



Évaluation économique des bénéfices tirés des investissements dans l'adaptation

Note méthodologique sur l'évaluation économique des retours sur les investissements dans l'adaptation aux extrêmes et aux catastrophes climatiques déterminés au niveau local dans la région de Kaffrine au Sénégal

Near East Foundation consortium dans le cadre du programme Construire la résilience et l'adaptation aux extrêmes climatiques et aux catastrophes (BRACED)



Auteur : Caroline King-Okumu
Avec les contributions de : Moe Myint, Vanja Westerberg, Djibril Diop,
Baba Coulibaly, Momath Talla Ndao, Diadji Ndiaye & Équipe DFC



Si vous avez des questions sur ce rapport, veuillez contacter:
Djibril Diop de l'IED Afrique à: djibril.diop@iedafrique.org
ou Caroline King-Okumu de l'IED à : carok@iied.org

Si vous avez des questions sur le projet DFC en général, veuillez contacter
Near East Foundation à info@neareast.org ou +1 315-428-8670

Résumé exécutif

L'anticipation et l'évaluation des retours sur les investissements dans l'adaptation déterminés au niveau local constituent un défi. Le soutien national et mondial à l'adaptation peut être déconnecté des réalités locales. Pour les communautés vivant dans des environnements sujets aux extrêmes et aux catastrophes climatiques, les priorités d'accroissement de leur résilience sont susceptibles de différer de celles identifiées lors des processus nationaux et mondiaux de préparation à ces phénomènes. Pour les communautés, l'accroissement de la résilience ne s'obtient pas au travers de projets d'investissements ponctuels : elles savent qu'il s'agit d'un processus continu qui requiert la prise en considération des retours économiques sur les investissements dans l'adaptation, et qui sont récurrents et pas spécifiques. C'est particulièrement le cas pour les adaptations qui sont mises en œuvre en synergie avec les moyens d'existence et les investissements propres des populations locales.

Les communautés vulnérables priorisent les adaptations susceptibles de générer des bénéfices immédiats en termes de moyens d'existence et un accroissement de la résilience sur le long terme. Les investissements dans la gestion des biens publics, y compris les terres, l'eau et l'infrastructure sociale, peuvent augmenter la productivité économique en l'espace d'une saison, tout en conservant également les processus de l'écosystème dont les effets perdureront pendant des décennies. Certains de ces effets peuvent contribuer à atténuer les effets des extrêmes et des catastrophes climatiques. La réussite de l'amélioration des biens publics entraîne également de nombreux bénéfices sociaux intangibles. Par conséquent, la valeur totale du retour sur les investissements dans l'adaptation priorisés au niveau local sur les horizons de planification

stratégique finira par dépasser l'accroissement immédiat de la productivité économique. Cependant, la quantification efficace de ces retours sur le court et le long terme présente de nombreux défis et incertitudes méthodologiques.

Un éventail de méthodes scientifiques aide à évaluer une partie, mais pas l'intégralité, de la valeur économique pouvant être anticipée, tirée des investissements dans l'adaptation axés sur la gestion locale des biens publics. Nous présentons dans ce document une méthodologie d'évaluation des retours pour une économie régionale sur les investissements dans l'adaptation priorisés au niveau local par le biais du programme de Décentralisation des fonds climats (DFC) financé par Construire la résilience et l'adaptation aux climats extrêmes et aux catastrophes (BRACED), une initiative du DFID. Cette note méthodologique fait actuellement l'objet de discussions avec les parties prenantes du programme DFC travaillant dans la région de Kaffrine au Sénégal qui utilisent une approche participative pour prioriser les investissements dans l'adaptation avec l'aide des décideurs et des parties prenantes locales et régionales.

Les acteurs locaux de Kaffrine ont énuméré et priorisé les investissements dans les biens publics pouvant contribuer à accroître leur résilience. Le projet DFC a mis en œuvre 75 de ces projets en 2016-2017. Nous proposons comme première étape de l'évaluation de la valeur des retours sur ces investissements une évaluation pilote ex ante projetant les bénéfices observables sur trois échelles :

- l'échelle du terrain et du village (qui intéressera les ménages et les communautés),
- l'échelle régionale (qui intéressera les planificateurs régionaux et nationaux), et

- l'échelle du portefeuille d'investissements du projet DFC dans quatre départements sélectionnés (qui intéresseront les parties prenantes du financement international de la lutte contre le changement climatique).

Bien que les périodes de planification concernées s'étendent jusqu'en 2030, les périodes d'un an et de cinq ans constituent également d'importantes échéances pour que les parties prenantes locales et régionales obtiennent des bénéfices.

Nous visons à renforcer l'approche rapide et simplifiée de l'évaluation ex ante des retours sur les investissements du projet DFC que nous proposons dans ce document par le biais d'une consultation, d'une coordination et d'une collecte de données sur le terrain locales et continues. En partant de cette approche, nous pourrions également commencer à considérer le développement d'une évaluation ex post afin de mesurer et d'effectuer le suivi des retours des projets ayant été mis en œuvre au cours de l'année passée (2016-2017).

L'approche participative, consultative et répétitive que nous adoptons est essentielle pour refléter les attentes et les hypothèses des planificateurs et des populations locales quant aux bénéfices pour la région. Ces bénéfices doivent inclure des complémentarités et des feedbacks se renforçant mutuellement entre les investissements réussis et le renforcement des institutions locales. Ces gains doivent aussi créer des complémentarités avec l'éventail plus large d'investissements publics et financés par des donateurs en vue du développement durable.

Il sera intéressant d'observer les performances des retours sur investissements effectués au niveau des villages dans la zone aride marginale de Kaffrine comparé aux investissements dans l'adaptation dans d'autres régions plus humides et prospères

du pays, et dans d'autres régions du monde. Nous prévoyons que notre approche de l'évaluation des retours sur les investissements priorités au niveau local pourrait intéresser les planificateurs du développement régional, national et international.

Les méthodes que nous recommandons dans ce document devraient aider à combler les lacunes dans le profil économique existant et les documents de planification disponibles pour la région de Kaffrine. Les systèmes statistiques permettant de faire le suivi et d'évaluer les conditions et la valeur des ressources en eau et des forêts ont des forces et des faiblesses. Nous soulignons certaines méthodes disponibles permettant de remplir ces conditions.

Du fait de la complexité des facteurs jouant sur l'accroissement de la résilience, nous ne serons en mesure d'effectuer qu'une évaluation économique partielle des retours sur les investissements dans l'adaptation. Cependant, il est possible que la valeur des retours partiels sur les investissements dans l'adaptation priorités au niveau local que nous pouvons évaluer dans la région de Kaffrine dépasse, malgré tout, les retours sur les investissements centralisés s'ils sont mis en œuvre sans institution de planification et de financement décentralisée efficace.

L'évaluation économique quantitative des retours sera toujours partielle, même en cas d'évaluation ex post rétrospective à long terme. Cela ne devrait cependant pas entraver l'évaluation économique des avantages générés par les systèmes d'investissement centralisés et décentralisés. Nous pourrions également prévoir des complémentarités croissantes et des rétroactions se renforçant mutuellement entre les institutions locales renforcées, le système d'investissement décentralisé et le portefeuille plus large d'investissements publics et financés par les donateurs pour le développement durable.

Table des matières

| | |
|---|----|
| Résumé exécutif..... | 3 |
| Avant propos | |
| Listes..... | 6 |
| Remarques | 8 |
| Remerciements..... | 8 |
| 1. Introduction..... | 9 |
| 1.1 Projet DFC de BRACED et approche participative de la priorisation locale | 10 |
| 1.2 Application prévue des méthodes d'évaluation du retour sur investissement dans le cadre du projet DFC | 11 |
| 1.3 Applicabilité visée de nos méthodes au-delà du projet DFC | 12 |
| 2. Vue d'ensemble : estimation de l'adaptation dans les zones arides..... | 14 |
| 3. Contexte..... | 17 |
| 3.1 Changement climatique enclin aux extrêmes et aux catastrophes | 17 |
| 3.2 Priorités d'adaptation des communautés du projet DFC | 20 |
| 3.3 Projection des effets futurs du changement climatique sur l'économie de Kaffrine | 21 |
| 4. Outils de collecte des données participatives | 24 |
| 4.1 Évaluation de la résilience | 24 |
| 4.2 Portraits de famille..... | 26 |
| 4.3 Systèmes participatifs d'informations géographiques | 26 |
| 5. Quantification des processus, risques et effets physiques | 27 |
| 5.1 Prédiction des effets, des extrêmes et des catastrophes climatiques futurs | 27 |
| 5.2 Modélisation des effets du changement climatique sur les systèmes de ressources en eau | 31 |
| 5.3 Cartographie de la gestion des terres, de la productivité et des adaptations | 33 |
| 6. Évaluation de la valeur des changements en termes de biens et de services | 38 |
| 6.1 Évaluation des utilisations économiques et de la valeur des ressources en eau | 38 |
| 6.2 Évaluation de la valeur de la production forestière et du combustible | 43 |
| 6.3 Évaluation de la production et de la valeur agricoles..... | 50 |
| 7. Prévion des retours économiques futurs | 54 |
| 7.1 Prévion de la valeur des retours au niveau des investissements individuels | 55 |
| 7.2 Prévion de la valeur des retours au niveau du programme / du portefeuille d'investissements | 57 |
| 7.3 Prévion de la valeur des retours au niveau régional..... | 58 |
| 8. Au-delà de l'évaluation économique des retours sur investissement | 60 |
| 9. Conclusion | 61 |
| Bibliographie | 62 |
| Annexe | 68 |

Listes

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Aperçu de l'approche méthodologique et boîtes à outils..... | 10 |
| Figure 2 : Localisation de la région de Kaffrine | 11 |
| Figure 3 : Une approche décentralisée à l'évaluation de la valeur économique pour la société de l'adaptation basée sur l'écosystème | 14 |
| Figure 4 : Évaluation de la valeur des retours sur investissement d'adaptation en supposant un choc unique..... | 15 |
| Figure 5 : Kaffrine : zones agroécologiques et départements administratifs | 17 |
| Figure 6 : Bassins de Kaffrine | 18 |
| Figure 7 : Tendances pluviométriques à Kaffrine (1951–2011) | 19 |
| Figure 8 : Tendances des températures à Kaffrine (1991-2010)..... | 20 |
| Figure 9 : Profils économiques pour Kaffrine : 2011 et projection future sans adaptation | 22 |
| Figure 10 : Variabilité de la pluviométrie annuelle à Kaffrine et à Koungheul | 28 |
| Figure 11 : Fréquence des vagues de sécheresse à Kaffrine et à Koungheul (jours consécutifs sans précipitation)..... | 29 |
| Figure 12 : Écart normalisé des précipitations à la station de Koungheul | 30 |
| Figure 13 : Caractéristiques des extrêmes humides enregistrés à la station de Koungheul | 30 |
| Figure 14 : Dépenses des ménages dans des compléments alimentaires pour animaux et en eau pendant la saison sèche à Maodo Peulh..... | 51 |
| Figure 15 : Trois niveaux d'intérêt pour l'évaluation économique du projet DFC..... | 55 |
| Figure 16 : Concept de financement décentralisé de la lutte contre le changement climatique | 57 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Investissements dans les biens publics à Kaffrine, tels que priorisés par les communautés locales (2016-2017) | 21 |
| Tableau 2 : Scénarios du changement climatique identifiés par l'équipe d'IED Afrique | 22 |
| Tableau 3 : Effets projetés sur la productivité (Scénario 2) | 22 |
| Tableau 4 : Techniques pour l'évaluation de la résilience | 25 |
| Tableau 5 : Normes des volumes de la consommation d'eau par les hommes et le bétail (moyenne mondiale comparée à celle du Sénégal) | 33 |
| Tableau 6 : Hypothèses au sujet de l'UBT (générale comparée au Sénégal) | 33 |
| Tableau 7 : Structure d'une famille de bergers dans le village de Maodo Peulh, à Koungheul (Moussa Ka, agriculteur)..... | 36 |
| Tableau 8 : Unités de bétail tropical dans une famille de bergers du village de Maodo Peulh, à Koungheul | 37 |
| Tableau 9 : Bénéfices et évaluation potentielle de l'approvisionnement en eau à Banjul Bante grâce à l'investissement du projet DFC..... | 39 |
| Tableau 10 : Biens et services ayant une valeur d'usage direct dérivée d'investissements dans l'adaptation en faveur de la disponibilité de l'eau dans le cadre du projet DFC | 40 |
| Tableau 11 : Gamme de produits forestiers et sources de valeur à Kaffrine et dans ses environs..... | 44 |
| Tableau 12 : Valeur des différents produits collectés dans les forêts de la région de Kaffrine (2014)..... | 45 |
| Tableau 13 : Coûts (en dollars américains) et intrants nécessaires à l'installation d'une parcelle d'agroforesterie | 47 |

| | |
|--|----|
| Tableau 14 : Coûts annuels (en dollars américains) et intrants nécessaires à l'entretien de la parcelle/aux activités récurrentes..... | 47 |
| Tableau 15 : Valeurs des produits forestiers sélectionnés en se basant sur les cours des marchés locaux et internationaux | 48 |
| Tableau 16 : Évaluations rapides en FCFA de la valeur actuelle nette ($r = 2\%$) de quatre interventions de reboisement dans la région de Kaffrine | 49 |
| Tableau 17 : Prix de vente du bétail à Maodo Peulj selon les saisons | 50 |
| Tableau 18 : Valeur de la production du bétail dans la région de Kaffrine (2011) | 52 |
| Tableau 19 : Calcul du retour sur investissement | 56 |

Liste des encadrés

| | |
|--|----|
| Encadré 1 : Extrêmes climatiques observés par la famille de Moussa Ndao, agriculteur de Malem Hodarr | 27 |
| Encadré 2 : Extrêmes climatiques observés par la famille de Moussa Ka, éleveur de Koungheul | 28 |
| Encadré 3 : Qu'est-ce que le SWAT ?..... | 32 |
| Encadré 4 : Hypothèses au sujet de la consommation d'eau..... | 33 |
| Encadré 5 : Effets de l'agroforesterie sur les rendements des récoltes..... | 34 |
| Encadré 6 : Calcul de la relation entre le climat, la gestion des pâturages et la production de bétail au Ferlo | 35 |
| Encadré 7 : Modélisation de la relation entre les extrêmes climatiques et la fièvre de la vallée du Rift dans le Ferlo | 37 |
| Encadré 8 : Valeur de l'approvisionnement en eau dans le village de Banjul Bante, Missira Wadene, Koungheul | 39 |
| Encadré 9 : Évaluation de la valeur de l'eau par rapport au PIB | 42 |
| Encadré 10 : Valeur de l'extension du réseau d'approvisionnement en eau dans la commune de Dianke Souf, Malem Hodar | 42 |
| Encadré 11 : Exploitation forestière à Mbeuleup..... | 46 |
| Encadré 12 : Restauration de la forêt classée de Kaffrine..... | 46 |
| Encadré 13 : Aspects économiques de l'agroforesterie à Lingurere | 47 |
| Encadré 14 : Valeur combinée des différents produits forestiers | 48 |
| Encadré 15 : Évaluation rapide des flux de bénéfices provenant des arbres des projets de reboisement | 49 |
| Encadré 16 : Comptabilisation de la production du bétail dans la région de Kaffrine (2011) | 52 |
| Encadré 17 : Bénéfices hors évaluation économique d'un système d'approvisionnement en eau à Missira Wadene | 60 |

Liste des photos

| | |
|--|----|
| Photo 1 : Équipe d'IED Afrique lors d'un atelier à Bamako le 2 juin 2016 (De gauche à droite : Djibril Diop, Momath Talla Ndao, Lancelot Soumelong et Papa Coulibaly). Caroline King-Okumu | 21 |
| Photo 2 : Approvisionnement en eau à Banjul Bante. Diadji Ndiaye | 39 |
| Photo 3: Water supply investment financed by DCF at Ndiobene. Diadji Ndiaye..... | 42 |
| Photo 4 : Femmes Forestières, Kaffrine. Caroline King-Okumu | 46 |

Remarques

Remarque sur les taux de change

Sauf indication contraire, nous utilisons un taux de change approximatif de 1 dollar américain pour 500 francs de la Communauté financière africaine (FCFA).

Note sur l'utilisation des termes

Dans ce document, nous utilisons les termes suivants, définis dans le glossaire des termes clés de l'OCDE sur l'évaluation et la gestion axée sur les résultats (<https://www.oecd.org/dac/evaluation/dcdndep/45810943.pdf>):

Évaluation ex ante : Évaluation qui est conduite avant la mise en œuvre d'une action de développement.

Evaluation ex post : Évaluation d'une action de développement une fois celle-ci terminée.

Remarque : ce type d'évaluation peut être réalisé tout de suite après l'achèvement de l'intervention ou longtemps après. Le but est d'identifier les facteurs de succès ou d'échec, d'apprécier la durabilité des résultats et des impacts, et de tirer des conclusions qui pourront être généralisées à d'autres actions.

Remerciements

Ce document s'appuie sur tout le travail effectué par les membres de l'équipe du projet DFC. De plus, de nombreux collègues ne faisant pas partie de l'équipe ont passé en revue les premières ébauches de ce document. Nous souhaitons remercier Silke Swedes et Alice Caravani pour avoir fourni des commentaires utiles ayant permis sa finalisation. Nous aimerions également remercier Lucy Southwood et Claire Opaleye pour leur aide à l'édition et à la traduction.

1. Introduction

Un certain nombre d'études a examiné les coûts de l'adaptation et les fonds requis pour la réaliser (par exemple dans RdS 2014a). Cependant, les retours sur les investissements dans l'adaptation qui visent à accroître la résilience reçoivent moins d'attention et sont parfois plus difficiles à évaluer sur le plan quantitatif. Les décideurs doivent évaluer les coûts et les bénéfices de chacune des options d'investissement et les comparer aux autres options. Pour certains types d'investissements, tels que la construction d'infrastructures de grande taille, les méthodes nécessaires pour calculer le rapport avantages-coûts sont utilisées relativement couramment (p.ex. dans IBRD 2010, Sartori *et al.* 2015, ADB 2017, IBRD 2013b). Pour d'autres, par contre, particulièrement les investissements à l'échelle plus locale visant à favoriser les synergies entre les investissements privés continus et les bénéfices des utilisateurs des ressources, quantifier les bénéfices économiques pour la société peut s'avérer compliqué.

Dans ce document, nous présentons des concepts et des méthodes d'évaluation du retour sur les investissements priorités au niveau local. Ces méthodes peuvent être utilisées par les planificateurs et les gestionnaires de projet pour évaluer les retours sur investissement dans les zones arides marginales qui sont sensibles aux extrêmes et aux catastrophes climatiques, comme la région de Kaffrine au Sénégal. Nous espérons que les concepts et les méthodes présentés dans ce document seront utiles à la planification régionale. L'évaluation des investissements locaux en matière d'adaptation pourrait également aider les décideurs nationaux et internationaux à comprendre les réalités locales et le processus de prise de décision.

