforme aux scénarios testés économiquement précédemment.

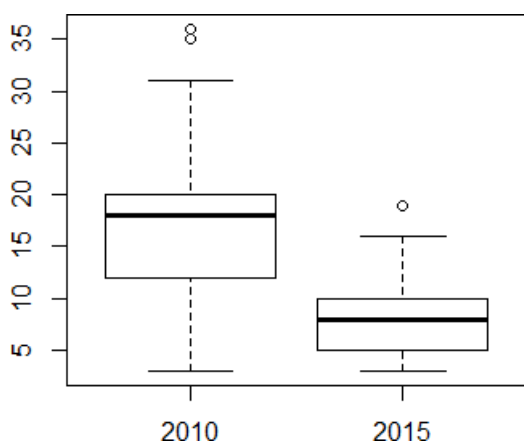


Figure 29. Femelles en production par troupeau chez les 23 éleveurs appariés pendant les deux périodes d'étude.

5.2.3 Réajustement dans la compétition foncière éleveurs/agriculteurs (un seul indicateur = Evolution de la surface cultivée par élevage)

Suite à l'enquête ImpresS, on a observé d'une part la diminution des surfaces cultivées et de la taille des troupeaux ce qui confirme nos hypothèses de dynamiques en relation avec l'augmentation de la pression foncière, de la concurrence pour l'accès aux ressources naturelles aussi bien entre éleveurs qu'avec les agriculteurs (Bouyer et al. 2015a). Cette diminution des surfaces cultivées par éleveur pourrait expliquer au moins en partie la diminution de la

taille des troupeaux en relation avec une diminution de l'accès à des ressources fourragères (en particulier les ressources fourragères pour les agro-éleveurs). Il s'ensuit un effet opposé au bénéfice de l'éradication sur le chiffre d'affaires.

En effet, la diminution des surfaces cultivées par éleveur était significative ($p < 0,05$) et a concerné tous les quartiles sur l'échantillon apparié en 2010 et 2015 (Fig. 30).

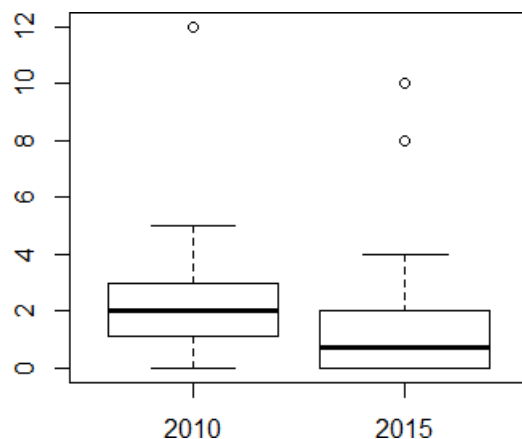


Figure 30. Surface cultivée totale par éleveur chez les 23 éleveurs appariés pendant les deux périodes d'étude.

5.2.4 Augmentation de la production nationale de lait (un seul indicateur = Evolution des importations de lait)

L'analyse des statistiques nationales montre une réduction de 40% des importations de lait de 2008 à 2014 (fig. 31) [Source : Agence nationale de la statistique et de la démographie (ANSD)]. Cependant, plusieurs projets ont été mis en place par le gouvernement dans le cadre de la GOANA (Grande Offensive Agricole pour la Nourriture et l'Abondance) y compris la distribution d'aliments concentrés et un programme d'insémination artificielle à l'échelle nationale. Il est donc très difficile de quantifier l'importance relative du projet d'éradication des glossines dans les Niayes.

D'un autre côté, la production locale ne représentait que 2% de la consommation en 1995 (Metzger et al. 1995) et dans ce contexte, toute augmentation de production locale peut avoir un effet important, d'autant plus que Dakar représente 45% de la consommation des produits laitiers importés, alors qu'elle est directement approvisionnée par la zone du projet d'éradication (Niayes).

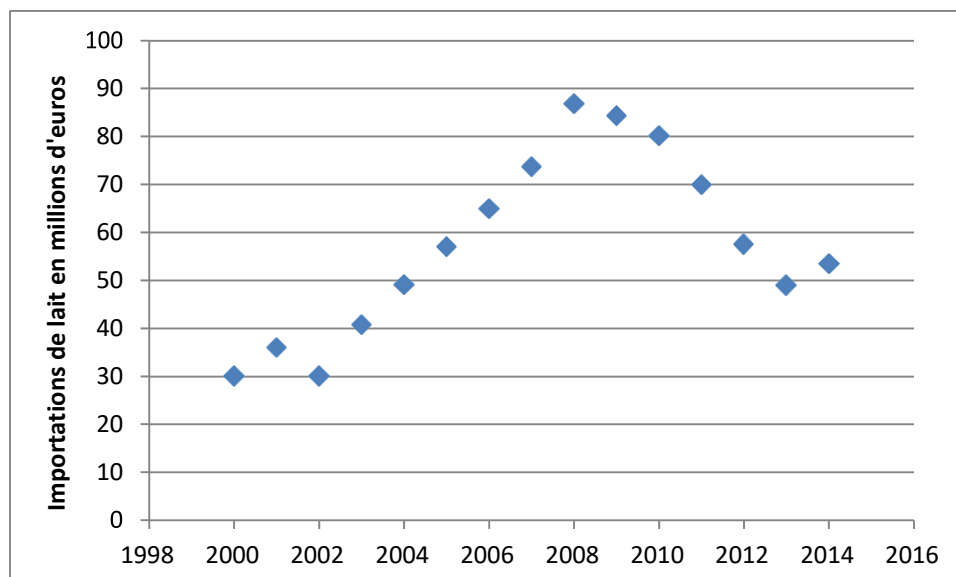


Figure 31. Evolution des importations de lait au Sénégal de 1998 à 2016 [Source : Agence Nationale de Statistiques].

5.2.5 Scaling up : Extension de la zone de contrôle des glossines au Centre ouest du Sénégal (Sine Saloum)

d'une surface d'environ 5000km² côté Sénégal, et la même surface côté Gambie [fig. 32, zone équivalente de l'autre côté de la frontière avec la Gambie, qui devra être ciblée par ce pays].

Le Sénégal prévoit une extension à un second projet d'éradication situé dans une seconde zone, le Sine Saloum,

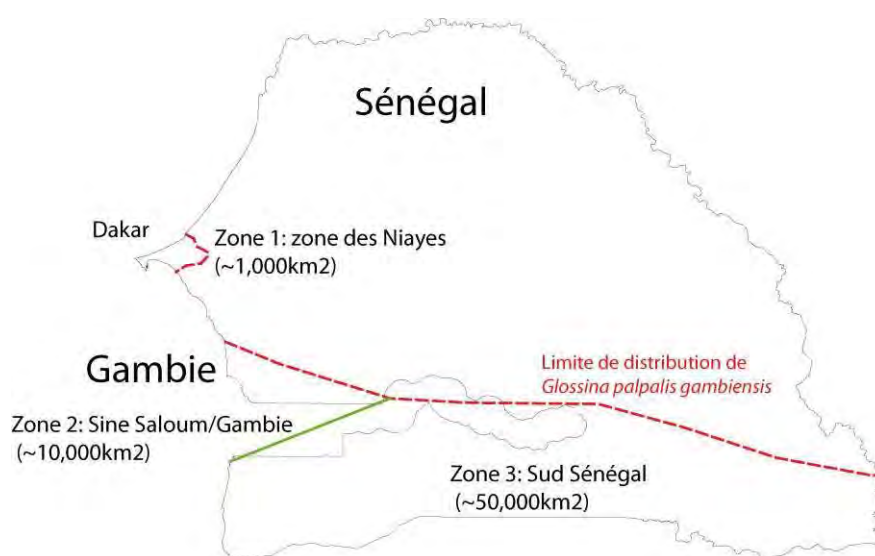


Figure 32. Zones ciblées par le Programme National de Lutte contre la mouche Tsé-tsé et la Trypanosomose au Sénégal (PNLTTS), programme plus général dont fait partie le Projet de lutte contre les glossines et la trypanosomose dans les Niayes.

La DSV a déjà obtenu un financement AIEA pour une étude de faisabilité de l'éradication dans le Sine-Saloum (600k€) et l'ISRA a déposé un projet d'éradication dans le Sine Saloum auprès de l'Arabie Saoudite (4 M€). Cet impact de niveau 2 est considéré comme un « scaling up ».