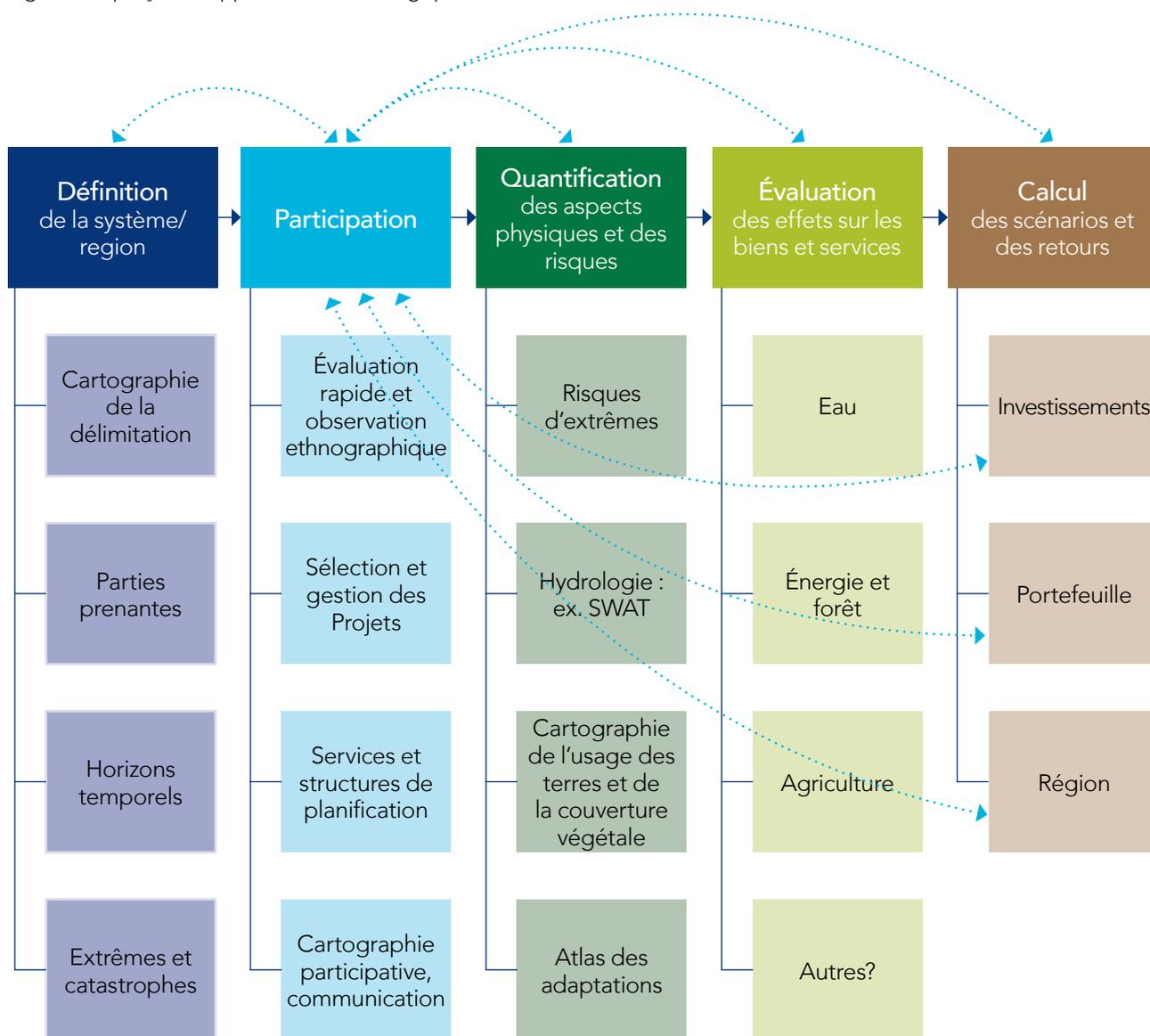
Cette note méthodologique est un document de travail visant à faciliter les discussions entre les partenaires et les parties prenantes de l'initiative Construire la Résilience et l'Adaptation aux Climats Extrêmes et aux Désastres (BRACED) financée par le Département pour le développement international (DfID) du Royaume-Uni. Quelques aspects du contenu de cette note peuvent être utiles pour les préparations du DfID à l'évaluation du rapport qualité-prix de ses programmes (« value for money »).

Notre approche comprend six composants principaux, de la définition de la région en question au calcul de retour sur investissement (Figure 1). Les outils méthodologiques disponibles comprennent les méthodes participatives, les méthodes quantitatives d'évaluation des changements et des risques environnementaux, et les méthodes d'évaluation de l'importance de ces changements pour l'économie régionale.

Dans le reste de la Section 1, nous décrivons l'utilisation prévue immédiate de cette méthodologie. La Section 2 constitue un court aperçu conceptuel présentant le défi global posé par l'évaluation du retour sur investissement dans l'adaptation aux extrêmes et catastrophes climatiques dans les zones arides. La Section 3 décrit la région de Kaffrine au Sénégal et les investissements dans l'adaptation priorités au niveau local qui y ont été mis en place. Dans la Section 4, nous décrivons les aspects participatifs de notre approche.

Nous abordons la Section 5 par la description des méthodes et des outils scientifiques disponibles pour quantifier les effets physiques sur l'état des ressources naturelles dans les scénarios changeants conçus pour les situations d'extrêmes climatiques

Figure 1 : Aperçu de l'approche méthodologique et boîtes à outils



et les conditions de gestion. Nous identifions ensuite comment estimer la valeur économique du flux altéré des biens et services pour l'économie générale à la Section 6. La Section 7 pondère d'autres considérations nécessaires pour effectuer des évaluations ex ante qualitatives et quantitatives du retour sur investissement au niveau des projets, du portefeuille d'investissements et de la région. Avant de conclure, nous discutons des limitations des évaluations économiques du retour sur investissement, car tous les bénéfices de l'adaptation ne peuvent pas être quantifiés et pondérés en termes monétaires.

1.1 Projet DFC de BRACED et approche participative de la priorisation locale

Par le biais du programme BRACED, une équipe de membres du personnel d'organisations non-gouvernementales (ONG) et de chercheurs a mis en place un système de décentralisation des fonds climats (DFC) dans deux régions du Sénégal et du Mali. La Near East Foundation (NEF) met en œuvre le projet DFC en collaboration avec Innovation, Environnement et Développement

Afrique (IED Afrique) et l'Institut International pour l'Environnement et le Développement (IIED). Le projet DFC met l'accent sur l'expérimentation d'une nouvelle approche permettant aux parties prenantes locales d'accéder aux fonds pour le climat.

Au Sénégal, le projet DFC a impliqué les parties prenantes afin d'identifier, de prioriser, de financer et de mettre en place des projets d'adaptation locaux. Ces projets étaient répartis dans quatre départements administratifs : Kounghoul, Kaffrine, Malem Hodar et Birkelane, qui ensemble constituent la région administrative de Kaffrine (Figure 2).

Figure 2 : Localisation de la région de Kaffrine



Adoptant une approche participative, l'équipe du projet à Kaffrine a exploré les expériences locales d'extrêmes et de catastrophes climatiques avec les parties prenantes et les décideurs de la région (résumé dans Koulibaly 2017, Keita et Koulibaly 2017). Résultat : une liste et une typologie des investissements locaux dans les biens publics que les parties prenantes jugent nécessaires à l'accroissement de leur résilience (Cf. Annexe). Cette liste et cette typologie ont été sélectionnées et élaborées selon les théories des changements attendu les parties prenantes s'attendent suite aux interventions pour l'accroissement de la résilience.

Les investissements étaient axés sur les biens publics en vue d'obtenir des bénéfices non-excluables pour l'ensemble de la société. Dans l'ensemble, les communautés ont priorisé les investissements qui produiraient des améliorations à court terme de leurs actifs productifs, tout en accroissant leur résilience à long terme, tels que la création d'infrastructures publiques pour les jardins maraîchers, les points d'eau, les banques de céréales et la riziculture irriguée. De tels investissements contribuent directement et rapidement à la génération de revenus pour les ménages et à la sécurité alimentaire, tout en ayant également un impact sur la conservation des ressources et les mouvements migratoires, et le renforcement des institutions, en ayant d'autres effets à long terme.

1.2 Application prévue des méthodes d'évaluation du retour sur investissement dans le cadre du projet DFC

L'objectif des méthodes que nous proposons dans cette note est de permettre à l'équipe du projet DFC et aux autres acteurs de réaliser des études sur le rapport coût-bénéfice des investissements dans les projets d'adaptation des zones arides. Elles constituent un document de travail et sont affinées par le biais de discussions et d'applications

pratiques axées sur la valeur des investissements individuels pour les parties prenantes de la région. Cela devrait aider les parties prenantes à plaider en faveur d'investissements supplémentaires et amplifiés, et également (et plus fondamentalement) à améliorer la conception et les performances des projets d'adaptation en particulier, et plus largement des projets environnementaux et de développement.

Le projet DFC vise à démontrer que les systèmes d'investissements décentralisés offrent un complément intéressant aux systèmes financiers centralisés. Si le projet DFC peut montrer que la finance décentralisée offre un rapport qualité-prix aussi avantageux, ou même plus, que les systèmes de planification centralisée et de financements publics, cela renforcera davantage son importance.

Bien que l'évaluation visée des retours sur les investissements priorités localement donnera probablement lieu à de nombreux débats et questions, il est clair que :

- Le point de départ principal de la discussion sur les retours sur les investissements au niveau du portefeuille des investissements du projet DFC sont les investissements effectués par les parties prenantes locales et l'importance de la valeur escomptée de leurs performances ;
- Les retours sur les investissements individuels peuvent et doivent être évalués de manière quantitative avant qu'ils ne soient effectués (ex ante), et dans l'idéal également après (ex post) ; et
- L'exploration de la valeur des retours sur investissement est susceptible d'être stimulante et instructive, et de contribuer utilement aux débats sur le système actuel de planification.

Les processus de priorisation locale et les discussions des parties prenantes impliquent l'évaluation des bénéfices pour la région de chaque investissement. Bien que les participants évaluent la valeur relative et le positionnement des investissements potentiels dans le contexte de l'accroissement de la résilience, ils ne quantifient pas nécessairement la valeur en détail à l'heure

actuelle. Les parties prenantes et l'équipe du projet pourraient utiliser les méthodes décrites dans cette note pour revisiter les théories initiales de changements discutées lors de la sélection du projet et quantifier la valeur économique des effets escomptés. La clarification et la quantification des hypothèses émises lors du processus de priorisation peuvent aider à discuter et en savoir plus sur la sélection et les performances des investissements.

L'évaluation des retours économiques sur les investissements individuels intéressera les décideurs. Cependant, elle ne représentera pas nécessairement une évaluation complète des retours sur le modèle du projet DFC dans son ensemble. Afin de peindre un tableau plus complet de l'analyse de rentabilisation du projet DFC, la valeur ajoutée de l'approche décentralisée, au-delà des performances de chaque investissement, devrait être prise en compte. Pour ce faire, tous les coûts de mise en place d'un nouveau système et de la manière de travailler doivent être inclus, depuis les frais de démarrage jusqu'aux frais généraux et d'accroissement de la capacité.

1.3 Applicabilité visée de nos méthodes au-delà du projet DFC

Bien que notre principal objectif soit l'évaluation des bénéfices provenant des investissements priorités au niveau local, nombre des méthodes que nous décrivons pourrait s'appliquer aux investissements effectués par le biais de systèmes soit décentralisés, soit centralisés. En tant que tel, elles pourraient permettre aux utilisateurs d'identifier les contrastes et les complémentarités entre ces différentes approches pour contribuer à la planification et au financement dans l'adaptation. Cela reflète les besoins des planificateurs régionaux qui doivent considérer les effets de la gamme complète d'investissements, pas seulement de ceux des donateurs ou des programmes individuels.

Les méthodes proposées dans cette note peuvent contribuer à la planification de l'adaptation au niveau régional et à utiliser les ensembles de données déjà intégrés aux systèmes de planification locale et nationale.

Une évaluation des retours sur les investissements dans l'adaptation peut s'appuyer sur les ensembles de données existants et un traitement supplémentaire des informations relativement minimal. Cependant, il existe également de nombreuses manières d'affiner et de renforcer les évaluations, selon les niveaux d'intérêt et de soutien des décideurs locaux et nationaux.

Notre objectif n'est pas d'alourdir la tâche des planificateurs et du personnel des ONG en leur proposant un processus supplémentaire complexe exigeant une collecte importante et onéreuse de données, mais plutôt de démontrer comment intégrer les méthodes participatives rapides, le soutien décisionnel et les systèmes statistiques déjà existants à des outils scientifiques facilement accessibles, tels que les systèmes d'information géographiques (SIG) et la télédétection, afin de générer des évaluations quantitatives susceptibles d'intéresser les décideurs. Il y aura toujours l'opportunité de poursuivre la recherche et le renforcement des capacités pour améliorer l'utilisation de ces méthodes, si les décideurs s'y intéressent.

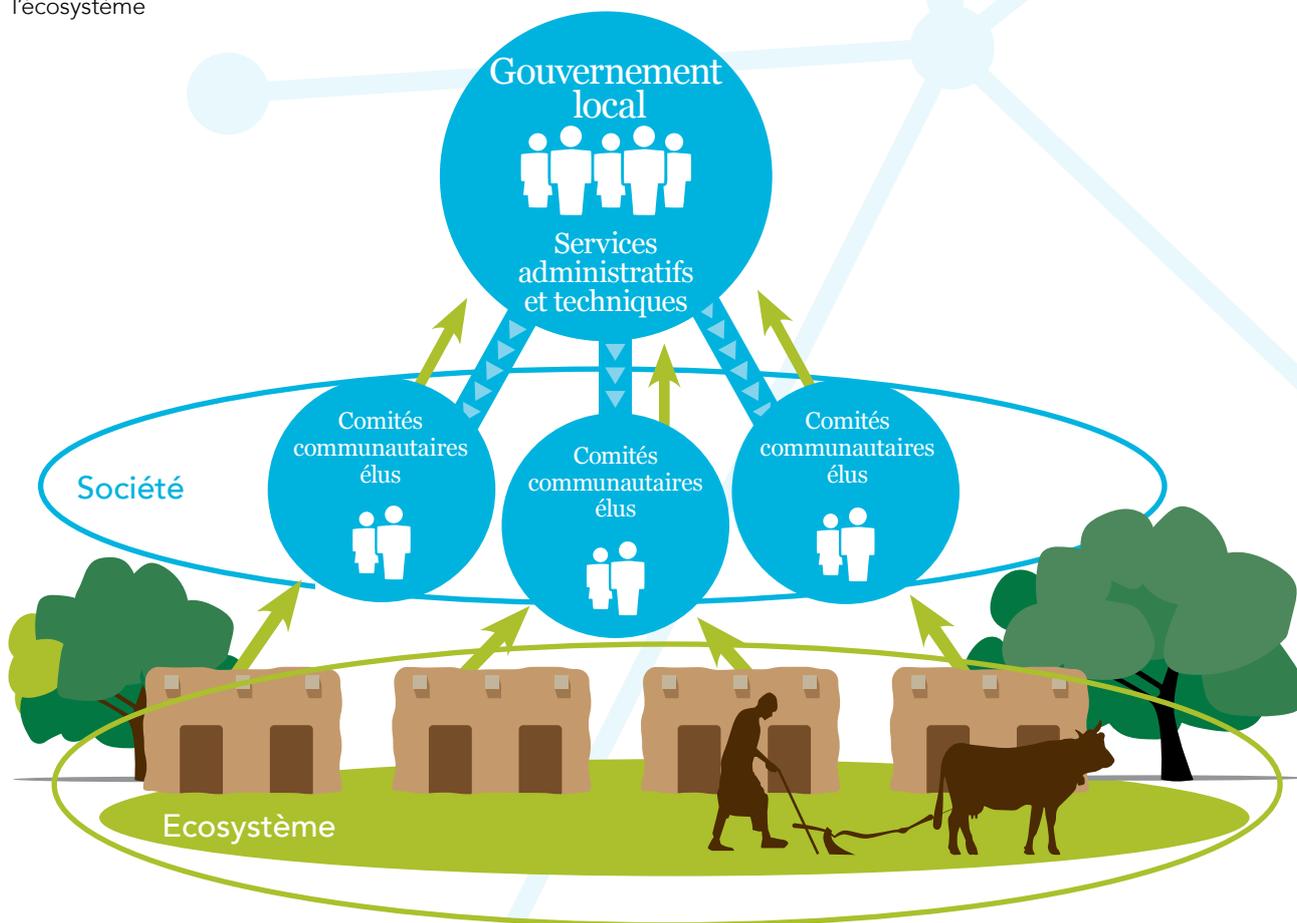
2. Vue d'ensemble : estimation de l'adaptation dans les zones arides

Les coûts de l'action ou de l'inaction face au changement climatique font l'objet d'un grand intérêt sur la scène internationale depuis la publication du rapport Stern (Stern 2006). L'autre perspective sont les aspects économiques de l'adaptation et du retour sur les investissements dans l'adaptation (Chambwera *et al.* 2014, Trærup et Stephan 2014). Cependant, la valeur de ces retours est plus difficile à quantifier que les budgets d'investissements exigés par les plans d'adaptation et détaillés dans les propositions de projets d'adaptation (p.ex. dans RdS 2014a).

Les évaluations disponibles des retours économiques sur les investissements dans l'adaptation sont axées sur l'application

d'approches standards d'évaluation de la relation coûts-bénéfices utilisées par les institutions financières internationales (p.ex. ADB 2017, Sartori *et al.* 2015). Certaines de ces évaluations ont été appliquées aux investissements dans l'adaptation au changement climatique dans les contextes de zones arides (Watkiss *et al.* 2015, IFAD 2016, Vermeulen *et al.* 2016, Siedenburg 2016, Bond *et al.* 2017a, Bond *et al.* 2017b, Vardakoulias et Nicholles 2014), mais la plupart sont axées uniquement sur l'évaluation des bénéfices à court terme, tels que les augmentations de la productivité agricole. Elles ne prennent pas en compte les effets à long terme sur la société et les processus de l'écosystème qui étayent leur résilience (Figure 3).

Figure 3 : Une approche décentralisée à l'évaluation de la valeur économique pour la société de l'adaptation basée sur l'écosystème



Le Programme de travail de Nairobi (UNFCCC 2017) a identifié un éventail d'outils analytiques permettant d'évaluer la valeur des bénéfices issus des investissements dans l'adaptation, comme la plateforme ValuES (consultez www.aboutvalues.net) et une approche de modélisation appelée InVEST (Évaluation intégrée des services écosystémiques et des échanges) (Rosenthal *et al.* 2013, Lo 2016) qui permet l'évaluation d'un éventail de services écosystémiques.