à son salaire depuis aout 2015 [voir accord cadre et accord financier avec l'AIEA en annexe 8]. Le transfert de la méthodologie en cours pour un projet d'éradication en cours dans la Vallée du Deme qui correspond à une surface comparable aux Niayes (1000km²).

5.2.6 Scaling out : Exportations de la méthode par TIS et de l'expertise par l'Union Africaine et l'AIEA

5.2.6.1 Indicateur = Autres pays / Organismes utilisant la même méthodologie

L'Ethiopie a déjà mis en place une stratégie de gestion adaptative avec une cellule de coordination regroupant services vétérinaires et recherche et différentes méthodes développées au Sénégal ont été transférées, comme la pose continue des pièges dans les sites de suivi permanent [Annexe 12, confidentiel].

J. Bouyer a été positionné par le CIRAD au sein du National Institute for Tsetse and Trypanosomosis Control and Eradication (NICETT, Ethiopie), avec contribution de l'AIEA

5.2.6.2 Indicateur = Appui au développement de la TIS dans d'autres pays

J. Bouyer est également positionné partiellement au sein de la cellule de coordination de la PATTEC en appui technique aux pays voulant développer la TIS, comme le Mozambique, l'Afrique du Sud et le Zimbabwe.

Dans le cadre de cette mission, il maintient son appui technique au projet sénégalais en faisant partie à distance de la cellule de coordination du projet (réunions mensuelles par visioconférence, participation à l'analyse statistique des données et deux missions par an).

5.2.7 Scaling out : Amélioration de l'image du nucléaire par son utilisation pacifique (médias)

5.2.7.1 Indicateur = Prix & Distinctions

L'obtention de différents prix a permis de mettre en valeur l'utilisation de la Technique de l'Insecte Stérile, une technique biologique faisant partie des utilisations pacifiques du nucléaire.

Ainsi le projet d'éradication dans les Niayes a obtenu en 2015 un prix à l'Exposition Universelle à Milano comme exemple de développement durable des petites communautés d'éleveurs¹¹.

Par ailleurs, les résultats ont permis à J. Bouyer d'obtenir deux prix scientifiques : 2012, premier prix de parasitologie appliquée de la Fédération Européenne de Parasitologie (Young scientist award, EMOP XI, Cluj Napoca) ; 2015, prix de la Francophonie pour jeunes chercheurs 2015 dans le champ disciplinaire « Sciences et médecine ».

5.2.7.2 Indicateur = Médias

Une importante diffusion anticipée de la méthodologie et des résultats a été réalisée par AIEA/FAO, le projet étant considéré comme exemplaire, avec nombreux communiqués de presse, par exemple :

<http://www.naweb.iaea.org/nafa/news/2014-tsetse-senegal.html>

<http://www.fao.org/in-action/senegal-celebrates-first-victory-against-tsetse-fly-eradication/en/>

Beaucoup d'articles de presse ont suivi (dont la qualité de la vulgarisation est très variable et pouvant aboutir quelquefois à des interprétations erronées), par exemple :

RFI

<http://www.rfi.fr/afrique/20140122-senegal-lutte-mouches-tse-tse-trypanosomiase-radiations-betail-niayes-sommeil/>

Lacroix

<http://www.la-croix.com/Actualite/Monde/Vers-une-eradication-de-la-mouche-tse-tse-au-Senegal-2014-01-21-1094242>

International Pest Control, AL JAZEERA ENGLISH
<https://www.youtube.com/watch?v=0v506A1JtmM>,

Le Quotidien

<http://www.lequotidien.sn/index.php/societe/item/27602-lutte-contre-la-mouche-tse-tse-premiere-victoire-a-l-horizon-au-senegal>,

Seneweb News

http://www.seneweb.com/news/Sante/au-senegal-premieres-victoires-decisives-dans-la-lutte-contre-les-mouches-tse-tse_n_117191.html

Leral net

http://www.leral.net/La-Mouche-Tse-Tse-Ou-Glossine-Rode-A-Dakar_a82766.html,

La voix de l'Amérique

<http://www.lavoixdelamerique.com/content/le-senegal-devrait-remporter-la-bataille-contre-la-mouche-tse-tse/1832329.html>,

<http://christellemarot.com/2016/01/09/la-genetique-paysagere-pour-vaincre-la-mouche-tse-tse/>

<http://www.natureworldnews.com/articles/8114/20140717/abolishing-tsetse-fly-carrier-of-deadly-sleeping-sickness.htm>

<http://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2015/feb/18/tsetse-fly-africa-development-castration>

<http://www.forbes.com/sites/jamesconca/2015/04/02/irradiating-and-eradicating-the-tsetse-fly-scourge/>

Pour visualiser des dizaines d'articles, taper « tsétsé éradication Sénégal » et « tsetse eradication Senegal » sur google.

Un film de très grande qualité sera tourné par l'équipe communication de l'AIEA en juin 2016, dont un extrait sera utilisé pour faire un spot sur la BBC.

6. Thème transversal : l'évaluation de l'impact sur les politiques publiques

Voir mémoire transversal « Impact sur les politiques publiques ». Le projet d'éradication des glossines a eu un impact majeur sur les politiques publiques nationales, non seulement sur la façon de lutter contre les glossines et les trypanosomoses dans les Niayes, mais aussi en provoquant une extension de la zone de lutte vers le sud (Sine Saloum) (scaling out). De plus, il a influé sur les acteurs politiques internationaux comme l'Union Africaine ou l'AIEA, notamment au niveau de leur image mais aussi sur leurs priorités (scaling up). Il a également modifié la façon de lutter contre les glossines et les trypanosomoses en Ethiopie (scaling up). Enfin, la nouvelle méthode de lutte proposée pour lutter contre les moustiques va influencer sur le positionnement du CIRAD dans le domaine de la lutte biologique (notamment dans le cadre d'un grand projet Propis), mais aussi sur la façon d'envisager la lutte contre les moustiques au niveau mondial dans le cadre des épidémies de Zika (Bouyer et al. 2016). Ce changement de posture s'est notamment traduit par la signature d'un accord de collaboration avec l'AIEA en 2015 (Annexe 7) et avec l'Union Africaine en 2016 (Annexe 14). La partie ci-dessous correspond aux réponses au questionnaire

¹¹ https://www.feedingknowledge.net/02-search/-/bsdp/6402/en_GB

transversal politiques publiques mis en place dans le cadre du chantier ImpresS.

6.1 Contexte dans lequel est insérée la recherche

6.1.1 Environnement politique et institutionnel général

(qualité des infrastructures publiques, efficacité de l'administration locale, problème de corruption, liberté d'expression...) influant sur le processus d'innovation

- **Cet environnement politique et institutionnel -t-il favorisé ou freiné le processus d'innovation ? Pourriez-vous préciser comment ?**

- **Pouvez-vous situer l'endroit précis du chemin d'impact (input, output, outcome, impact 1er/2ème niveau) où cet environnement a joué ?**

Favorisé : la recherche d'accompagnement du projet d'éradication a été initiée à la demande du Ministère de l'élevage, qui pilotait le projet (input) et le projet a bénéficié en continu d'une très forte volonté du coordonnateur.

Freiné : les crédits mis en place par le gouvernement ont été très faibles et inférieurs à ce qui a été déclaré, ce qui a souvent ralenti l'exécution du projet (outcome) et a rendu plus difficile l'obtention de financements internationaux (inputs) ; aucun personnel n'a été dédié au projet suite à un manque de reconnaissance du projet au niveau national et au déficit global de ressources humaines au niveau du Ministère de l'Élevage ce qui a également ralenti l'exécution (outcome).

6.1.2 Evènements ponctuels de nature politique ayant favorisé ou freiné le processus d'innovation

(changement de gouvernement, nouvelles politiques, nouveaux leaders, crise, etc.) en amont et en aval du processus d'innovation

Faiblesse des budgets nationaux du Ministère de l'élevage, beaucoup de priorités pour le Gouvernement (éducation, santé, sécurité...) et peu de ressources.

6.2 Acteurs publics en interaction avec la recherche

6.2.1 Acteurs publics/politiques associés au processus d'innovation

- **Quels sont ces acteurs (les plus importants) ?**

- **Quel a été leur rôle (initier la recherche, lever un frein à l'innovation, généraliser la diffusion...) et leur degré décisionnel (local, régional, national) ?**

- **A quel stade du chemin de l'impact pouvez-vous situer les interactions (input, output, outcome, impact 1er/2ème niveau) ?**

Le Ministère de l'Élevage et des Productions animales (via la Direction des Services Vétérinaires) a initié la

recherche / apportés des inputs, a mis en œuvre des innovations proposées par la recherche à l'échelle régionale / outcome, a envisagé et travaillé à l'élaboration de l'extension sud du projet (spillover à l'échelle nationale).