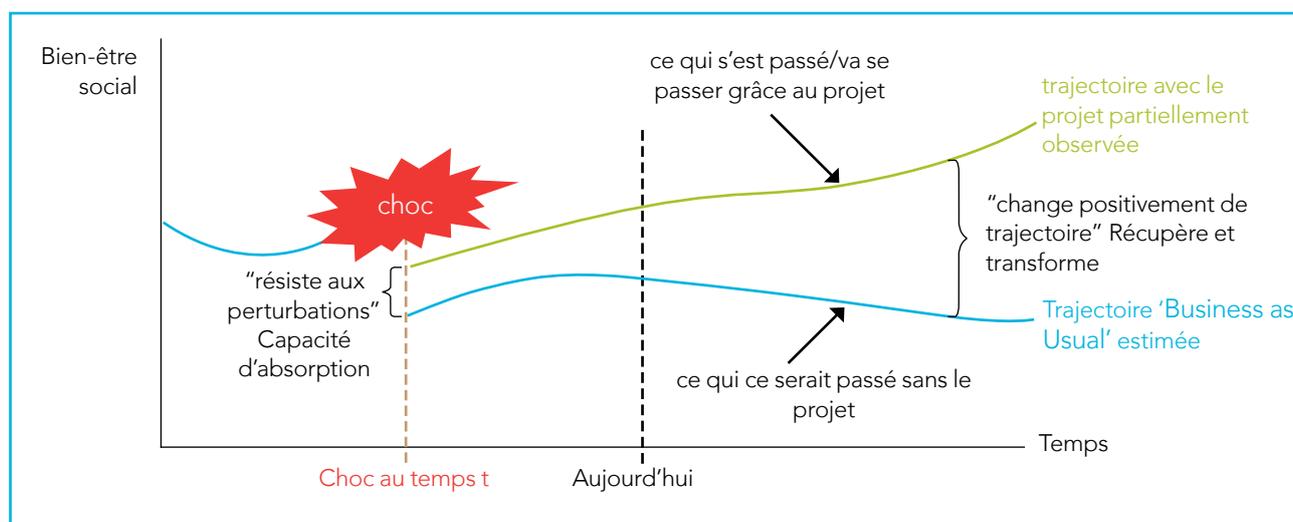
Dans le contexte des zones arides, l'évaluation de la productivité économique est souvent compliquée par la nature des services requérant l'évaluation et la présence de diverses économies informelles et non documentées. Dans de nombreux cas, les systèmes statistiques nationaux n'enregistrent pas efficacement la productivité d'un certain nombre de biens et de services, tels que les produits de l'élevage intensif, la chaleur naturelle, les sources d'énergie, la beauté spirituelle exceptionnelle et d'autres services environnementaux qui sont les plus déterminants et spécifiques aux écosystèmes des zones arides et à leurs populations.¹

Un autre problème inhérent aux évaluations de la relation coûts-bénéfices pour tous les environnements dans le cadre des projets est qu'elles visent à isoler les effets qui peuvent être attribués à une intervention de projet unique. Bien que de tels effets soient probablement affectés

par un éventail complexe de facteurs contextuels, ces facteurs doivent être exclus de l'évaluation, par exemple par le biais de la réplcation d'un témoin non traité. Cependant, l'accroissement de la résilience est rarement un investissement isolé et ponctuel, et les extrêmes et catastrophes climatiques sont rarement des événements distincts des processus à long terme. De plus, bien que ces défis affectent la conception de l'évaluation pour tous les environnements, dans les zones arides marginales, l'effet cumulatif de la sécheresse irrégulière et des inondations, et leurs interactions avec les processus plus lents de dégradation sont souvent considérés comme une caractéristique déterminante (Venton *et al.* 2012).

Des défis connexes supplémentaires surgissent dans ces contextes du fait des économies de sécheresse et de catastrophes « expansion et récession » (Hesse *et al.* 2013, Krätli et Jode 2015). Les stratégies de moyens d'existence des populations vulnérables qui épuisent et réapprovisionnent de manière répétitive leurs actifs physiques peuvent parfois devenir dépendantes de l'assistance et des remises de fonds externes ou d'autres formes de maladaptation affaiblissante (Venton *et al.* 2012). Cette situation diffère des contextes où il est possible d'évaluer les réponses à un choc unique ou un extrême climatique (Figure 4).

Figure 4 : Évaluation de la valeur des retours sur investissement d'adaptation en supposant un choc unique



¹ Pour une discussion approfondie sur l'évaluation sous-estimée de la valeur économique des zones arides, veuillez consulter : www.iied.org/drylands-volatile-vibrant-under-valued

Dans un effort de différenciation entre les différentes formes d'adaptation, la littérature disponible sur la réponse aux catastrophes différencie les stratégies d'anticipation et d'absorption des chocs des stratégies d'adaptation qui ont un effet plus transformateur. Les analyses de ces stratégies font la distinction entre trois « A » : Anticiper, Absorber et Adapter.

Une étude récente (Tanner *et al.* 2015) soutient que l'investissement dans l'accroissement de la résilience aux extrêmes et aux catastrophes en utilisant certains des trois « A » ou les trois peut résulter en un triple dividende en :

- Évitant les pertes lors d'une catastrophe,
- Réalisant le potentiel de développement en stimulant l'innovation et l'activité économique dans un contexte de réduction du risque pour l'investissement lié aux catastrophes, et
- Créant des synergies de cobénéfices sociaux, environnementaux et économiques des investissements dans la préparation aux catastrophes, même lorsqu'aucune catastrophe ne se produit pas pendant des années.

Un défi inhérent à la tentative d'évaluation économique des retours sur investissement dans l'adaptation ou de tout autre phénomène social ou environnemental est que différentes personnes jugeront leur valeur de manière différente. Ces jugements sont susceptibles de refléter les bénéfices financiers personnels ou d'être liés à des points de vue subjectifs ou à des systèmes de valeur morale et culturelle. Il est toujours difficile d'obtenir un consensus sur la manière dont la société dans son ensemble devrait assigner une valeur. Cette décision est souvent contestée du fait qu'elle est d'ordre social. Cependant, une évaluation économique

du retour sur investissement devrait être axée sur les retours bénéficiant à la société dans son ensemble. Elle diffère d'une évaluation financière du retour sur investissement bénéficiant à des personnes privées.

Pour identifier la valeur des retours pour la société dans son ensemble, nous donnons une grande importance à une approche participative (d'après Chambwera *et al.* 2013, Lunduka, Bezabih et Chaudhury 2013). Dans ce note, nous proposons de suivre cette approche en association avec des méthodes scientifiques de pointe. Cela pourrait contribuer aussi au renforcement progressif des systèmes statistiques nationaux et internationaux (UN 2014). En conformité avec la planification et l'élaboration continues de scénarios relatives au changement climatique aux niveaux nationaux et internationaux (UNFCCC 2017), nous espérons que cette approche poursuivra les efforts précédents (tels que TACC 2013 et Rds 2014a), et alimentera l'intégration des activités de planification et d'élaboration de scénarios aux niveaux régional et local.

Notre approche s'appuie sur des travaux antérieurs de l'IIED définissant un cadre d'évaluation des retours sur investissement dans les zones arides (King-Okumu 2015, 2017), ainsi que sur une documentation plus large sur l'économie de la dégradation des terres et la gestion durable des terres dans les zones arides (p.ex. Bojo 1991, Sarraf, Larsen et Owaygen 2004, Sidibé, Myint et Westerberg 2014, ELD 2015). Ce document utilise des approches standards d'évaluation économique, y compris celles qui ont été largement utilisées pour comprendre le retour social sur investissement (SROI 2012), et la valeur des services écosystémiques (TEEB 2011, Unai Pascual et Muradian 2010).

3. Contexte

3.1 Changement climatique enclin aux extrêmes et aux catastrophes

Kaffrine est situé au centre du Sénégal, au sud-est d'une savane plus vaste connue sous le nom de Ferlo. Dans la région de Kaffrine, l'utilisation des terres change selon la localisation : agroécosystèmes de pâturages dans le nord, agroécosystèmes forestiers et agricoles dans le sud (Figure 5). La zone la plus au sud de la région

est située dans un endroit du Sénégal appelé le bassin de l'arachide. Cette zone s'étend au-delà de Kaffrine, sur plusieurs régions. Les deux principales sources d'eau de surface sont le prolongement nord de l'estuaire hypersalin du Saloum et le Baobolong, un bras du fleuve Gambie qui s'assèche en aval à la saison sèche (RdS 2014b) (Figure 6).

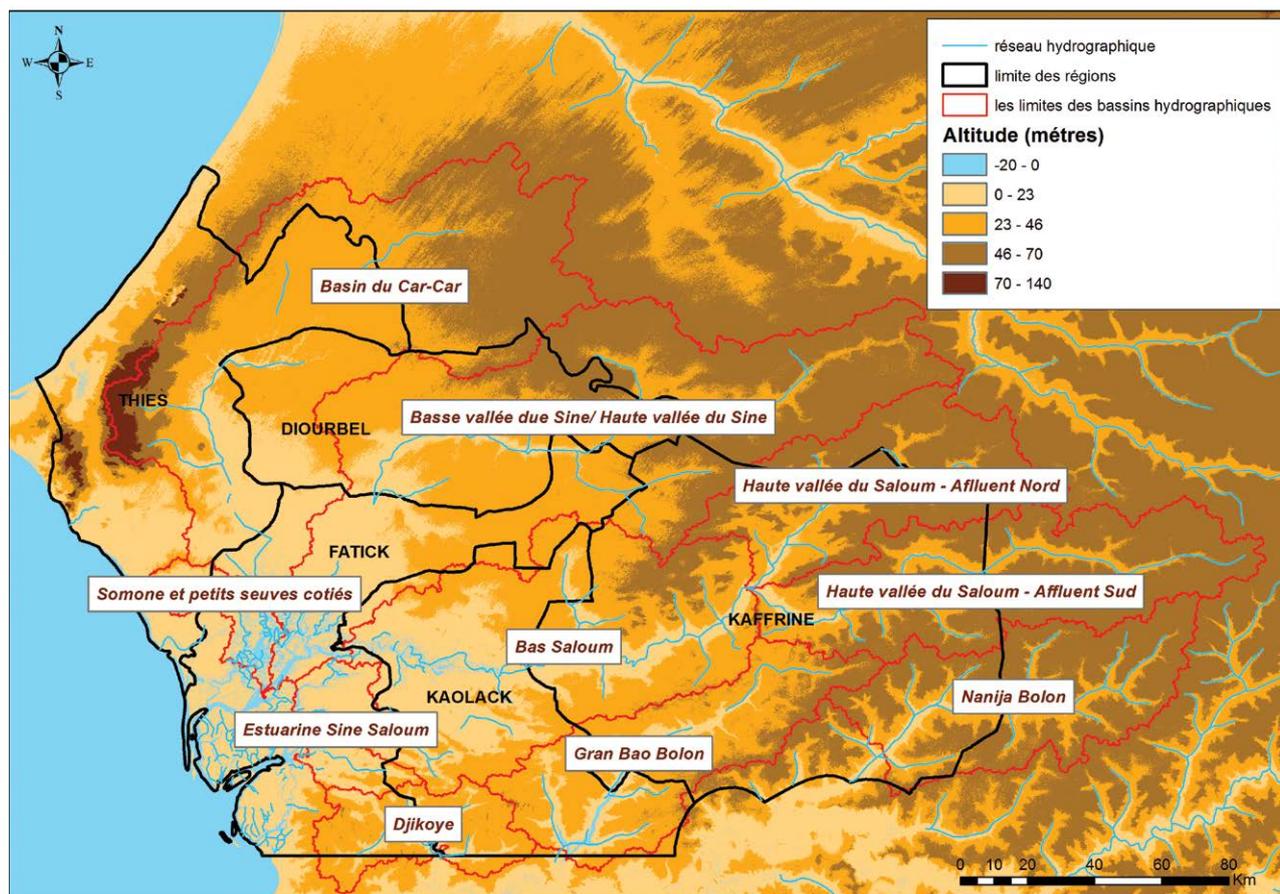
Le Ferlo possède un immense potentiel d'eaux souterraines (RdS 2014a) accessibles via un réseau de profonds forages creusés à l'époque coloniale.

Figure 5 : Kaffrine : zones agroécologiques et départements administratifs



Source : Ndao 2012, dans TACC 2013

Figure 6 : Bassins de Kaffrine



Source : basée sur DGPRES 2014

Il existe quatre aquifères principaux dans la région de Kaffrine : le Continental terminal (accessible via des puits d'une profondeur maximale de 80 m), l'Éocène (Lutétien, entre 70 et 120 m), le Paléocène (entre 100 et 160 m) et le Maastrichtien (entre 250 et 450 m). L'aquifère Maastrichtien² alimente plus de 70 forages profonds creusés à l'époque coloniale (Le Houerou H. N. 1989). Les nappes phréatiques sont rechargées par la pluviométrie, le fleuve Sénégal et ses affluents.

Des mares temporaires sont disséminées dans toute la région (Soti *et al.* 2010). Elles fournissent

de l'eau au bétail et dans certains endroits, la pêche y est pratiquée. Cependant, un déficit pluviométrique et l'ensablement résultent en une contamination prématurée et la disparition progressive des points d'eau (RdS 2014b). Bien qu'il existe une carte des points d'eau temporaires (RdS, 2014b), les volumes d'eau du réseau ne sont pas bien suivis. Les changements du niveau d'eau, que ce soit du fait du changement climatique ou d'effets anthropologiques, ne le sont pas non plus (cf. les commentaires dans Bodian, Dezetter et Dacosta 2016).

² Consultez plus d'informations dans les études disponibles : Travi, y., P. Pizard & M. Betton (1996) Temperatures and thermal gradients in the Senegalese Maastrichtian aquifer: simulated test on their effect on flow discharge. *Journal of Hydrology* 187, 333-350, Kane, C. H., M. Diene, M. Fall, B. Sarr & A. Thiam (2012) Reassessment of the Resources of a Deep Aquifer System under Physical and Chemical Constraints: The Maastrichtian Aquifer. *Journal of Water Resource and Protection*, 4, 217-223, Diéne, M., C. H. Kane, S. Faye, R. Malou & A. A. Tandia. 1999. Réévaluation des ressources d'un système aquifère profond sous contraintes physiques et chimiques : l'aquifère du Maastrichtien (Reassessment of deep aquifer system resources under physical and chemical constraints: the Maastrichtian aquifer). In *Proceedings Regional Aquifer Systems in Arid Zones – Managing non-renewable resources*, 82-92.

Les systèmes d'usage des terres de Ferlo et du bassin de l'arachide comprennent des forêts, des pâturages et des terres cultivées (FAO 2010a, King 2011). Les groupements d'utilisateurs des terres comprennent les communautés d'exploitants agricoles et de bergers (Bradley et Grainger 2004). Leur intégration et leur coexistence dépendent de la saison, de la disponibilité des ressources naturelles et de leur capacité d'adaptation aux changements des cycles saisonniers. En moyenne, les ménages sylvopastoraux possèdent dix animaux chacun, dont des bovins, des moutons et du petit bétail (Ba *et al.* 2006). La production agricole consiste principalement en des céréales (millet, sorgho, maïs et riz), du coton, du sésame et du niébé (TACC 2013).

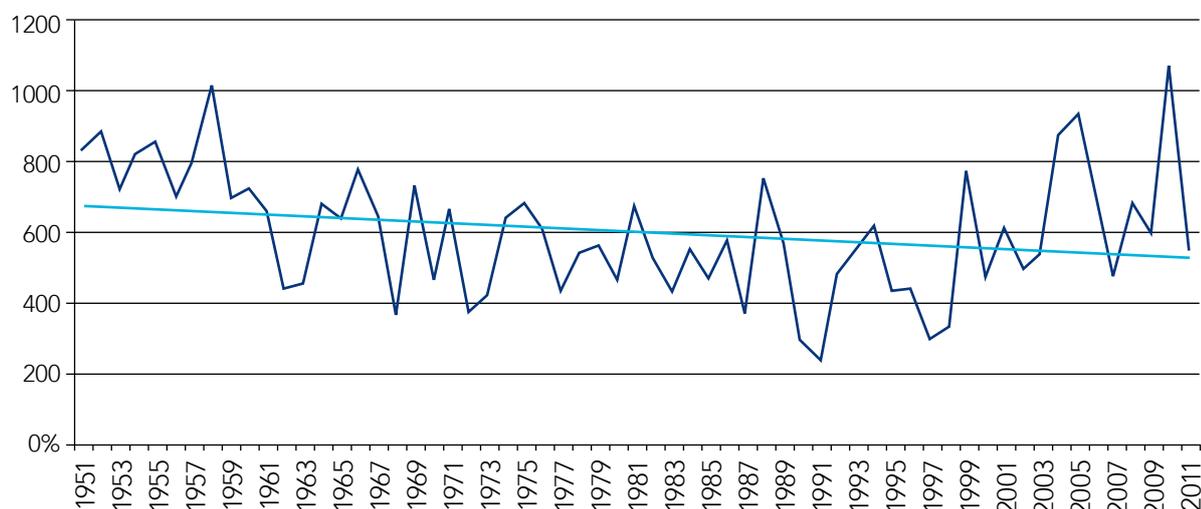
Les planificateurs du Kaffrine considèrent que les conditions climatiques se détériorent (TACC 2014, TACC 2013). En effet, les Figures 7 et 8 montrent que la pluviométrie est en déclin depuis les années 1950 et que les températures augmentent depuis les années 1990. Diverses études décrivent les dégâts associés à un changement climatique et

une variation climatique non gérés ou mal gérés (TACC 2014). Le déficit pluviométrique et les irrégularités climatiques ont fait varier les dates du début et de la fin de l'hiver depuis les années 1990, affectant la planification agricole de la région (Hein, Metzger et Leemans 2009, RdS 2014a).

Parmi les autres impacts notables du changement climatique dans le Ferlo se trouvent : l'assèchement de la région et de ses vallées ; la baisse du niveau des nappes phréatiques et l'érosion éolienne ; la dégradation des sols ; et la salinisation des terres (RdS 2015a). Les feux de brousse constituent un danger à la saison sèche, tandis que les inondations sont responsables de destructions à grande échelle à la saison des pluies.³

La sécheresse est un extrême et une catastrophe récurrents à Kaffrine et dans toute la région environnante du Sahel. Les sécheresses régionales provoquent l'émigration des bergers vers le Ferlo sénégalais. Cela accentue la pression sur les ressources et les habitants de la région hôte de Kaffrine.

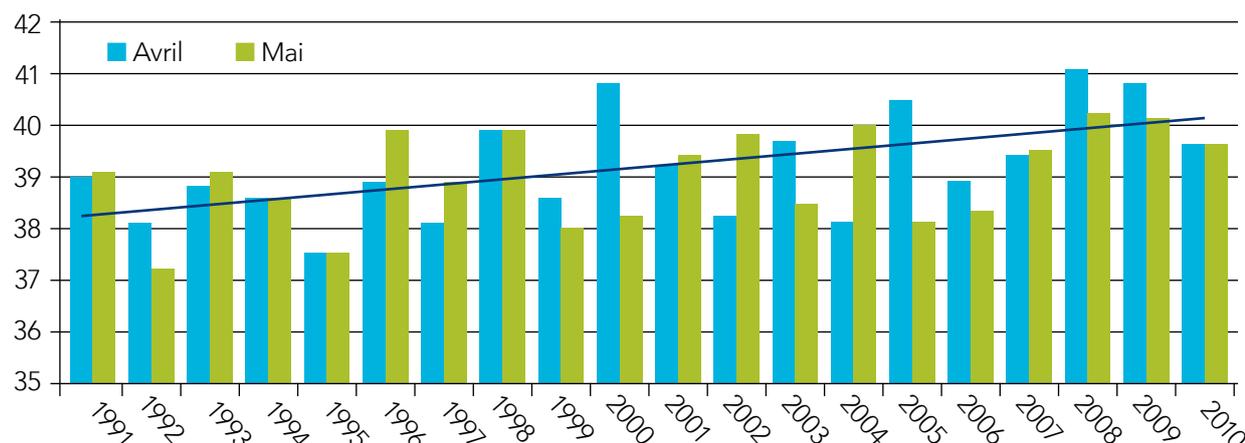
Figure 7 : Tendances pluviométriques à Kaffrine (1951–2011)



(Source: ANACIM, 2012 dans TACC 2013)

³Consultez : www.braced.org/reality-of-resilience/i/?id=9e43dee4-dbbb-4b9a-a96e-034177dc7077

Figure 8 : Tendances des températures à Kaffrine (1991-2010)



(Source : ANACIM 2012 dans TACC 2013)

3.2 Priorités d'adaptation des communautés du projet DFC

Entre 2016 et 2017, le projet DFC a financé 75 investissements priorités au niveau local pour l'adaptation aux extrêmes climatiques à Kaffrine (cf. Tableau 1 et l'Annexe). Compte-tenu de la nature des extrêmes, qui comprennent les sécheresses, les inondations et les incendies de forêt, une forte proportion (35 %) des projets sélectionnés concerne directement la gestion de l'eau (sur fond bleu dans le Tableau 1). Une grande partie des 65 % des activités restantes a également besoin d'un approvisionnement stable en eau en période de sécheresse ou d'inondation. Par exemple, les interventions dans la production du bétail et les améliorations scolaires ne ciblent pas l'accès à l'eau parce qu'il est probablement déjà garanti par d'autres projets. Cependant, la valeur de ces interventions dépend en large mesure de la disponibilité de l'approvisionnement en eau.

Les théories du changement pour chaque projet comprennent un ensemble complexe de bénéfices devant contribuer à accroître la résilience à court et à long terme. Ces théories partent souvent de l'hypothèse que les bénéfices d'un certain type entraîneront d'autres bénéfices. Par exemple, l'amélioration de l'accès à l'eau potable entraînera l'amélioration de la santé et la réduction des tâches incombant aux enfants, ce qui à son tour leur permettra de passer plus de temps à

l'école. Certains bénéfices accroissent également la flexibilité et le choix en cas d'extrêmes et de catastrophes climatiques. Par exemple, l'approvisionnement en eau d'un village améliore l'accès à l'eau du bétail, et la disponibilité en eau peut également être utile pour lutter contre un incendie de forêt.

Parmi les bénéfices escomptés, certains ont une valeur économique facilement reconnaissable. Par exemple, les projets d'approvisionnement en eau et d'assainissement peuvent non seulement contribuer à l'accès à l'eau potable des ménages, mais également potentiellement à améliorer ou à créer des activités économiques, telles que le maraîchage, l'élevage de bétail et la production de plants en vue du reboisement. En réalité, le chevauchement entre les bénéfices de différents types de projet est courant.

Pour les ménages, l'économie d'adaptation résulte dans l'augmentation de leurs revenus tout en évitant les dépenses et les pertes. En évitant la perte de temps et d'énergie productifs, les femmes, les hommes et les jeunes gens ont du temps pour se consacrer à d'autres activités, telles que les études. La nature exacte de ces bénéfices pour les ménages individuels dépendra de leur budget, du calendrier saisonnier et de leur routine quotidienne. Cependant, il s'agit là de valeurs financières. Les convertir en des valeurs économiques exige que nous considérons les effets sur la société et l'économie plutôt que sur les ménages individuels.

Tableau 1 : Investissements dans les biens publics à Kaffrine, tels que priorisés par les communautés locales (2016-2017)

| Type d'investissement* | Nombre (total de 75) | % de tous les investissements |
|--|----------------------|-------------------------------|
| Eau et assainissement | 16 | 21 |
| Maraîchage (irrigué) | 4 | 5 |
| Reboisement (plants irrigués) | 7 | 9 |
| Production de bétail (voies, centres de vaccination) | 12 | 16 |
| Transformation des produits agricoles | 9 | 12 |
| Stockage du grain | 16 | 21 |
| Écoles | 8 | 11 |
| Nouvelles sources d'énergie | 3 | 4 |
| Total | 75 | 100 |

*Le fond bleu désigne des investissements qui sont directement dépendants de la disponibilité en eau, que ce soit provenant de la pluviométrie ou des eaux pluviales stockées.

3.3 Projection des effets futurs du changement climatique sur l'économie de Kaffrine

Après une série d'ateliers participatifs en 2016 à Kaffrine, les membres de l'équipe du projet DFC (cf. Photo 1) ont esquissé un profil approximatif de l'économie de la région et élaboré un profil hypothétique de son avenir sans adaptation (Figure 9). Ce profil était relativement similaire à un profil économique de la région élaboré précédemment par les services techniques régionaux (TACC 2013).

Le profil régional existant (TACC 2013, IREF 2014) était fondé sur les statistiques de production agricole de 2011 disponibles, données qui sont également utilisées dans le Plan régional de développement intégré (RdS 2013a, RdS 2013b) et le Plan climat territorial intégré (RdS 2014a).

Afin d'effectuer une projection future de l'économie de Kaffrine sans adaptation, l'équipe a identifié une année de référence pour permettre

de comparer et trois scénarios futurs possibles (cf. Tableau 2) (RdS 2014a, TACC 2014). Elle a ensuite utilisé le Scénario 2 pour calculer les effets du changement climatique (Tableau 3).



Photo 1 : Équipe d'IED Afrique lors d'un atelier à Bamako le 2 juin 2016 (De gauche à droite : Djibril Diop, Momath Talla Ndao, Lancelot Soumelong et Papa Coulibaly). Caroline King-Okumu

Figure 9 : Profils économiques pour Kaffrine : 2011 et projection future sans adaptation

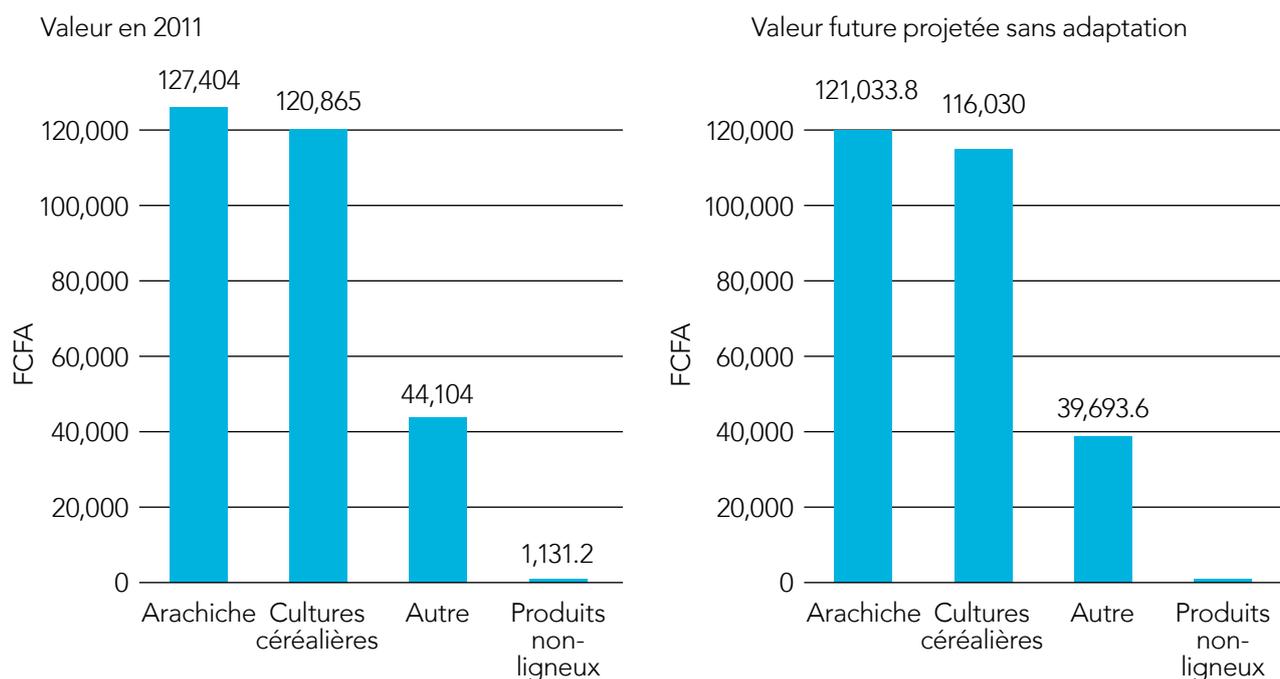


Tableau 2 : Scénarios du changement climatique identifiés par l'équipe d'IED Afrique

| Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 |
|---|---|---|
| <p>Climat chaud et sec caractérisé par une augmentation des températures et une réduction accumulée de la pluviométrie</p> <p>Le déficit pluviométrique constitue un réel problème.</p> | <p>Climat très variable, alternant entre des années sèches et des années humides</p> <p>Les températures augmentent de manière significative et les extrêmes, tels que les inondations, les vagues de chaleur, les sécheresses et les précipitations en saison sèche, sont plus fréquents et plus intenses.</p> | <p>Climat plus humide et plus chaud, caractérisé par un retour à des conditions pluviométriques généralement favorables</p> |

Source : RdS (2014a)

Tableau 3 : Effets projetés sur la productivité (Scénario 2)

| Culture | Arachide | Céréales | Autres cultures | Produits non ligneux |
|----------------------------|----------|----------|-----------------|----------------------|
| Réduction de : | 5 % | 4 % | | 2 % |
| Augmentation de : | | | 10 % | |
| Valeur économique projetée | 121 034 | 116 030 | 48 208 | 1 108 |

Source : TACC (2014)

Il est à noter que le profil et les scénarios économiques existants ne prennent pas en considération les effets du changement climatique, des extrêmes et des catastrophes sur les biens publics, tels que les ressources en eau. Le profil n'impute pas de valeur aux infrastructures publiques, à la santé, aux commodités ou aux pâturages qui contribuent à la production du bétail et aux ressources fauniques. Et, bien qu'il prenne en considération la production forestière, il ne lui accorde qu'une faible valeur comparé à la production agricole.

En revanche, les évaluations de la résilience locale et les interventions en faveur de l'adaptation priorisées au niveau local soulignent la valeur de ces biens et services pour l'accroissement de la résilience. Ces valeurs ont besoin d'être incorporées au profil économique régional et aux scénarios de planification. Cela permettrait non seulement d'avoir une meilleure compréhension des coûts associés aux extrêmes et aux catastrophes climatiques, mais également de clarifier la valeur économique et la différence faite par les investissements dans l'adaptation priorisés au niveau local.

4. Outils de collecte des données participatives

Les méthodes participatives sont au cœur même de notre approche. Le projet DFC examine le retour sur investissements que les membres de la communauté ont contribué à sélectionner, mettre en place et suivre. Une boîte à outils standard de méthodes participatives d'étude sur le terrain,⁴ peut aider à recueillir des données sur l'état des ressources naturelles à Kaffrine et sur les retours escomptés sur les investissements dans l'adaptation.

Les outils et méthodes participatifs principaux utilisés dans le cadre du programme DFC sont :

- Évaluation de la résilience
- Portraits de famille
- Cartographie participative

Ceux-ci sont chacun décrits brièvement dans cette section.

4.1 Évaluation de la résilience

L'IIED a élaboré et mis en pratique une approche participative permettant d'évaluer la résilience. Appliquée précédemment au Mali et dans d'autres pays (Keita et Koulibaly 2016), elle utilise une série de techniques d'évaluation participative au cours

de réunions publiques facilitées (Tableau 4). Au Sénégal, IED Afrique a rationalisé cette approche en deux outils principaux :

Une **matrice de vulnérabilité** mesure l'exposition des ressources et des systèmes de production aux risques climatiques. Elle utilise un système de notation qui enregistre le niveau de sensibilité des ressources et des moyens de survie par rapport aux risques. Une moyenne des notes est calculée pour obtenir un indice d'impact et un indice d'exposition.

Le **cadre de diagnostic participatif** est un tableau qui nous permet d'identifier les ressources, les secteurs et les vulnérabilités de chaque zone agroécologique. Il caractérise également les solutions, les priorisant en vue d'une intervention.

Ces outils sont conçus par les parties prenantes pour être utilisés lors de réunions publiques. Ils fonctionnent le mieux lors de la présence d'un facilitateur compétent pouvant communiquer dans les langues locales et garantir que tous les participants peuvent contribuer à la discussion. Le projet DFC a utilisé ces outils pour préparer les parties prenantes de Kaffrine à l'identification et à la sélection d'investissements dans l'adaptation.

⁴Consultez : www.iied.org/participatory-learning-action-pla

Tableau 4 : Techniques pour l'évaluation de la résilience

| Outils | Objectifs | Discussions plénières facilitées |
|--|--|---|
| Outils 1a et 1b : Évaluation du bien-être et des systèmes de moyens d'existence | Comprendre les critères et les catégories de bien-être, comment les changements se produisent, et les types de moyens d'existence | Brainstorming et questions-réponses afin de définir et de qualifier les termes relatifs au bien-être et à son évolution |
| Outil 2 : Construction de systèmes de moyens d'existence | Établir des systèmes de moyens d'existence Identifier les éléments de base des différents systèmes et les facteurs qui déterminent la vulnérabilité et la résilience | Travail de groupe et rapports aux réunions plénières pour identifier les éléments du système, la manière dont il est construit et l'interdépendance des éléments |
| Outil 3 : Calendrier saisonnier | Décrire les caractéristiques des différentes saisons et leurs impacts sur les moyens d'existence pendant les périodes normales ou de sécheresse Explorer la nature et la logique des différentes stratégies et actions utilisées pour anticiper, absorber et s'adapter aux dynamiques saisonnières et aux extrêmes climatiques Permettre de comprendre comment la planification communautaire intègre la variabilité | Travail de groupe et rapports aux réunions plénières pour identifier la différence entre les saisons et les stratégies Format de tableau pour séparer les différents types d'extrêmes climatiques et de stratégies |
| Outil 4 : Échelle de résilience | Évaluer les niveaux relatifs de résilience des différents groupes Identifier les facteurs principaux déterminant la résilience | Brainstorming, questions et réponses Travail de groupe et restitution |
| Outil 5 : Théorie du changement | Permettre de comprendre la manière dont la résilience pourrait être renforcée et les processus permettant à un ménage d'être plus résilient Identifier trois ou quatre points d'entrée possibles, ainsi que les indicateurs montrant les améliorations | Travail de groupe, rapport aux réunions plénières et questions-réponses pour identifier trois ou quatre actions prioritaires, schématiser les effets escomptés, etc. |
| Outil 6 : Identification des interventions | Identifier les interventions nécessaires pour surmonter les contraintes qui affaiblissent les stratégies de subsistance afin d'améliorer la résilience | |
| Outil 7 : Priorisation | Permettre de comprendre les interventions que la communauté priorise Élaborer une classification pouvant être utilisée pour la planification | |

Source : d'après Keita et Koulibaly (2016)

4.2 Portraits de famille⁵

Afin d'utiliser cette méthode d'observation ethnographique, les chercheurs sélectionnent un ménage qui est représentatif de certaines caractéristiques. La sélection peut se faire lors d'une réunion de village pour donner aux membres de la communauté l'opportunité de discuter et de se mettre d'accord sur le choix de la famille sélectionnée.

Le projet DFC a mis cette approche en pratique pour identifier des ménages représentant différents secteurs de production à Kaffrine. Les familles sélectionnées doivent consentir à recevoir une équipe de l'étude à leur domicile pendant quatre jours et collaborer avec elle pour lui permettre de collecter autant d'informations que possibles pour l'étude.

L'équipe compile toutes les informations et les passe en revue avec la famille pour pouvoir valider les constatations avant de finaliser l'étude.

4.3 Systèmes participatifs d'informations géographiques

Les techniques de cartographie participative constituent un élément standard de la boîte à outils d'évaluation participative. Le SIG participatif encourage les groupes d'utilisateurs des ressources à utiliser des cartes numériques pour enregistrer et identifier la localisation des ressources qui les intéressent. Les membres de la communauté peuvent également utiliser des smartphones pour enregistrer et partager la localisation des ressources afin d'enrichir les cartes numériques.

Un logiciel téléchargeable gratuitement rend la cartographie participative des ressources plus accessible pour les utilisateurs de ressources. Parmi ces logiciels se trouvent OpenStreetmap⁶, qui est utile pour enregistrer la localisation des ressources, et QGIS⁷, pour élaborer des cartes pouvant être étiquetées et partagées en tant que produits finis.

⁵ Pour en savoir plus sur les portraits de famille, consultez www.policy-powertools.org/Tools/Understanding/docs/family_portraits_tool_english.pdf

⁶ <https://www.openstreetmap.org/about>

⁷ <https://www.qgis.org/en/site/>

5. Quantification des processus, risques et effets physiques

Dans cette section, nous présentons les méthodes disponibles d'évaluation des risques et des effets physiques des extrêmes et des catastrophes climatiques. Nous commençons également à pondérer l'impact des investissements dans l'adaptation pour les processus biophysiques.

Nous anticipons que les méthodes que nous décrivons dans cette section seront liées et guidées par l'approche participative que nous avons décrite à la Section 4.

5.1 Prédiction des effets, des extrêmes et des catastrophes climatiques futurs

Au niveau régional sur l'ensemble du Ferlo et du bassin de l'arachide, les planificateurs ont observé un déclin de la pluviométrie, une augmentation des températures et une augmentation de l'occurrence d'extrêmes climatiques (Cf. Section 3 et TACC 2013, DGPRES 2014).

Les souvenirs et les observations des communautés locales peuvent nous aider à évaluer la nature spécifique, l'occurrence et l'importance des extrêmes climatiques nécessitant que les communautés accroissent leur résilience. L'équipe du projet DFC a collecté des informations auprès des communautés locales au cours d'une série d'ateliers en 2016 afin d'évaluer les stratégies de résilience au niveau local. L'exploration plus en détail a été réalisée par le biais d'entretiens

approfondis avec des ménages sélectionnés (Encadrés 1 et 2) et en les comparant avec les informations météorologiques locales et régionales (Figures 10-13).