Le Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement rural (via ISRA) a conduit la recherche, produit des outputs et participé à la mise en œuvre des innovations proposées par la recherche à l'échelle régionale (outcome).

L'IAEA a initié la recherche, apporté des inputs et a participé au financement du projet (input). Le Département d'état Américain a participé au financement du projet (input).

L'Union Africaine assuré le transfert de l'innovation à d'autres pays (pour généraliser la diffusion) (spillover à l'échelle continentale).

- **Si vous avez noté des interactions au niveau des outcomes, pouvez-vous préciser les impacts qu'elles ont favorisés (levée de goulot d'étranglement, innovations dans d'autres régions, d'autres secteurs...) ?**

Les interactions sont nombreuses entre outcomes car la combinaison de plusieurs innovations est nécessaire pour arriver à l'impact intermédiaire (éradication des glossines) : voir chemin d'impact.

- **Si les politiques publiques ont été impactées (ou sont susceptibles d'être impactées pour les cas in itinere), pouvez-vous préciser les changements (modification de perception/paradigme, nouvelle loi, modification de la réglementation, mise en place d'instruments, mise en place de programmes...) ?**

La décision du gouvernement Sénégalais d'étendre le projet au Centre et au Sud pour étendre la stratégie d'intensification par éradication des vecteurs a été confortée par le succès du projet.

La demande d'affectation d'un agent CIRAD en appui à la coordination PATTEC témoigne de la confortation de l'Union Africaine sur son programme continental d'éradication des glossines.

L'IAEA a été confortée pour mener des travaux sur la technique de l'insecte stérile (SIT) sur les glossines : en effet, un arrêt de cette recherche était prévisible si le programme sénégalais avait échoué (seul réel succès ces dernières années contre les glossines).

6.2.2 Rôle des groupes de pression sur le processus de recherche et d'innovation

- **Quels sont ces acteurs (les plus importants) ?**

- **Quel a été leur rôle (mise en avant d'un problème, mise en œuvre du programme, circulation/vulgarisation des résultats de la recherche...) ?**

- **A quel stade du chemin de l'impact pouvez-vous situer les interactions (input, output, outcome, impact 1er/2ème niveau) ?**

En ce qui concerne les médias¹², de nombreux communiqués de presse (pro ou contre l'approche mais

12 <http://www.forbes.com/sites/jamesconca/2015/04/02/irradiating-and-eradicating-the-tsetse-fly-scourge/>

principalement pro] ont été publiés, ainsi que des documents filmés ; ceci a favorisé le renouvellement des financements [input] et la circulation/vulgarisation des résultats de la recherche [impact 2^{ème} niveau voir spillover].

L'AIEA a fait pression pour utiliser la SIT qui était une condition obligatoire pour obtenir un financement [input]. Elle a dirigé les orientations de la recherche opérationnelle [output] et de son application [outcome].

Enfin, la sélection par l'Expo Milano 2015¹³ [projet primé comme exemple d'intensification écologique] a favorisé le renouvellement des financements [input].

6.2.3 Rôle des acteurs trans/internationaux en amont et au cours du processus

- **Quels sont ces acteurs (les plus importants) ?**
- **Quel a été leur rôle (initiative de la recherche, mise en œuvre de la recherche, participation au financement, circulation/vulgarisation des résultats de la recherche...)?**
- **A quel stade du chemin de l'impact pouvez-vous situer les interactions [input, output, outcome, impact 1er/2ème niveau] ?**
- **Dans les cas pour lesquels des acteurs trans/internationaux ont été à l'origine du processus de recherche, pouvez-vous déterminer si l'objet de recherche s'inscrivait dans les priorités d'action de ces acteurs ?**

L'AIEA a fait pression pour utiliser la SIT / obligatoire pour obtenir un financement [input], et a dirigé les orientations de la recherche opérationnelle [output] et de son application [outcome].

La SIT fait partie des priorités de recherche de l'AIEA en tant que valorisation pacifique du nucléaire.

Ils sont appuyés dans cette stratégie par les pays membres [cotisations obligatoires] ainsi que par le département d'état américain via le mécanisme « Peaceful Uses Initiative »^{14,15}.

La FAO dirige un programme conjoint avec l'AIEA [Joint FAO/IAEA division] qui concerne la vulgarisation des résultats de la recherche¹⁶. Elle a exprimé ainsi la volonté de participer à la valorisation du projet par l'intensification de l'élevage via un projet PCP en cours de montage.

7. Retour d'expérience

7.1 Sur la méthode d'évaluation ImpresS

La construction du chemin d'impact est une démarche qui nécessite de décortiquer le processus et qui est donc une étape importante.

La schématisation du chemin d'impact entraîne une simplification et une perte d'information. Ainsi le récit de l'innovation doit forcément l'accompagner mais celui-ci pourrait être considérablement amélioré en suivant la méthodologie de la SAR [Sociologie de l'Acteur-Réseau] qui nécessite pour corriger le biais du regard rétrospectif de travailler sur les documents produits tout au long de l'histoire de l'innovation et qui est donc un travail plus long. En outre, l'analyse de la succession des controverses et de la redéfinition et évolution des relations entre acteurs serait fructueuse.

7.2 Recommandations pour la conduite de projets d'innovation similaires ou pour la suite du projet

- Recommandation pour la continuation du projet s'il y a lieu

Pour les cas in itinere, bien insister sur les recommandations pour la suite de la conduite du projet.

- Recommandation pour la conduite d'un projet de recherche et d'innovation de même type

Il nous semble fondamental de bien mettre en œuvre le management adaptatif pour la mise en œuvre technique. Au-delà, il est important d'être vigilant aux obstacles institutionnels, aux blocages administratifs, aux défauts d'enrôlement par manque de communication et de publicité aussi bien qu'aux conflits interpersonnels.

13 https://www.feedingknowledge.net/02-search/-/bsd/6402/en_GB

14 <https://www.iaea.org/newscenter/focus/peaceful-uses-initiative>

15 <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-impact-senegal-nears-first-victory-eradicating-tsetse-flies>