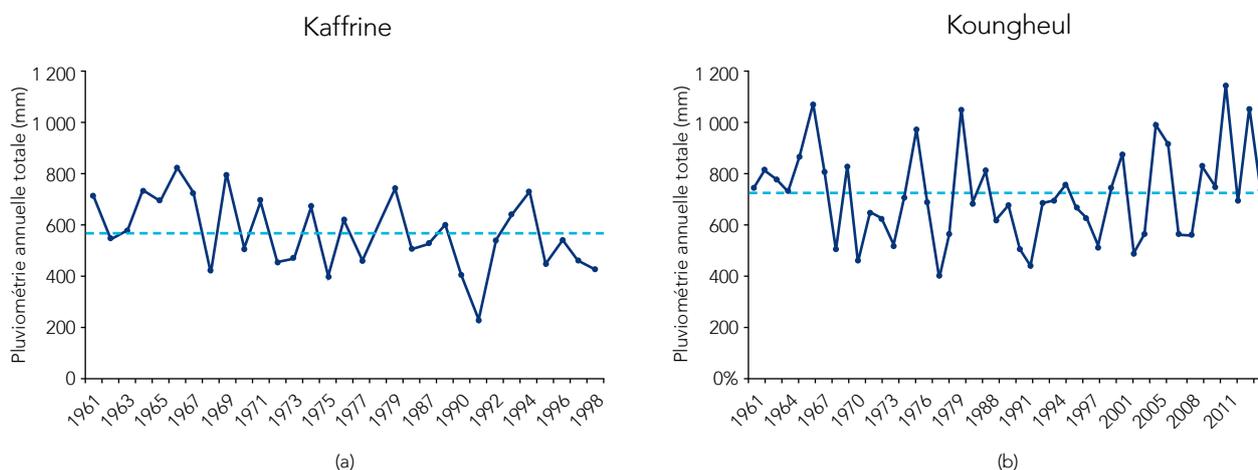
Encadré 1 : Extrêmes climatiques observés par la famille de Moussa Ndao, agriculteur de Malem Hodarr

| | |
|------|---|
| 1952 | Famine |
| 1962 | Famine |
| 1963 | Inondations |
| 1987 | Incendie : un mort déclaré (chef de famille) |
| 1987 | Invasions de criquets : perte des récoltes |
| 1998 | Inondations : perte des récoltes et des semences |
| 2007 | Inondations : pertes de tous les stocks |
| 2011 | Vents violents |
| 2015 | Vague de chaleur : perte de vie (fils) ; perte de bétail (cheval) |
| 2015 | Inondation : perte de 150 stocks, dont deux du ménage |
| 2016 | Vents violents |
| 2016 | Sécheresse |

Encadré 2 : Extrêmes climatiques observés par la famille de Moussa Ka, éleveur de Kougheul

- 1973** Sécheresse et famine : pâturage insuffisant et décès de bétail ; la famille a migré vers Ribot Escale pour faire paître et donner à boire à son troupeau, vendre quelques animaux pour acheter de la nourriture et des compléments alimentaires pour animaux auprès des services de l'élevage de Ribot Escale
- 1985** Pluies irrégulières : mauvaise récolte ; du bétail vendu pour acheter de la nourriture et des compléments alimentaires pour animaux
- 1988** Fortes pluies : mauvaise récolte et perte de cultures ; la famille a vendu du bétail pour acheter du blé parce que le riz était trop cher
- 1991** Migration de la communauté rurale à Kougkoug pour une saison ; abandon des terres pour une saison à cause d'un marabout⁸ Mbacké-Mbacké
- 1995** Épidémie de fièvre jaune : perte de vie (trois membres de la famille) ce qui a ralenti les activités sociales et économiques La famille a accédé à des services de santé
- 2001** Pluies hors saison : perte de bétail
- 2004** Inondation et vents violents : perte de bétail
- 2015** Faibles pluies et disponibilité réduite des pâturages : migration vers le Djolof au nord du Sénégal en quête d'autres pâturages

Figure 10 : Variabilité de la pluviométrie annuelle à Kaffrine et à Kougheul

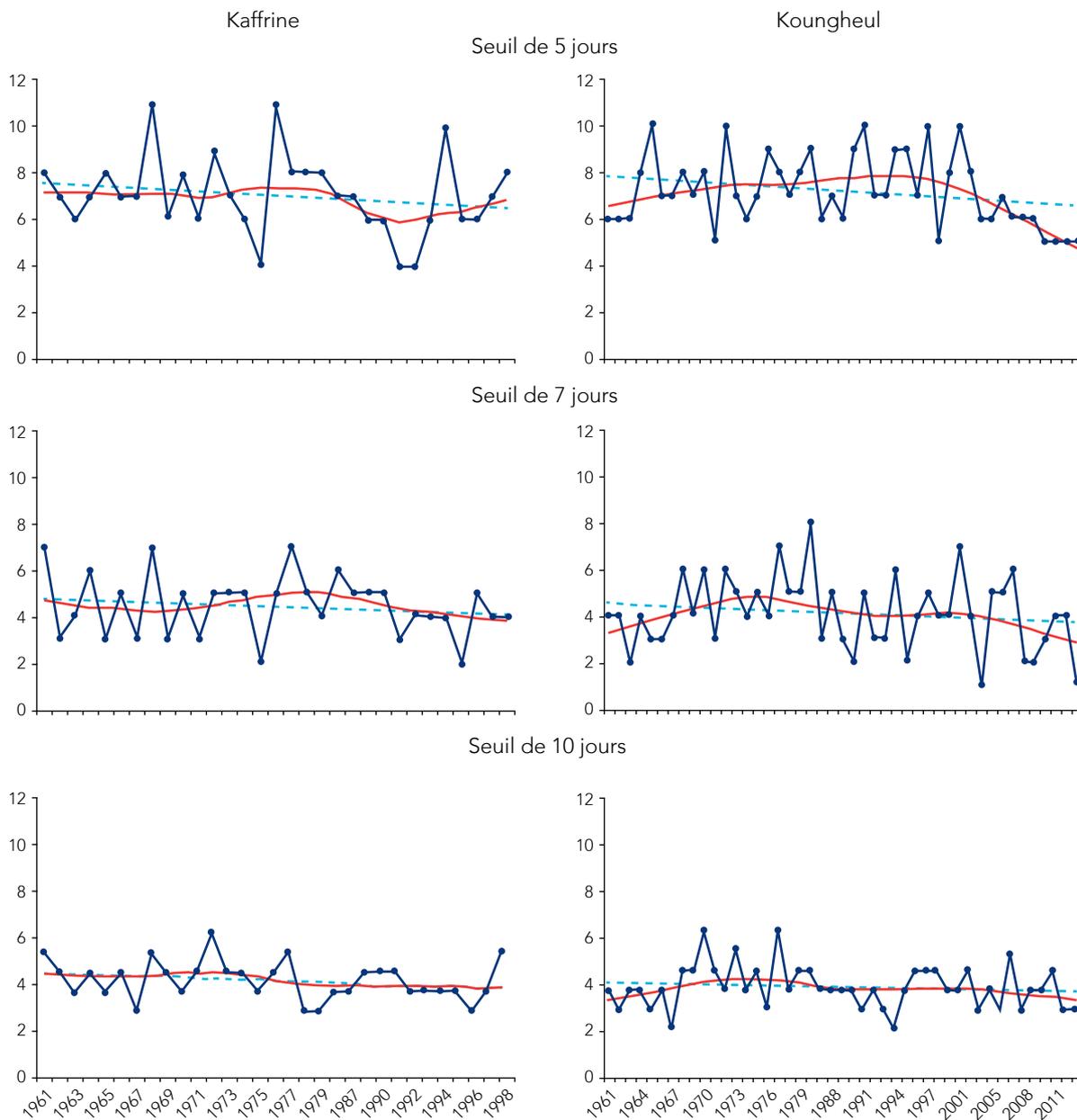


La ligne horizontale pointillée indique la moyenne à long terme de la pluviométrie annuelle totale. Les données des saisons de 1981-1986, 1999 et 2003 ne sont pas disponibles.

Source : Cornforth et Lélé (2014)

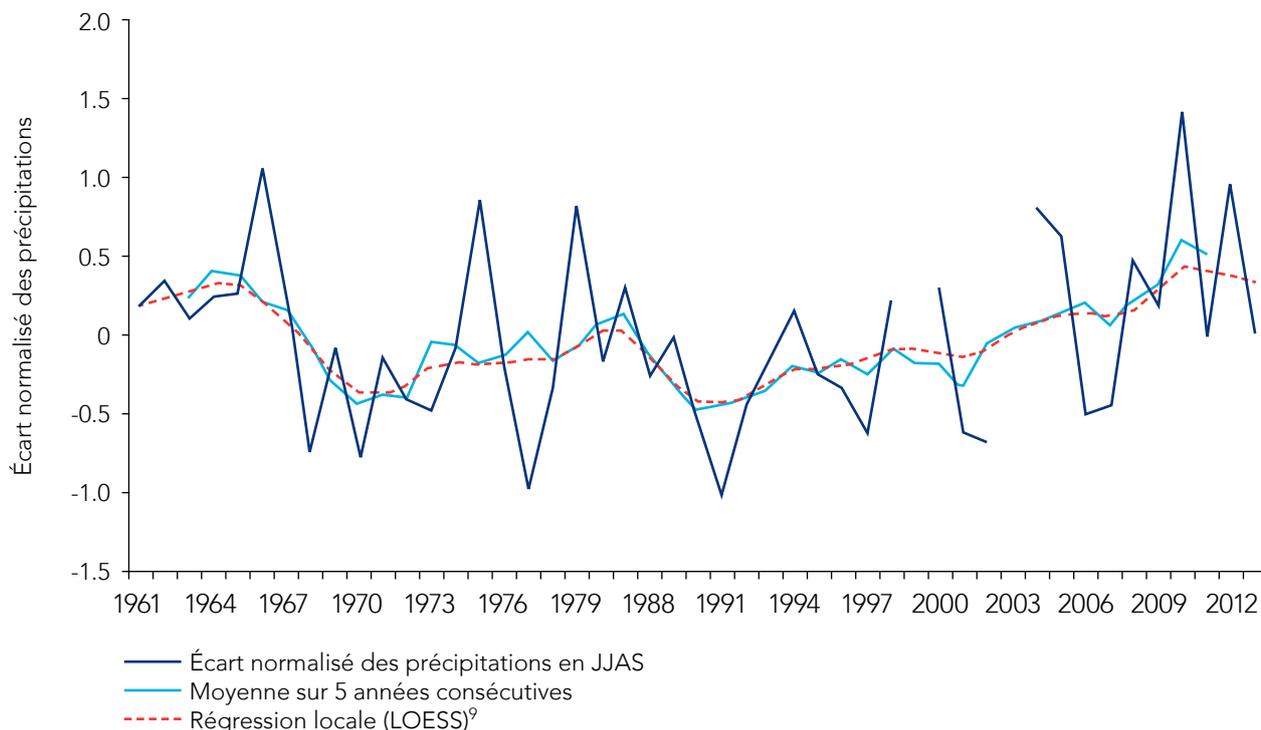
⁸Un saint homme musulman.

Figure 11 : Fréquence des vagues de sécheresse à Kaffrine et à Koungheul (jours consécutifs sans précipitation)



Source: Cornforth et Lélé 2014

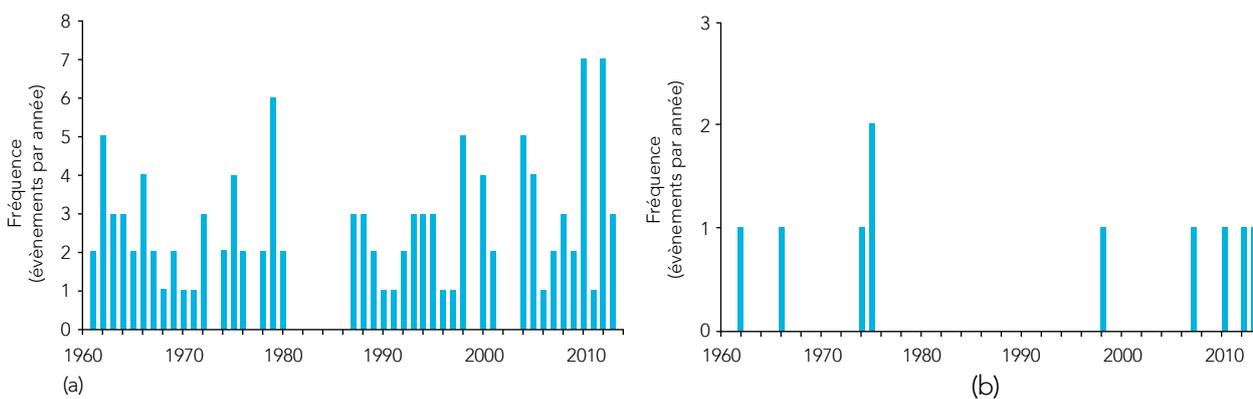
Figure 12 : Écart normalisé des précipitations à la station de Koungheul



Source : Cornforth et Lélé 2014

Figure 13 : Caractéristiques des extrêmes humides enregistrés à la station de Koungheul

Nombre de jours avec une pluviométrie totale supérieure ou égale à : (a) 50 mm/jour et (b) 100 mm/jour



(Les données des saisons 1981-1986, 1999 et 2003 ne sont pas disponibles.)

Source: Cornforth et Lélé 2014

⁹LOESS = locally weighted scatterplot smoothing (régression locale)

Des ensembles de données météorologiques sont disponibles auprès de sources différentes, dont :

- Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM)¹⁰
- Stations météorologiques opérationnelles à Kaffrine, Koungheul, Malem Hodar, Nganda et Dianke Souf (DGPRES 2014), et
- National Center for Environmental Prediction (NCEP) du National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Forecast System Reanalysis (CFSR).

À l'aide d'un système mondial de haute résolution combinant atmosphère, océans, terres et glace de mer, le CFSR a estimé l'état de ces domaines combinés sur 36 ans de 1979 à 2014. Des données quotidiennes du CFSR sur les précipitations, les vents, l'humidité relative et l'ensoleillement dans un endroit et sur une période données sont disponibles sur le site Web du CFSR,¹¹ nous permettant d'identifier, d'analyser et de modéliser les extrêmes climatiques passés.

Une série d'initiatives génère des prévisions des effets climatiques futurs, y compris un système intégré d'alerte rapide contre la famine établi par le Comité inter-États de lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS). Ce système est considéré comme le mécanisme le plus efficace et le plus actualisé d'Afrique subsaharienne pour empêcher et gérer les crises de sécurité alimentaire récurrentes (Cornforth 2014).

Les Forums régionaux sur les perspectives climatiques, particulièrement les Prévisions Saisonnières en Afrique de l'Ouest (ou PRESAO), organisés en collaboration avec l'African Centre of Meteorological Applications for Development (ACMAD) et les parties prenantes de la sécurité alimentaire, convertissent les prévisions climatiques saisonnières intégrées en des évaluations de la sécurité alimentaires sous-régionales.

Parmi les modèles climatiques régionaux à échelle réduite disponibles se trouvent ceux de CORDEX Africa (Shongwe *et al.* 2015) et les scénarios qui explorent les différentes concentrations d'émissions, tels que ceux de l'Accord de Paris et du rapport sur le changement climatique 2013 du GIEC (IPCC 2013).

5.2 Modélisation des effets du changement climatique sur les systèmes de ressources en eau

Les modèles peuvent nous aider à comprendre et à quantifier les effets des extrêmes climatiques sur les systèmes hydriques d'une région. En prenant en considération un éventail d'effets et d'extrêmes climatiques possibles, nous pouvons étayer les analyses probabilistes et explorer les risques (Cf. exemples en zones arides pertinents dans WLI 2013)

Par exemple une approche de modélisation du bilan hydrique très simple utilisant la télédétection peut montrer les effets de la gestion des pluies et des étangs sur le bilan des ressources en eau disponibles dans le Ferlo au cours d'une année (Soti *et al.* 2010). L'observation des effets saisonniers sur les étangs du Ferlo peut contribuer à l'élaboration de tels modèles (Lacaux *et al.* 2007). La modélisation du ruissellement de surface peut montrer les effets des différents types de couverture végétale pendant les orages (Séguis et Bader 1997).

Un outil d'évaluation du sol et de l'eau, SWAT (de l'acronyme en anglais) (Encadré 3), peut nous aider à concevoir des analyses plus sensibles à un vaste éventail de changements possibles de la gestion des ressources naturelles (Gassman *et al.* 2007). Les différents scénarios climatiques que nous introduisons dans un modèle SWAT, par exemple pour simuler une sécheresse ou une inondation,

¹⁰ www.anacim.sn

¹¹ <https://rda.ucar.edu/pub/cfsr.html>

Encadré 3 : Qu'est-ce que le SWAT ?

Le Département américain de l'agriculture a élaboré SWAT pour évaluer l'impact des techniques de gestion sur l'équilibre de l'eau, des sédiments, des pesticides et des nutriments dans les bassins hydrographiques, prenant en considération les différents types de sols et d'utilisation des terres.

SWAT est connu pour sa robustesse et son intégration efficace des sols, de la végétation et des caractéristiques de gestion pouvant affecter les calculs du bilan hydrique. Il est souvent utilisé par diverses agences gouvernementales, y compris les agences fédérales américaines et la Commission européenne. Il est parfois utilisé en Afrique subsaharienne, par exemple pour étudier les effets des pratiques de gestion des terres au Burkina Faso (Lang, Wellens et Tychon 2011) et les extrêmes et catastrophes climatiques en Afrique de l'Ouest (Gies, Agusdinata et Merwade 2014). Une version de SWAT appelée QSWAT peut être utilisée avec le logiciel QGIS en libre accès.

SWAT est un modèle continu qui est utilisé quotidiennement au niveau du bassin hydrographique.¹² Parmi ses composants de base se trouvent (Gassman *et al.* 2007) :

- Hydrologie : calculer le bilan hydrique du bassin

- Météorologie : déterminer l'impact des changements climatiques passés sur le bilan hydrique et sur les futures projections
- Propriétés des sols, et
- Gestion des terres

Nous pouvons utiliser SWAT pour calculer les volumes d'eau pluviale qui :

- s'écoule à la surface des terres en eau de ruissellement
- infiltre les sols
- est absorbée par les plantes et l'évapotranspiration
- s'écoule à travers les couches du sol, et/ou
- s'accumule dans les étangs, étant ainsi à disposition d'une activité humaine.

SWAT peut être ajusté pour prendre en compte les effets des pratiques de gestion des terres. Les résultats qu'il génère quant à la disponibilité en eau sous différents effets climatiques peuvent également être connectés à des modèles de production agricole (voir la section 5.3.1). Cela peut nous permettre d'évaluer la manière dont les modifications de pratiques de gestion des terres et de l'eau peuvent affecter la productivité agricole.

produiront différents volumes d'eau s'écoulant dans différentes parties du système.

Bien que le Sénégal n'ait pas de système officiel de comptabilité de l'eau, le gouvernement a commencé à préparer un système de suivi des extractions et des utilisations des ressources en eau, ainsi qu'un éventail d'autres indicateurs dont il avait besoin pour faire le suivi des objectifs de

développement durable dans le domaine de l'eau (DGPRES 2016). Entre autres, ce système fera le suivi des ressources en eaux souterraines et de surface dans le Ferlo et le bassin de l'arachide, évaluera l'extraction d'eau pour son utilisation dans différents secteurs économiques et calculera l'équilibre entre la disponibilité et les extractions de l'eau.

¹² Consultez Ouessar *et al.* (2009) qui donne un exemple d'utilisation du modèle SWAT pour générer des informations sur l'impact de la collecte des eaux.

Encadré 4 : Hypothèses au sujet de la consommation d'eau

En Afrique de l'Ouest rurale, la consommation d'eau n'excède généralement pas 28 litres par tête par jour (l/t/j). Ce chiffre prend en considération les besoins d'un troupeau de petite taille. Pour le calcul des besoins du bétail au Sénégal, il est normal de supposer une exigence moyenne de 25 litres par unité de bétail tropical (UBT) par jour (20 l/t/j à la saison humide et 30 l/t/j à la saison sèche).

UBT est un indicateur mesurant la production de bétail et correspondant à un animal de 250 kg (Boudet 1975).

D'autres besoins en eau pour des utilisations des terres et des cultures propres aux environnements arides sont susceptibles d'exiger des modèles d'eau utilisant une fonction de production (Cf discussion de ces sujets dans WLI 2013).

Tableau 5 : Normes des volumes de la consommation d'eau par les hommes et le bétail (moyenne mondiale comparée à celle du Sénégal)

| Type de centre (et population) | Normes générales (l/t/j) | Normes au Sénégal (l/t/j) |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Urbain | 140 | 110 (Dakar) |
| Principales villes (+ 10 000) | – | 100 |
| Secondaire (5 à 10 000) | 701 | 60 |
| Rural (moins de 5 000) | 401 | 50 |

Source : (DGPRES 2014), p. 118

Tableau 6 : Hypothèses au sujet de l'UBT (générale comparée au Sénégal)

| Type de bétail | UBT général | UBT Sénégal |
|----------------|-------------|-------------|
| Vache | 0,85 | 0,73 (Zébu) |
| Mouton | 0,11 | 0,12 |
| Chèvre | 0,07 | 0,12 |

Source : DGPRES (2014) et Hein et al. (2009)

5.3 Cartographie de la gestion des terres, de la productivité et des adaptations

Les systèmes d'utilisation des terres du Ferlo et du bassin de l'arachide comprennent des forêts, des pâturages et des terres cultivées (FAO 2010a, King 2011, TACC 2013), et les conséquences des extrêmes climatiques sur ces systèmes varieront. Un certain nombre d'études ont utilisé des techniques de télédétection pour étudier les processus ayant un impact sur les systèmes hydriques et fonciers du Ferlo et du bassin de

l'arachide (Brandt et al. 2014, Cissé et al. 2016, Brandt et al. 2017)¹³. Ils incluent les effets sur les surfaces cultivées, les parcours (Diouf et al. 2016, Cissé et al. 2016, Miehé et al. 2010) et la couverture forestière (Nachtergaele et Petri 2013, King 2011).

Dans la mesure du possible, la télédétection doit être validée sur le terrain à l'aide de données de terrain provenant de la cartographie participative (décrite à la Section 4), et/ou des autres sources identifiées ci-dessous. Ces informations nous aideront à évaluer les volumes de productivité des différentes utilisations des terres et peuvent fournir des renseignements sur les facteurs qui les affectent.

¹³ Consultez également : <https://tinyurl.com/y8h7kndf>

5.3.1 Production agricole

Nous pouvons utiliser les statistiques de FAOSTAT et des services de vulgarisation agricole pour évaluer le volume de la production agricole dans les zones cultivées (Sonneveld, Keyzer et Ndiaye 2016, Fofana, Tankari et Traore 2017). Les principaux processus gouvernant les réponses des cultures au climat sont relativement bien connus et ont été modélisés de différentes manières, selon les cultures concernées (Genesio et al. 2011, cité dans Cornforth 2014), puis suivis grâce à des systèmes d'alerte rapide utilisant les prévisions et les observations climatiques, les données des récoltes et les informations sur le marché et les moyens d'existence. Voici deux exemples de modèles utilisés récemment pour évaluer les effets du climat sur la production agricole au Sénégal :

- CELSIUS : Simulateur de cultures céréalières et légumineuses dans l'environnement changeant du Sahel (Ricome et al. 2017), et
- Le modèle SARRA-H : pour l'étude des effets climatiques sur les rendements de millet et de sorgho (Ramarohetra et Sultan 2017 sous presse, Salack et al. 2012)

Les pratiques de gestion des terres et les adaptations au changement climatique sont compliquées à modéliser. Par exemple, les exploitants agricoles dans les zones les plus arides investissent dans l'engraissement de bovins comme outil d'adaptation aux effets climatiques sur les rendements des récoltes (Ricome et al.

2017). De cette manière, ils produisent du fumier, ce qui améliore les rendements. La conservation des arbres et des arbustes peut également améliorer les rendements des récoltes dans la région de l'étude (Encadré 5).

5.3.2 Arbres et production des parcours

L'Inspection régionale de l'environnement et de l'eau effectue des inventaires annuels des ressources forestières de Kaffrine (RdS 2015b). D'autres renseignements sur les ressources forestières Sénégalaises sont disponibles auprès de la FAO (2010b). D'autres études de terrain sont également disponibles. Par exemple, un récent inventaire des espèces boisées et de leur importance pour les populations locales et migratoires de la communauté rurale de Lour Escalé à Kaffrine (Sarr et al. 2013) énumère 51 espèces issues de 22 familles taxinomiques et inclut des informations sur leurs utilisations, dont le fourrage pour le bétail (53 % des espèces inventoriées). Les études de terrain comme celle-ci peuvent fournir une meilleure qualité d'informations que la télédétection. Cependant, lorsqu'il y a besoin d'effectuer des évaluations à plus grande échelle, il est utile de combiner les inventaires de terrain et/ou la cartographie participative des ressources avec les techniques de télédétection.

Les réactions des arbres aux effets climatiques dépendent de leur espèce, de leur âge et d'autres

Encadré 5 : Effets de l'agroforesterie sur les rendements des récoltes

Les études ont montré qu'un certain nombre de facteurs peut avoir un impact sur les rendements des récoltes, dont :

- La présence d'arbustes qui peut augmenter la productivité des cultures, telles que le millet et l'arachide (Diakhaté et al. 2013, Bright et al. 2017)
- L'intercalage des cultures avec un légume, ce qui a augmenté les rendements du millet jusqu'à 55 % et les rendements en grains combinés jusqu'à 67 % (Trail et al. (2016).

- Une amélioration du rendement céréalière sous plusieurs espèces d'agroforesterie, dont les *Balanites aegyptiaca*, *F. albida*, *P. biglobosa* et *Prosopis africana* (Bayala et al. 2014, 2015).
- La présence d'arbres introduits par le biais de techniques de régénération naturelle assistée qui peut tripler la production de grains, passant de 296 kg/ha à 767 kg/ha (Bakhou and Fall 2011).

facteurs. Les espèces d'arbres utilisés dans les projets de reboisement priorités par le projet DFC comprennent les *Acacia senegalensis*, *Acacia seyal*, *Anacardium occidentale*, *Bombax costatum*, *Eucalyptus*, *Prosopis juliflora* et *Terminalia mantaly*.¹⁴

Afin d'identifier les effets des extrêmes et catastrophes climatiques sur la production de végétation dans les zones de parcours, nous pouvons soigneusement combiner la télédétection, les études de terrain et les techniques de modélisation (p.ex. Hein et al. 2009). Une fois de plus, les interventions humaines en faveur de l'adaptation peuvent limiter les effets causés par le climat afin de gérer le relief et les processus hydrologiques sur le terrain. À Kaffrine, une étude précédente a démontré que la présence d'arbres introduits par le biais de techniques de régénération naturelle assistée pouvait tripler la production de grains, passant de 296 kg/ha à 767 kg/ha.

Diverses études ont évalué le processus physique de séquestration du carbone dans les parcours et les forêts de la région faisant l'objet de l'étude (Diédhiou et al. 2017, Loum et al. 2014, Sanogo et al. 2014). Le volume de carbone séquestré inclut la

végétation de surface et souterraine et varie selon les caractéristiques du sol. Une étude (Sanogo et al. 2014) a calculé la biomasse de surface d'une forêt à Kaolack en utilisant les méthodes décrites dans Brown (1997), qui ne comprend que les espèces dont le diamètre est entre 5 et 148 cm à hauteur de poitrine. Les espèces identifiées dans cette étude incluent *Balanites aegyptiaca*, *Combretum micranthum*, *Diospyros mespiliformis*, *Mitragyna inermis*, *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum*, *Acacia seyal*, *Anogeissus leiocarpus*, *Feretia apodanthera* et *Dicrostachys cinera*.

5.3.3 Production du bétail

Il est possible d'estimer le nombre d'animaux par ménage ou par unité d'eau et de pâturage. Une étude a utilisé un modèle écologico-économique qui met en relation les résultats du modèle climatique avec les dynamiques des parcours, et les valeurs des pâturages et du bétail dans le Ferlo dans un contexte de changement climatique (cf. Encadré 6). Cette étude est basée sur la relation entre les précipitations et la production de biomasse dans les parcours, connue sous le nom de coefficient d'efficacité des pluies (CEP) (Le Houérou 1984).

Encadré 6 : Calcul de la relation entre le climat, la gestion des pâturages et la production de bétail au Ferlo (d'après Hein et al. 2009)

La production annuelle d'herbage d'un pâturage peut se traduire par la capacité annuelle des pâturages selon les besoins nutritionnels de chaque type d'animal (Hildreth et Riewe 1963). Hein et al. (2009) suppose que les bergers font paître leurs animaux en fonction du nombre d'animaux que la production d'herbage permet de nourrir par an. Les densités moyennes de bétail dans le Ferlo ont été estimées à environ 0,15 à 0,20 UBT par hectare (De Leeuw et Tothill 1990, Miehe 1997).

Hein et al. (2009) a estimé que la quantité de biomasse nécessaire par UBT, en prenant en considération la variété du bétail du Ferlo (Cf. Thébaud, Grell et Miehe 1995) et les besoins

énergétiques par animal (Bayer et Waters-Bayer 1998). Ils ont estimé que chaque animal avait besoin d'un minimum de 4,3 kg d'UBT de nourriture par jour. Les animaux n'ont pas à leur disposition toute la biomasse herbacée du fait de la décomposition, des incendies ou de la difficulté à digérer certains herbages. Ils ont également estimé que dans le Ferlo, 50 % de la biomasse végétale est disponible pour le pâturage (Penning de Vries et Djitéye 1982, Berman et de Ridder 1991) et que les plantes ligneuses constituaient jusqu'à 20 % de la totalité de l'alimentation des animaux (Berman et de Ridder 1991). Cela signifie que les bergers auraient besoin de 2 511 kg de biomasse herbacée par UBT par an.

¹⁴ Communication personnelle avec Momath Talla Ndao, Coordinateur, DFC

Le CEP est affecté par les précipitations, ainsi que par la pression pastorale sur le long terme. Cela reflète la perception que quelques années de forte pression pastorale ont un impact limité sur la végétation, alors qu'une forte pression pastorale soutenue entraîne des changements de l'écosystème (composition des espèces, couverture végétale, etc.; Le Houérou, Bingham et Skerbek 1988).

Pendant les années où les précipitations sont rares, les bergers vendent les animaux qu'ils ne peuvent pas nourrir. Lors des années de sécheresse, ils gardent autant d'animaux que possible sur les pâturages limités disponibles, ce qui leur permet de se réapprovisionner rapidement après la sécheresse. Lors des années d'abondantes précipitations, ils vendent le surplus sur les marchés locaux (Guerin et al. 1993).

Bien qu'il soit possible de modéliser le nombre de têtes de bétail pouvant s'alimenter avec différents types de végétation en théorie, les calculs de capacité de charge peuvent être trompeurs. Une approche plus réaliste de quantification de la production de bétail consiste à prendre en considération le nombre de têtes de bétail par ménage. Une étude de Kaffrine a observé que les ménages sylvopastoraux étaient susceptibles de posséder environ dix animaux chacun, dont des bovins, des moutons et du petit bétail (Ba et al. 2006). Une autre étude spécifique au nord du Sénégal a observé que les ménages sont susceptibles de posséder environ 44 têtes de bétail (Thébaud et al. 1995).

Dans chaque village où le projet DFC a effectué des investissements, les communautés ont fourni des informations sur le nombre de personnes et de bétail présents. Une étude de portrait de famille a permis de comprendre de manière plus approfondie la structure des familles de bergers dans le village de Maodo Peulh (Tableaux 7 et 8).

Les tendances observées affectant le nombre de têtes de bétail et la production montrent des augmentations du nombre de ruminants de petite taille capables de mieux résister à la sécheresse. Le lien avec les marchés de bétail est un autre facteur ayant une influence sur les tendances d'élevage chez les populations foulanis au Sénégal (Adriansen 2006). Afin d'élaborer des scénarios sur le nombre futur de têtes de bétail, les taux de survie et de productivité du bétail, nous devons émettre un grand nombre d'hypothèses. Le point de départ le plus recommandé pour élaborer de tels scénarios est une discussion participative avec les propriétaires de bétail locaux afin d'identifier les principaux facteurs influençant le nombre de têtes de bétail et la productivité du bétail.

Les effets des extrêmes climatiques sur le nombre de têtes de bétail n'affectent pas seulement la disponibilité des pâturages et de l'eau. Ils peuvent également influencer la prévalence des maladies affectant les taux de productivité et de mortalité du bétail, y compris celles liées aux moustiques peuplant les étangs lors de la saison des pluies. L'émigration des animaux provenant des zones environnantes peut augmenter le risque de maladies affectant le bétail à Kaffrine (Encadré 7).

Tableau 7 : Structure d'une famille de bergers dans le village de Maodo Peulh, à Kougheul (Moussa Ka, agriculteur)

| | Famille de Moussa Ka | | | Autres membres du ménage de Moussa Ka (frère, neveu et leurs familles) | Moussa Ka lui-même | | |
|---------|----------------------|--------|--------|--|--------------------|--------|--------|
| | Total | Hommes | Femmes | | Total | Hommes | Femmes |
| Bovins | 80 | 20 | 60 | 50 | 30 | 5 | 25 |
| Chèvres | 200 | 40 | 160 | 88 | 15 | 5 | 10 |
| Moutons | 140 | 25 | 115 | 82 | 45 | 8 | 37 |
| Ânes | 30 | 20 | 10 | 18 | 4 | 1 | 3 |
| Chevaux | 20 | 5 | 15 | 12 | 4 | 1 | 3 |

Source: Moussa Ka, agriculteur

Tableau 8 : Unités de bétail tropical dans une famille de bergers du village de Maodo Peulh, à Kougheul

| | Famille de Moussa Ka | | | Autres membres du ménage de Moussa Ka (frère, neveu et leurs familles) | Moussa Ka lui-même | | |
|---------|----------------------|--------|--------|--|--------------------|--------|--------|
| | Total | Hommes | Femmes | | Total | Hommes | Femmes |
| Bovins | 68 | 17 | 51 | 42,5 | 25,5 | 4,25 | 21,25 |
| Chèvres | 14 | 2,8 | 11,2 | 6,16 | 1,05 | 0,35 | 0,7 |
| Moutons | 15,4 | 2,75 | 12,65 | 9,02 | 4,95 | 0,88 | 4,07 |
| Ânes | 15 | 10 | 5 | 9 | 2 | 0,5 | 1,5 |
| Chevaux | 16 | 4 | 12 | 9,6 | 3,2 | 0,8 | 2,4 |
| TOTAL | 128,4 | 36,55 | 91,85 | 76,28 | 36,7 | 6,78 | 29,92 |

Source: Moussa Ka, agriculteur

La vaccination efficace peut réduire les risques de propagation de certaines maladies et la perte des troupeaux. Cependant, sans une installation de vaccination bien organisée et bien construite, il peut être difficile pour les vétérinaires d'empêcher les animaux de s'échapper et de les compter afin de déterminer le tarif des vaccinations. La mise en place d'installations vétérinaires efficaces et suffisantes peut par conséquent avoir une

influence sur la contribution de l'élevage à l'économie régionale. La modélisation quantitative des probabilités de maladies dans différentes conditions climatiques pourrait aider à évaluer les avantages de l'amélioration des services de vaccination en tant que mesure de renforcement de la résilience pour les extrêmes climatiques et les catastrophes.

Encadré 7 : Modélisation de la relation entre les extrêmes climatiques et la fièvre de la vallée du Rift dans le Ferlo

À l'aide d'une approche conceptuelle permettant de comprendre la téléépidémiologie, Lafaye *et al.* (2013) a créé un modèle bio-hydrologique de prévisions de la survenue de la fièvre de la vallée du Rift dans le Ferlo. Ce modèle est fondé sur une approche multidisciplinaire constructive de dix ans qui a commencé en 2003 (décrit dans Marechal *et al.* 2008, Tourre *et al.* 2009, Vignolles *et al.* 2010)

Lafaye *et al.* a utilisé une cartographie dynamique sur les risques produite après des précipitations et l'émergence de deux vecteurs principaux : *A. vexans* et *C. poicilipes* (Vignolles *et al.* 2009).

Bien que les cartes prenaient en considération la pluviométrie, et le rayon d'action et l'agressivité des moustiques, les précipitations étaient le premier intrant, car la distribution et l'intensité de celles-ci déterminent les dynamiques de l'étang en termes de présence de sites de larves et d'éclosions.

Les cartes ont montré la zone potentiellement occupée par les moustiques (Tourre *et al.* 2009, Vignolles *et al.* 2009). Cela indique les risques et la vulnérabilité du bétail présent la nuit (Tourre *et al.* 2008, Ndione *et al.* 2009).

Source : Lafaye *et al.* (2013)

6. Évaluation de la valeur des changements en termes de biens et de services

La valeur du retour sur un investissement dans l'adaptation qui affecte la disponibilité des biens et services publics dépendra :

1. des stocks et des flux d'unités de biens et services disponibles sur une période donnée (exploré dans la section précédente)
2. de l'impact de l'investissement sur une période donnée (évoqué dans la section précédente)
3. de la valeur attribuée par unité de biens et de services.

Dans cette section, nous explorons le troisième point qui concerne les différentes manières d'attribuer des valeurs économiques aux biens publics dans l'économie générale. Pour ce faire, nous explorons leur valeur en tant que biens et services bénéficiant à l'être humain. Les méthodes d'évaluation varient selon la nature des biens et services concernés. Nous présentons ici une série d'exemples tirés d'études précédentes.

La valeur attribuée à chaque unité de biens et services peut être utilisée pour déterminer la valeur des retours sur investissements dans l'adaptation qui affectent les flux de ces biens et services.

6.1 Évaluation des utilisations économiques et de la valeur des ressources en eau

Les changements de disponibilité de l'eau causés par des extrêmes et catastrophes climatiques, tels que la sécheresse ou les inondations, ont rapidement des effets économiques. Bien que n'était pas pris en considération la valeur des ressources en eau dans le profil régional

(voir Section 3), il est important de prendre en considération les bénéfices économiques des adaptations locales qui permettent de gérer les effets des extrêmes climatiques sur la disponibilité et l'utilisation des ressources en eau. Les adaptations peuvent intervenir pour modifier la distribution des ressources en eau disponibles afin de garantir la satisfaction des besoins fondamentaux. Elles peuvent également modifier l'équilibre entre les volumes et la périodicité de l'eau, et d'autres intrants influençant la productivité économique, y compris l'énergie, la main d'œuvre ou les intrants physiques.