16 <http://www.fao.org/news/story/en/item/211898/icode/>

8. Bibliographie

- Alsan, M. 2015. The Effect of the TseTse Fly on African Development. *Am. Econ. Rev.* 105: 382– 410.
- Bouyer, F., J. Bouyer, M. T. Seck, B. Sall, A. H. Dicko, R. Lancelot, and E. Chia. 2015a. Importance des infections à transmission vectorielle selon le système de production : trypanosomose bovine et dynamique d'innovation des éleveurs au Sénégal. *OIE Scientific and Technical Review* 34: submitted.
- Bouyer, F., A. Dicko, M. T. Seck, B. Sall, M. Lo, M. Vreysen, J. Bouyer, E. Chia, and A. Wane. 2013a. A cost-benefit analysis of tsetse eradication in the Niayes area of Senegal, 32nd ISCTRC Conference, Khartoum, Soudan.
- Bouyer, F., M. T. Seck, A. Dicko, B. Sall, M. Lo, M. Vreysen, E. Chia, J. Bouyer, and A. Wane. 2014. Ex-ante cost-benefit analysis of tsetse eradication in the Niayes area of Senegal. *PloS Negl. Trop. Dis.* 8: e3112.
- Bouyer, J., M. T. Seck, and B. Sall. 2013b. Misleading guidance for decision making on tsetse eradication: Response to Shaw et al. (2013). *Prev. Vet. Med.* 112 [2013] 443– 446.
- Bouyer, J., F. Chandre, J. Gilles, and T. Baldet. 2016. Alternative vector control methods to manage the Zika virus outbreak: more haste, less speed. *The Lancet Global Health* 4: e364.
- Bouyer, J., M. T. Seck, B. Sall, L. Guerrini, and M. J. B. Vreysen. 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.
- Bouyer, J., F. Bouyer, M. Donadeu, T. Rowan, and G. Napier. 2013c. Community- and farmer- based management of animal African trypanosomosis in cattle. *Trends Parasitol.* 29: 519– 522.
- Bouyer, J., A. H. Dicko, G. Cecchi, S. Ravel, L. Guerrini, P. Solano, M. J. B. Vreysen, T. De Meeûs, and R. Lancelot. 2015b. Mapping landscape friction to locate isolated tsetse populations candidate for elimination. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 112: 14575–14580.
- Brandl, F. E. 1985. The use of a herd simulation model for the estimation of direct economic benefits of tsetse control. Application to the pastoral zone of Sideradougou, Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 38.
- 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. 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., and J. Itard. 1973b. 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 H. Politzar. 1983. Etude de l'efficacité contre *Glossina palpalis gambiensis* et *Glossina tachinoides* de barrières constituées d'écrans ou de pièges biconiques imprégnés de DDT, de Deltaméthrine ou de Dieldrine. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 36: 159–168.
- 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, 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., 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, 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, M. Clair, E. Sellin, Y. Taze, G. Bourdoiseau, and J. Fevrier. Year. Published. 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*, 7–11 mai 1979, Vienne. I.A.E.A.
- de La Rocque, S., X. Augusseau, S. Guillobez, V. Michel, G. De Wispelaere, B. Bauer, and D. Cuisance. 2001. The changing distribution of two riverine tsetse flies over 15 years in an area increasingly occupied by agriculture in Burkina Faso. *Bull. Entomol. Res.* 91: 157–166.
- Desquesnes, M., J. F. Michel, S. de La Rocque, P. Solano, L. Millogo, Z. Bengaly, and I. Sidibe. 1999. Enquête parasitologique et sérologique (Elisa-indirect) sur les trypanosomoses des bovins dans la zone de Sidéradougou, Burkina Faso. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 52: 223–232.
- Dicko, A. H., F. Bouyer, C. Nyonse, M. T. Seck, B. Sall, M. J. B. Vreysen, L. Guerrini, A. Shaw, F. Williams, and J. Bouyer. 2016. The economics of bovine trypanosomosis control under climate change. in prep.
- 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. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 111: 10149–10154.
- Enserink, M. 2007. Welcome to Ethiopia's fly factory. *Science* 317: 310–313.
- 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.
- Kgori, P. M., S. Modo, and S. J. Torr. 2006. The use of aerial spraying to eliminate tsetse from the Okavango Delta of Botswana. *Acta Trop.* 99: 184–199.
- Kristjanson, P. M., B. M. Swallow, G. J. Rawlands, R. L. Kruska, and P. N. Leeuw. 1999. Measuring the cost of African Animal Trypanosomiasis, the potential benefits of control and returns to research. *Agr. syst.* 59: 79–98.

- Maudlin, I. 2006. African trypanosomosis. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 100: 679– 701.
- Metzger, R., J. M. Centres, L. Thomas, and J. C. Lambert. 1995. L'approvisionnement des villes africaines en lait et produits laitiers, FAO, Rome.
- 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.
- Pagabeleguem, S., G. Gimonneau, M. T. Seck, M. J. B. Vreysen, B. Sall, J.-B. Rayaissé, I. Sidibé, J. Bouyer, and S. Ravel. 2016a. A molecular method to discriminate between sterile and wild tsetse flies during eradication programmes that have a sterile insect technique component. *PloS Negl. Trop. Dis.* 10: e0004491.
- Pagabeleguem, S., S. Ravel, A. H. Dicko, M. J. B. Vreysen, A. Parker, P. Taback, K. Huber, G. Gimonneau, and J. Bouyer. 2016b. The influence of temperature and relative humidity on survival and fecundity of three *Glossina palpalis gambiensis* strains. in prep.
- Pagabeleguem, S., M. T. Seck, B. Sall, M. J. B. Vreysen, G. Gimonneau, A. G. Fall, M. Bassene, I. Sidibé, J. B. Rayaissé, A. Belem, and J. Bouyer. 2015. Long distance transport of irradiated male *Glossina palpalis gambiensis* pupae and its impact on sterile male yield Parasites & Vectors 8: 259.
- 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.
- 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.
- Seck, M. T., J. Bouyer, B. Sall, Z. Bengaly, and M. J. B. Vreysen. 2010. The prevalence of African animal trypanosomoses and tsetse presence in Western Senegal. *Parasite* 17: 257– 265.
- Seck, M. T., S. Pagabeleguem, M. D. Bassene, A. G. Fall, T. A. R. Diouf, B. Sall, M. J. B. Vreysen, J.-B. Rayaissé, P. Takac, I. Sidibé, A. G. Parker, G. N. Mutika, J. Bouyer, and
- Gimonneau. 2015. Quality of Sterile Male Tsetse after Long Distance Transport as Chilled, Irradiated Pupae. *PloS Negl. Trop. Dis.* 9: e0004229.
- Shaw, A. P. M., S. J. Torr, C. Waiswa, G. Cecchi, W. Wint, R. C. Mattioli, and T. P. Robinson. 2013a. Estimating the costs of tsetse control options: an example for Uganda. *Prev. Vet. Med.* 110: 290–303.
- Shaw, A. P. M., S. J. Torr, C. Waiswa, G. Cecchi, W. Wint, R. C. Mattioli, and T. P. Robinson. 2013b. Reply to the letter to the Editor by Bouyer et al. [2013]. *Prev. Vet. Med.* 112: 447– 449.
- 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.
- 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.
- Swallow, B. M. (ed.) 2000. Impacts of trypanosomiasis on African Agriculture. FAO, Rome.
- Takken, V., M. A. Oladunmade, L. Dengwat, H. U. Feldmann, J. A. Onah, S. O. Tenabe, and
- 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.
- Touré, S. 1973. 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.
- 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.
- 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., 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. 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.
- 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.
- Wyss, J. H. 2006. Screwworm Eradication in the Americas. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 916: 186–193.