Dans les situations d'événements extrêmes, la flexibilité de l'allocation de l'eau pour différents usages est importante. Par exemple, lorsque des feux de brousse se produisent pendant les saisons sèches prolongées, si de l'eau est disponible pour des usages domestiques ou de production, elle peut également être utilisée selon les besoins pour combattre les incendies. Cette flexibilité peut permettre d'éviter des préjudices économiques causés par la perte de propriétés ou la perte de vies.

Les utilisations potentielles ou la transférabilité des flux d'eau peuvent directement déterminer leur valeur pour la société (CCME 2010). Les valeurs directes habituelles de l'eau comprennent l'utilisation comme boisson et d'autres usages domestiques, et pour la production de biens et services, tels que les cultures, les arbres et le bétail. Dans le contexte du projet DFC, les communautés ont identifié une série de bénéfices découlant de l'augmentation de l'approvisionnement en eau (cf. p.ex. Encadré 8).

Les Tableaux 9 et 10 montrent qu'un grand nombre des bénéfices de l'amélioration de l'approvisionnement en eau ont une valeur économique. Cependant, certains de ces bénéfices

sont plus difficiles à quantifier que d'autres. Parmi ces derniers se trouvent la réduction de la prévalence des maladies diarrhéiques, la réduction de la pression sur le seul puits du village

Encadré 8 : Valeur de l'approvisionnement en eau dans le village de Banjul Bante, Missira Wadene, Kounghoul

Environ 620 habitants vivent à Banjul Bante, avec comme seule source d'eau un puits ouvert qui n'est pas protégé. Les villageois possèdent environ 50 bovins, 45 moutons et 48 chèvres. Pendant l'hiver, le bétail boit de l'eau des étangs, mais pendant la saison sèche, les étangs s'assèchent et les animaux doivent migrer. Investir dans un approvisionnement en eau pour le village réduira les problèmes de santé (tels que les maladies diarrhéiques) causés par la faible qualité de l'eau, et allègera les corvées d'eau des femmes. Cela permettra aux enfants de rester à l'école et aux femmes de s'adonner à d'autres activités rémunératrices. Cela devrait également avoir un impact sur la croissance des plantes et des arbres et réduire la nécessité de migration des animaux, ce qui pourrait se traduire par une valeur économique. D'autres bénéfices plus difficiles à quantifier ont trait à l'augmentation de la sécurité alimentaire et à l'amélioration des capacités de gestion de l'eau.



Photo 2 : Approvisionnement en eau à Banjul Bante. Diadji Ndiaye

Tableau 9 : Bénéfices et évaluation potentielle de l'approvisionnement en eau à Banjul Bante grâce à l'investissement du projet DFC

| Bénéfices | Évaluation potentielle |
|---|---|
| Volume d'eau fournie | 620 personnes x volume de consommation x tarif |
| Allègement des tâches ménagères | Économie de temps |
| Augmentation de la productivité du bétail et production hors saison | Lait Viande Légumes |
| Augmentation du revenu | Voir ci-dessus |
| Source d'eau en cas d'incendie | Réduction des risques de destruction des propriétés |
| Scolarité des filles | Valeur future de l'activité économique des filles |

Tableau 10 : Biens et services ayant une valeur d'usage direct dérivée d'investissements dans l'adaptation en faveur de la disponibilité de l'eau dans le cadre du projet DFC

| Département | Commune | Village(s) | Investissement d'adaptation | Types de biens et de services | | | |
|--------------|--------------------|---|--|--|---------------------|--|-------------|
| | | | | Eau potable, économie de main d'œuvre, hygiène et sécurité | Élevage et produits | Produits arboricoles et bénéfices environnementaux | Marai-chage |
| Malème Hodor | Dianké Souf | Mbabanène Bodé et Hamdalaye | Approvisionnement en eau potable, commune de Dianké Souf | x | | | |
| | Sagna | Thiong | Approvisionnement en eau potable dans le village de Thiong, commune de Sagna | x | x | x | |
| Birkilane | Mbeuleup | Mbeuleup | Élargissement du réseau d'approvisionnement en eau potable, commune de Mbeuleup | x | x | | |
| | Ndiognick | Mboukhoumé et Gogdji Keur Serigne Fana | Élargissement du réseau d'approvisionnement en eau potable dans les villages de Mboukhoumé et Gogdji Keur Serigne Fana, commune de Ndiognick | x | x | | x |
| Kaffrine | Nganda | Nganda | Approvisionnement en eau potable, commune de Nganda | x | x | x | |
| | Diamagadio | Wintinckou | Élargissement du réseau d'approvisionnement en eau potable dans le village de Wintinckou, commune de Diamagadio | x | x | | x |
| | Médinatou Salam II | Coly Peulh, Panthiang 3, et Panthiang Louma | Approvisionnement en eau potable, commune de Médinatou Salam II | x | x | | x |
| Koungheul | Fass Thiéckène | Médina Panthiang | Approvisionnement en eau potable dans le village de Médina Panthiang, commune de Fass Thiéckène | x | | | |
| | Maka Yopp | Nguerane, Fass Peulh, Kairawane Ndiayene, et Médina Thiéckène | Approvisionnement en eau potable, commune de Maka Yopp | x | x | x | |
| | Missira Wadène | Banjul Banta | Approvisionnement en eau potable, commune de Missira Wadène | x | x | | |
| | Lours Escale | Ndiayène Lour | Approvisionnement en eau potable, commune de Lour Escale | x | x | | x |

termes de réserves d'eau souterraine ou accessible pour d'autres usages.

Bien que l'approvisionnement en eau domestique ait parfois un cours de marché, ce dernier ne représente pas toujours l'intégralité de sa valeur pour la société. L'eau est parfois disponible soit gratuitement, soit à taux bonifié. Cependant, plutôt que de se baser sur le cours du marché pour identifier la valeur de l'eau, l'idée est d'utiliser ce cours pour identifier la valeur de l'eau pour la société. C'est utile dans les cas où l'eau sera utilisée pour l'irrigation, pour l'élevage ou pour les commerces, tels que les restaurants et les hôtels, lorsqu'il est possible d'identifier dans quelle mesure un bien ou un service final bénéficie d'une unité d'eau supplémentaire. Cependant, cela ne permet pas d'identifier la valeur de l'approvisionnement en eau domestique lorsque celui-ci n'est pas immédiatement rémunérateur.

Dans les situations de sécheresse ou d'autres extrêmes climatiques, garantir l'approvisionnement en eau domestique doit être prioritaire par rapport à l'approvisionnement pour la production agricole. Le manque d'approvisionnement en eau pour satisfaire aux besoins fondamentaux entraînera des coûts plus élevés en termes de santé, de bien-être et de problèmes sociaux. L'eau potable est souvent considérée comme un droit fondamental plutôt qu'une commodité. Il existe différentes raisons pour lesquelles il est parfois difficile de tarifier l'eau, parmi lesquelles : l'absence de droits fonciers, les limites de transférabilité, les infrastructures juridiques et physiques, et les lacunes institutionnelles. C'est particulièrement le cas en conjonction avec les questions de flux de retour, de répercussions sur les tiers, de conception du marché, de coûts de transaction et de tarification au coût moyen comparé à la tarification au coût marginal (Chambwera *et al.* 2014).

Il est important d'attribuer une valeur à l'utilisation d'eau pour les activités humaines pour la comparer à la valeur des autres utilisations, telles que l'irrigation ou l'élevage. Les études qui n'ont pas comparé ces valeurs ont conclu que l'eau utilisée pour l'irrigation et l'élevage intensif avait une valeur supérieure à celle de l'approvisionnement en eau

potable pour les êtres humains et le bétail dans les communautés vulnérables (Silvestri *et al.* 2013). Ces conclusions biaisées peuvent entraîner la prise de mauvaises décisions économiques.

Afin d'identifier la valeur économique des ressources en eau potable et destinée à une utilisation domestique, la plupart des études s'appuient soit sur son coût de production pour la société (c'est à dire les coûts de traitement et d'infrastructures), soit sur le cours du marché et/ou le prix que les utilisateurs sont prêts à payer (SROI 2012).

Dans la région de Kaffrine, certaines communautés ont identifié les tarifs qu'elles paient pour l'eau. Par exemple, à Dianke Souf, un village du département de Malem Hodar, l'approvisionnement en eau coûte 200 CFA (0,40 dollar américain) par mètre cube. Les tarifs d'approvisionnement en eau domestique varient souvent. Par exemple, l'approvisionnement peut être gratuit à la source, ou les utilisateurs peuvent devoir payer pour pomper l'eau à partir de forages ou la transporter par camion. Les tarifs varient également par zone, coûtant plus cher dans les zones reculées et sèches que dans les zones humides. Les extrêmes, tels que les sécheresses, peuvent exacerber la pénurie, ce qui fausse encore plus les tarifs.

Il est important de reconnaître que l'assistance publique ou les donateurs et les subventions destinées aux infrastructures, au carburant et à d'autres coûts d'exploitation associés à l'approvisionnement et au traitement de l'eau sont susceptibles d'affecter les cours du marché des services de l'eau. Nous devons également comprendre les stratégies d'économie des ménages à différentes périodes de l'année.

Les approches alternatives de l'évaluation de l'eau potable, outre l'utilisation des cours du marché, comprennent l'évaluation de la valeur sur la base des contributions de la population au produit intérieur brut (PIB) (Encadrés 9 et 10).

Finalement, il n'existe pas de manière unique d'évaluer l'approvisionnement en eau. Il s'agit d'un choix social, particulièrement dans les zones arides.

Encadré 9 : Évaluation de la valeur de l'eau par rapport au PIB

Certaines études ont cherché à évaluer la contribution à la société et à l'économie des individus bénéficiant d'un approvisionnement en eau adéquat leur permettant d'être en bonne santé et d'avoir une vie active (Hutton 2015). Ces études ont donné naissance à un raisonnement selon lequel la valeur unitaire de l'eau pour les besoins fondamentaux peut être dérivée du PIB par habitant. Si l'on suppose que chaque personne a besoin de 40 litres d'eau par jour 365,25 jours par an pour mener une vie saine, elle aura besoin de 14,61 mètres cubes par an pour générer la contribution moyenne au PIB national. Par conséquent, la valeur par mètres cubes de l'approvisionnement en eau domestique serait le PIB total annuel par habitant (1 093,40 dollars

américains en 2016)¹⁵ divisé par 14,61, ce qui donnerait 74,84 dollars américains par mètre cube.

Cependant, des controverses associées à la valeur d'une vie humaine productive ont fait l'objet de discussions dans la littérature internationale. Elles concernent la valeur de l'approvisionnement fondamental en eau dans les environnements sujets à la sécheresse (Luedeling *et al.* 2015). L'utilisation du PIB en tant que somme totale de la productivité nationale est également critiquée : parce qu'elle néglige de nombreuses dimensions de la valeur et qu'elle ne prend pas en compte les externalités, telles que le coût de la pollution, des activités économiques qui sont évaluées.

Encadré 10 : Valeur de l'extension du réseau d'approvisionnement en eau dans la commune de Dianke Souf, Malem Hodar

Le coût de l'extension du réseau d'approvisionnement en eau pour les 1 805 habitants des villages de Mbabanene et de Bode, et des trois hameaux qui les entourent, est de 4 600 000 FCFA (9 200 dollars américains). Le prix d'un mètre cube d'eau est de 200 FCFA (0,40 dollar américain).

Selon les normes pour les zones rurales au Sénégal [DGPRES 2014, p118], chaque habitant consomme à peu près 40 litres d'eau par jour, soit 14,61m³/an, pour une valeur de 2 922 FCFA (5,84 dollars américains). Au cours de la première année de réalisation, si le cours du marché de l'eau est utilisé comme référence, l'extension du réseau créera une valeur de 5 274 210 FCFA (10 584,42 dollars américains), ce qui excède d'ores et déjà les dépenses.

Ce calcul ne prend pas en compte la valeur des bénéfices obtenus grâce à la réduction des maladies, l'abreuvement du bétail à proximité du village pendant les saisons sèches et l'allègement de la corvée des femmes et des enfants. Si nous appliquons la méthode de Hutton (cf. Encadré 9) pour saisir ces aspects de la valeur de l'approvisionnement en eau, l'estimation sera beaucoup plus élevée.



Photo 3: Water supply investment financed by DCF at Ndiobene. Diadji Ndiaye

¹⁵<https://tradingeconomics.com/senegal/gdp-per-capita>

La durée de ces bénéfices dépend de l'entretien du réseau, ainsi que de la source d'eau et l'équilibre entre le prélèvement de l'eau et la recharge des nappes.

6.2 Évaluation de la valeur de la production forestière et du combustible

Dans cette section, nous explorons comment évaluer les biens et services publics issus de la production forestière. Nous mettons l'accent sur les valeurs contribuant au bien-être humain dans le contexte de l'économie régionale. Parmi ces valeurs se trouvent la valeur en tant que combustible, ainsi que d'autres valeurs d'usage direct. Afin d'utiliser ces valeurs, nous devons également comprendre les droits et les conventions d'accès et d'utilisation, ainsi que l'accès aux marchés des produits arboricoles.

Les valeurs d'usage direct de la production arboricole sont susceptibles de comprendre les produits forestiers ligneux et non-ligneux, tels que les fruits, les fibres, les feuilles, les racines, etc. (Tableaux 11 et 12). La valeur de ces produits varie selon leur utilisation, que ce soit le fourrage, la consommation humaine, les utilisations médicinales ou cosmétiques, ou autres. Ces valeurs sont souvent influencées par les marchés et la disponibilité de systèmes de transformation. Les impôts sur les produits forestiers perçus en 2014 dans la région de Kaffrine s'élevaient à 16 900 400 FCFA (plus de 30 000 dollars américains) (RdS 2015b).

La valeur potentielle des arbres n'apparaît pas avant qu'ils ne soient adultes. Les plants exigent une main d'œuvre intensive pour en prendre soin et les arroser, pour les protéger lors de leur croissance et sensibiliser au besoin de préserver la forêt. Une évaluation économique des arbres et des produits arboricoles requiert la prise en considération du cycle de vie des arbres en question. La période examinée constitue un important facteur lors de la conception des études sur les retours sur les investissements dans les systèmes forestiers.

Une gestion locale des forêts est nécessaire, ce qui exige du temps et des efforts. À Mbeuleup, l'institution forestière communautaire perçoit des revenus de la collecte et de la vente de miel (Encadré 11). Dans d'autres endroits de la région de Kaffrine, les institutions locales s'occupant des forêts ont adopté des pratiques leur permettant de combiner les activités de reboisement d'espèces d'arbres indigènes avec la culture d'autres arbres et produits arboricoles qui généreront des revenus permettant de soutenir leurs activités (Encadrés 11 et 12). Cependant, la culture de plants et de produits arboricoles commerciaux exige souvent d'importantes quantités d'eau (Encadré 13). Cette exigence en eau peut augmenter la vulnérabilité à la sécheresse, et n'est pas toujours entièrement prise en considération lors des évaluations économiques.

Outre leurs valeurs d'usage direct, les arbres sont souvent appréciés pour leurs contributions en termes de support et de régulation de l'écosystème. Les arbres peuvent affecter la qualité des sols associés à la production agricole et les interactions entre le sol et l'eau permettant l'infiltration et le stockage des eaux souterraines, et créant un microclimat permettant à d'autres espèces de prospérer. Certains des effets des arbres sur la qualité des sols associés à la production agricole ont été étudiés dans la région de Kaffrine (cf. Section 5.3.1). Cette valeur additionnelle est susceptible de se refléter sur la valeur économique de la culture. La présence d'arbres entraîne également souvent d'autres valeurs liées à la création d'habitat, à l'esthétique, etc. Ces valeurs sont cependant plus difficiles à évaluer.

La capacité qu'ont les arbres de séquestrer et de stocker le carbone est de plus en plus considérée par la communauté internationale comme ayant une valeur économique dans l'atténuation du changement climatique. Il est intéressant de noter que les communautés de Kaffrine et des régions environnantes perçoivent la présence des arbres comme ayant un effet direct sur la pluviométrie locale. Il n'est cependant pas possible d'attribuer une valeur à cet effet perçu.