9. Annexes

Les annexes sont disponibles dans un volume séparé sur [Agritrop](#)

Annexe 1 : Liste des participants à l'atelier participative ImpresS du 23-24 Juin 2015 à l'ISRA-LNERV, Dakar-Hann

Annexe 2 : Déroulement de l'atelier participatif de l'étude de cas « projet d'éradication des glossines dans les Niayes » organisé du 23 au 24 juin 2015 à l'ISRA-LNERV, Hann, Dakar

Annexe 3 : Analyse du Focus group avec les éleveurs du bloc 1

Annexe 4 : Entretiens compréhensifs d'un agent de la DSV, d'un agent de l'ISRA et de 10 éleveurs de la zone des Niayes

Annexe 5 : Questionnaire d'enquête éleveurs utilisé en 2010

Annexe 6 : Questionnaire d'enquête éleveurs utilisé en 2015

Annexe 7 : Accord de coopération entre le CIRAD et l'AIEA (confidentiel)

Annexe 8 : Termes de référence de l'affectation d'un expert en appui à la PATTEC (Union Africaine) et au projet d'éradication des glossines et des trypanosomoses en Éthiopie (NICETT) (confidentiel)

Annexe 9 : Compte rendu de réunion du 25-27/01/16 ayant pour objet de faire un point sur l'état d'avancement du projet d'élimination des tsé-tsé dans les Niayes (confidentiel)

Annexe 10 : Tableau IOOI

Annexe 11 : Tableau Impact / Indicateurs/ Sources

Annexe 12 : Compte rendu de réunion de coordination du 09/02/2016 du programme NICETT, Addis Abeba, Éthiopie (confidentiel)

Annexe 13 : Accord de coopération entre le CIRAD et l'Union Africaine (confidentiel)

Le Cirad est l'organisme français de recherche agronomique et de coopération internationale pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes.

Avec ses partenaires, il coconstruit des connaissances et des solutions pour des agricultures résilientes dans un monde plus durable et solidaire. Il mobilise la science, l'innovation et la formation afin d'atteindre les objectifs de développement durable. Il met son expertise au service de tous, des producteurs aux politiques publiques, pour favoriser la protection de la biodiversité, les transitions agroécologiques, la durabilité des systèmes alimentaires, la santé (des plantes, des animaux et des écosystèmes), le développement durable des territoires ruraux et leur résilience face au changement climatique. Présent sur tous les continents dans une cinquantaine de pays, le Cirad s'appuie sur les compétences de ses 1 750 salariées et salariés, dont 1 200 scientifiques, ainsi que sur un réseau mondial de 200 partenaires. Il apporte son soutien à la diplomatie scientifique de la France.

Le Cirad est un établissement public à caractère industriel et commercial (Épic) sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères. ●

Plus d'information

equipeimpress@cirad.fr

ImpressS



Nos activités, notre impact