Tableau 11 : Gamme de produits forestiers et sources de valeur à Kaffrine et dans ses environs

| Type de valeur | Usage | Exemples tirés de nos études et d'autres sources de littérature | Valeur |
|--------------------------|---------------------|--|------------------------|
| Produits dérivés du bois | carburant | Les deux espèces sahéliennes les plus courantes, <i>Balanites aegyptiaca</i> et <i>Boscia senegalensis</i> , sont également les espèces les plus utilisées comme bois de chauffage (Dendoncker, Ngom et Vincke 2015). | - |
| | | Les ménages à proximité de la forêt classée de Danku, commune de Nganda, consomment 2 695 m ³ de bois de chauffage par an, 15 % (404 m ³) desquels proviennent de la forêt, tandis que le reste est acheté. Le cours du marché a été utilisé pour évaluer la valeur de la part de bois de chauffage provenant de la forêt (Gueye 2005). | Marchés locaux |
| | bois | Des chaises pliantes et des portes faites en bois d'eucalyptus à Mbeuleup attirent des acheteurs de la ville de Touba dans la région de Diourbel, et peuvent se vendre jusqu'à 3 000 FCFA (DCF Family portrait investigation 2017). | Marchés locaux |
| Produits non ligneux | gommes | La gomme ou résine <i>mbepp</i> (<i>Sterculia setigera</i>) est utilisée dans les remèdes médicaux ou dans d'autres applications ¹⁶ (Ba et al, 2006, Saret et al. 2013). | Marchés locaux |
| | fruits | Des fruits comestibles, tels que le jujube (fruit du <i>Ziziphus Mauritania</i>), ainsi que la poudre de baobab extraite du fruit ont de nombreuses utilisations (Ba et al. 2006, Diop et al. 2006, Sambou et al 2016). | Marchés locaux |
| | | Une pépinière permet à la famille de percevoir des revenus supplémentaires provenant de la vente de jeunes plantes et de mangues (DFC 2017). | Marchés locaux |
| | médicaments | Une famille conserve un stock de quatre sacs de 50 kg de neb-neb (gousses d' <i>Acacia albida</i>) pour les vendre à des fins médicales. Chaque sac vaut 3 000 FCFA, un sac de 100 kg se vend 5 000 FCFA. Les gousses peuvent également être réduites en poudre et vendues. Le <i>jatropha curcas</i> , qui est connu sous le nom de tabanani, peut être vendu sur les marchés locaux (DCF Family portrait investigation 2017). | Marchés locaux |
| | fourrage | Fournir du fourrage au bétail constitue un aspect important de la valeur des forêts dans la région de Kaffrine et dans la région voisine. 53 % des espèces inventoriées pourraient être utilisées comme fourrage (Sarr et al., 2013). | Valeur du bétail |
| | miel | L'apiculture est une activité communale qui fournit du miel et génère des revenus pour les services publics et les prêts à Mbeuleup (DCF Family portrait investigation 2017). | Marchés locaux |
| | autre type de faune | | ? |
| Autres bénéfiques | carbone | La séquestration du carbone est un aspect de la valeur de la production forestière pour la société dans son ensemble qui n'a pas été citée par les membres de la communauté locale dans leurs théories du changement pour les investissements dans les forêts. Cependant, une étude récente utilise un cours du marché international de 13 euros par tonne pour estimer la valeur du carbone stocké dans les forêts de Kaolack et Fatick, les régions voisines. Du fait des crises financières, ce cours fluctue entre 8 et 30 euros (Sanogo et al. 2014). | Marchés internationaux |

¹⁶ Consultez : http://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.upwta.5_293

Tableau 12 : Valeur des différents produits collectés dans les forêts de la région de Kaffrine (2014)

| Type | Produit | Unités | Prix à l'unité (FCFA) | Nombre par an | Valeur totale (FCFA par an) | Valeur totale (dollars américains par an) |
|--------------------|--|--------|-----------------------|---------------|-----------------------------|---|
| Fruits | Baobab (<i>Adansonia digitata</i>) | kg | 15 | 477 825 | 7 167 375 | 14 335 |
| | Ziziphus (<i>Zizyphus mauritiana</i>) | kg | 15 | 3 690 | 55 350 | 111 |
| | Balanites | kg | 15 | 20 | 300 | 1 |
| | Dimb (<i>Cordyla pinnata</i>) | kg | 15 | 300 | 4 500 | 9 |
| Gommes | Mbepp (<i>Sterculia setigera</i>) | kg | 100 | 480 | 48 000 | 96 |
| | Arabe (<i>Acacia Sénégal</i>) | kg | 100 | 100 | 10 000 | 20 |
| Feuilles et fibres | Mbepp (<i>Sterculia setigera</i>) | kg | 15 | 400 | 6 000 | 12 |
| | Baobab (<i>Adansonia digitata</i>) | kg | 15 | 1 200 | 18 000 | 36 |
| | Fibres de rônier (<i>Borassus aethiopum</i>) | kg | 15 | 1 000 | 15 000 | 30 |
| | Feuilles de rônier (<i>Borassus aethiopum</i>) | kg | 15 | 200 | 3 000 | 6 |
| | Feuilles variées | kg | 15 | 530 | 7 950 | 16 |
| | Écorces variées | kg | 30 | 6 410 | 192 300 | 385 |
| racines | racines variées | kg | 30 | 5 615 | 168 450 | 337 |
| Encens | Thiouraye gowé (<i>Cyperus articulatus</i>) | kg | 15 | 300 | 4 500 | 9 |
| Bois gravé | Tablettes coraniques | 1 | 50 | 80 | 4 000 | 8 |
| Raphia | Lit en raphia | 1 | 600 | 25 | 15 000 | 30 |
| | Canapé en raphia | 1 | 600 | 12 | 7 200 | 14 |
| | Chaise en raphia | 1 | 200 | 30 | 6 000 | 12 |
| | Table en raphia | 1 | 200 | 9 | 1 800 | 4 |
| | Armoire en raphia | 1 | 200 | 1 | 200 | 0 |
| | Tiges de raffia | 1 | 75 | 400 | 30 000 | 60 |
| Bambou | Tiges de bambou | 1 | 75 | 301 | 22 575 | 45 |
| Bois de chauffage | Pour le chauffage | - | 500 | 2 524 | 1 262 000 | 2 524 |
| Piliers | Piliers | - | 500 | 15 | 7 500 | 15 |
| TOTAL | | | | | 9 057 000 | 18 114 |

Source : IREF 2014

Remarque : Consultez <https://sites.google.com/site/ethnoseneal/liste-des-plantes> pour obtenir les noms utilisés localement.

Encadré 11 : Exploitation forestière à Mbeuleup

Une étude de portrait de famille menée à Mbeuleup a révélé que les plantations d'eucalyptus attiraient les acheteurs de la ville de Touba dans la région de Diourbel. Des chaises pliantes et des portes faites en bois d'eucalyptus se vendent jusqu'à 3 000 FCFA. La famille conserve un stock de 4 sacs de 50 kg de neb-neb (gousses de l'Acacia Albida) pour les vendre à des fins médicinales. Chaque sac vaut 3 000 FCFA, un sac de 100 kg se vend 5 000 FCFA. Les gousses peuvent également être réduites en poudre et vendues. Le jatropha curcas, qui est connu sous le nom de tabanani, peut être vendu dans la région

de Kaffrine à Ngouye ou dans la région de Fatick à Gossas.

Une pépinière permet à la famille de percevoir des revenus supplémentaires provenant de la vente de jeunes plantes et de mangues cultivées dans leur pépinière. En 2016, le ménage a perçu 414 000 FCFA (822 dollars américains) de la vente de produits forestiers, ce qui a suffi pour subvenir aux besoins de la famille. L'apiculture est une activité communale qui fournit du miel et génère des revenus pour les services publics et les prêts.

Encadré 12 : Restauration de la forêt classée de Kaffrine

Un investissement soutenu par le biais du projet DFC pour permettre à l'Association des Femmes Forestières de reboiser 12,5 hectares de la forêt classée de Kaffrine et de créer un coupe-feu devrait fournir du bois de chauffage et de construction, ainsi que d'autres produits forestiers non-ligneux et du fourrage pour le bétail. Les ventes de produits forestiers non-ligneux devraient générer des revenus. Une pépinière vendra également des plantes forestières et des fruits, tels que des mangues, directement afin de collecter des fonds pour que l'association puisse mener ses activités de sensibilisation à la conservation de la forêt.

Ces activités et l'amélioration de la disponibilité des biens et services provenant des forêts bénéficieront aux 6 000 personnes qui vivent dans les villages voisins : Sikilo, Diogo, Pété, Médina Niasse, Niaghène Bambara, Médina Mounawara, Niaghène Wolof et Touba Keur Cheikh.



Photo 4 : Femmes Forestières, Kaffrine.
Caroline King-Okumu

Encadré 13 : Aspects économiques de l'agroforesterie à Lingurere

Sur une parcelle de six hectares, l'exploitant agricole protège ses plants de *Balanites aegyptiaca*, *Tamarindus indica*, *Faidherbia albida*, *Acacia radiana*, *Borassus aethiopum*, *Lawsonia inermis* et *Moringa oleifera*. En parallèle, il a planté 100 *Acacia senegal* et de nombreux arbres fruitiers (*Mangifera indica*, *Citrus maxima*, *Citrus limon*, *Cerasus vulgaris*, *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata* et *Ziziphus mauritiana* de la variété gola). Le champ est entouré d'une haie vive d'*Acacia mellifera*. Dans une autre partie de la parcelle, il pratique des rotations de culture : du millet, du maïs et de la jachère. Il cultive également de l'arachide et du niébé.

Parmi les coûts d'installation de la parcelle (Tableau 13), le système d'irrigation est le plus coûteux. Quant aux coûts d'entretien (Tableau 14), les coûts énergétiques sont les plus élevés, suivis par les coûts de l'eau.

Tableau 13 : Coûts (en dollars américains) et intrants nécessaires à l'installation d'une parcelle d'agroforesterie

| Intrant | Intrant spécifique | Unité | Quantité | Coûts à l'unité | Coûts totaux par intrant (dollars américains) |
|--|-------------------------------------|-------|----------|-----------------|---|
| Main-d'œuvre | Transport des plantes et des arbres | | 1 | 8 | 8 |
| Matériel de plantation | Plants | ha | 1 | 16 | 16 |
| Engrais et biocides | Biocides | ha | 1 | 12 | 12 |
| Autre | Eau | ha | 1 | 100 | 100 |
| Autre | Système d'irrigation | | 1 | 3 800 | 3 800 |
| Coûts totaux de l'installation de la technologie | | | | | 3 936 |

Tableau 14 : Coûts annuels (en dollars américains) et intrants nécessaires à l'entretien de la parcelle/aux activités récurrentes

| Intrant | Intrant spécifique | Unité | Quantité | Coûts à l'unité | Coûts totaux par intrant (dollars américains) |
|--|---------------------------|-------|----------|-----------------|---|
| Main-d'œuvre | Main-d'œuvre | ha | 1 | 93 | 93 |
| Équipement | Combustible et équipement | ha | 1 | 208 | 208 |
| Matériel de plantation | Plants | ha | 1 | 140 | 140 |
| Engrais et biocides | Biocides | ha | 1 | 32 | 32 |
| Engrais et biocides | Compost / fumier | ha | 1 | 85 | 85 |
| Autre | Eau | ha | 1 | 153 | 153 |
| Coûts totaux d'entretien de la technologie | | | | | 711 |

Source : Ndiaye (2017)

Des études précédentes ont démontré comment certaines des utilisations des arbres et des systèmes arboricoles identifiés peuvent être évalués et combinés dans le cadre d'une évaluation économique (cf. par exemple l'Encadré 14). Ces études démontrent qu'il est nécessaire de sélectionner un éventail réaliste de types de valeurs pour les inclure dans l'évaluation.

Nous avons tenté d'explorer les options d'évaluation des forêts ayant bénéficié des investissements d'adaptation du projet DFC (Encadré 15). Cette exploration préliminaire a été effectuée par un consultant externe. Des discussions et un ajustement de la part des acteurs et des parties prenantes locaux sont nécessaires, ce qui est inévitable.

Encadré 14 : Valeur combinée des différents produits forestiers

Une étude menée par Sanogo *et al.* (2014) dans les régions de Kaolack et de Fatick, voisines de Kaffrine, a permis une évaluation de la combinaison des biens et services provenant des zones forestières communales (Tableau 15). Cette évaluation se basait sur les valeurs du bois de chauffage, des fruits, du charbon, du fourrage et d'autres produits. Cette étude a estimé que les ménages vivant à proximité des zones forestières communales consommaient chaque année 10,4 m³ de bois de chauffage, 3,2 m³ d'autres types de bois et 313 kg de fruits, de feuilles, de foin, de fourrage, etc. Les contributions des forêts aux revenus des ménages en 2010 étaient

estimées à 46 000 FCFA par ménage (13 % des revenus des ménages) dans le village de Ndock Sare, et 279 000 FCFA par ménage (44 % des revenus des ménages) à Keur Niène.

Les arbres fruitiers sauvages comprenaient le *Balanites aegyptiaca*, le *Ziziphus mauritiana* et l'*Acacia nilotica*. Les produits sont évalués sur les marchés et utilisés pour générer des revenus pour les communautés. Cependant, la plus grande proportion des produits (estimée à environ 75 %) est utilisée comme complément alimentaire pour l'autoconsommation.

Tableau 15 : Valeurs des produits forestiers sélectionnés en se basant sur les cours des marchés locaux et internationaux

| | Quantités de production (kg/ha/an) | | Tarif moyen par kg (FCFA) | | Coûts de production par kg (FCFA) | |
|---------------------|------------------------------------|--------|---------------------------|--------|-----------------------------------|--------|
| | Site 1 | Site 2 | Site 1 | Site 2 | Site 1 | Site 2 |
| Carbone séquestré | 1 282 | 790 | - | - | - | - |
| Bois exploitable | 4 133 | 3 427 | 15 | 15 | - | - |
| Fruits exploitables | 1 200 | 113 | 200 | 200 | 25 | 25 |
| Charbon de bois | - | 2 945 | - | 80 | - | 18 |
| Miel | - | 28 | - | 2 700 | - | 500 |

Source : Sanogo *et al.* (2014)

Encadré 15 : Évaluation rapide des flux de bénéfices provenant des arbres des projets de reboisement

En se basant sur quatre interventions de reboisement financées par le projet DFC dans la région de Kaffrine, une évaluation rapide a été effectuée pour estimer la valeur des produits forestiers ligneux et non-ligneux (PFNL) pouvant être collectés et récoltés sur une période de 15 ans. Pour la plupart des espèces arboricoles, les rendements de bois, de combustible et de PFNL ne sont pas très importants lors des 5 premières années après la plantation des arbres, et l'accumulation des recettes est susceptible de prendre plus de temps. Par conséquent, tandis que les coûts d'investissement en reboisement sont immédiats, les bénéfices de services à l'écosystème prennent plus de temps à se matérialiser.

Les quatre projets de reboisement sont mis en œuvre sur un total de 82 hectares. Le bénéfice actuel issu du flux de revenus forestiers anticipé a été rapidement estimé dans l'ordre de 54,5 millions de FCFA, utilisant un coût modeste de capital de 2 % sur une période de 15 ans. En soustrayant les coûts d'investissement du projet, le bénéfice est supérieur à 7 millions de FCFA en termes de valeur actuelle nette (Tableau 16). Cependant, cette valeur est sous-estimée par rapport au bénéfice net réel parce que les données des parties prenantes locales sur la gamme complète des produits pouvant

être récoltés de manière durable à partir des différentes espèces arboricoles concernées par les interventions de reboisement n'ont pas pu être collectées à temps. De plus, d'autres bénéfices, tels que la création d'un habitat et la conservation des sols et de l'eau, n'ont pas été comptabilisés. Ces services ont une importance considérable pour l'économie régionale et la résilience aux extrêmes climatiques.

Enfin, la restauration des paysages forestiers est reconnue comme contribuant de manière significative à l'atténuation du changement climatique compte tenu de son potentiel de stockage du carbone. Les bénéfices globaux des activités de reboisement dans la région de Kaffrine ont été évalués en utilisant « le coût social du carbone », qui constitue un indicateur des dommages évités au niveau mondial dans le contexte de l'atténuation des émissions. La comptabilisation des émissions de GES de 118 110 millions de tonnes d'équivalents CO₂ supplémentaires séquestrés grâce aux interventions de reboisement génère des bénéfices sociaux nets nettement supérieurs. Si les dispositions institutionnelles adéquates étaient en place, par exemple sous forme d'un projet de marché volontaire du carbone, les parties prenantes locales pourraient bénéficier d'une partie de cette valeur.

Tableau 16 : Évaluations rapides en FCFA de la valeur actuelle nette (r = 2 %) de quatre interventions de reboisement dans la région de Kaffrine

| | Création de bois villageois à Dimal | Restauration de la forêt communautaire de Mbeuleup | Restauration des berges de l'affluent du fleuve Saloum à Keur Mboucki | Restauration de la forêt classée de Kaffrine | Total |
|---|-------------------------------------|--|---|--|---------------|
| Valeur actuelle des produits forestiers commercialisables | 17 079 690 | 14 560 720 | 5 587 180 | 6 417 660 | 54 641 375 |
| Coûts de réalisation du projet de VA | - 8 762 265 | - 6 917 780 | - 21 232 425 | - 10 099 030 | - 47 951 730 |
| Valeur nette actuelle | 7 247 720 | 6 223 055 | - 16 652 985 | - 4 313 103 | 7 629 875 |
| VNA incluant la séquestration du carbone | 865 331 880 | 563 512 760 | 311 290 410 | 269 565 495 | 2 009 700 550 |

Source : Préparée par Vanja Westerberg, consultante

6.3 Évaluation de la production et de la valeur agricoles

Afin d'évaluer la valeur de la production agricole, il est nécessaire de prendre en considération non seulement la valeur du produit final, mais également les coûts d'intrants fixes et variables (Fofana *et al.* 2017).

Dans cette section, nous évaluons comment attribuer une valeur aux biens et services publics de différents types de produits agricoles contribuant au bien-être humain dans le contexte de l'économie régionale.

6.3.1 Production des terres de parcours

Notre profil initial de la région (Section 3.1) ne prenait pas en considération la valeur de la production des terres de parcours. Après avoir déterminé le nombre d'animaux (tel que décrit à la Section 5), nous devons identifier les produits du bétail, les coûts d'intrants, les volumes et les prix de production.

Les principales sources de revenus des pasteurs de la région du Ferlo sont la viande (Hein *et al.*, 2009), suivie de la production de lait (Sutter 1987, Guerin *et al.* 1993). L'étude du portrait de famille du projet DFC à Kounghoul a confirmé que la vente de viande provenant du bétail était de la plus

haute importance pour le ménage (Tableau 17). La production de lait était considérée comme peu importante, et aucune valeur économique n'y était associée. Ces observations sont conformes à une observation selon laquelle le rôle de la production de lait et de l'agriculture a diminué au cours des dernières décennies dans le Ferlo, tandis que l'élevage du bétail pour la production de viande s'est intensifié (Adriansen 2006).

Un nombre croissant d'études se consacre à l'évaluation de la valeur économique totale de la production des terres de parcours au-delà du Ferlo (Davies 2007, Silvestri *et al.* 2013, McGahey *et al.* 2014, King-Okumu, Wasonga et Yimer 2015, Shine et Dunford 2016, Wasonga *et al.* 2016). Elles prennent en considération une large gamme de produits de bétail dans des systèmes de production intensifs et extensifs.

Les cours du bétail identifiés par le projet DFC en 2017 (Tableau 17) étaient en majeure partie similaires à la valeur moyenne de 24 750 UBT FCFA (Hein *et al.* 2009), mais sensiblement plus élevés que les prix de vente identifiés dans la comptabilité économique nationale pour l'agriculture en 2011 (Fofana *et al.* 2017). Dans la région du Ferlo, les cours du bétail tendent à baisser pendant les sécheresses, car les agriculteurs veulent vendre le bétail qu'ils ne peuvent pas nourrir. Par exemple, l'étude du portrait de famille du projet DFC a révélé qu'un ménage de Maodo Peulh était susceptible de vendre environ 5 vaches et 10 moutons pendant

Tableau 17 : Prix de vente du bétail à Maodo Peulh selon les saisons

| | Éventail de tarifs (FCFA) | |
|---------|---------------------------|---------------------|
| | Saison des pluies | Saison sèche |
| Bovins | (250 000 à 300 000) | (150 000 à 155 000) |
| moutons | (50 000 à 80 000) | (25 000 à 30 000) |
| chèvres | (35 000 à 25 000) | (20 000 à 15 000) |

Source : DFC Family Portrait Investigation (2017)

la saison sèche lorsque les stocks de vivres sont épuisés. Immédiatement après la sécheresse, les cours du bétail sont susceptibles d'augmenter considérablement quand les agriculteurs se réapprovisionnent (Turner et Williams 2002). De ce fait, les calculs de Hein *et al.* supposent que les cours chutent de 43 % pendant les années de sécheresse et qu'ils augmentent de 146 % pendant les deux années suivant une sécheresse.

En ce qui concerne les coûts d'élevage dans le nord du Sénégal, Hein *et al.* (2009) ont supposé que tous les coûts sont variables, relatifs aux apports en capital et en main-d'œuvre nécessaires au maintien du troupeau. Les coûts de capital par unité de bétail correspondent au taux d'intérêt réel local multiplié par le prix d'une unité de bétail. Ces coûts ont été calculés de la manière suivante :

$$0,16 \times 24\,750 = 3\,960 \text{ UBT FCFA}$$

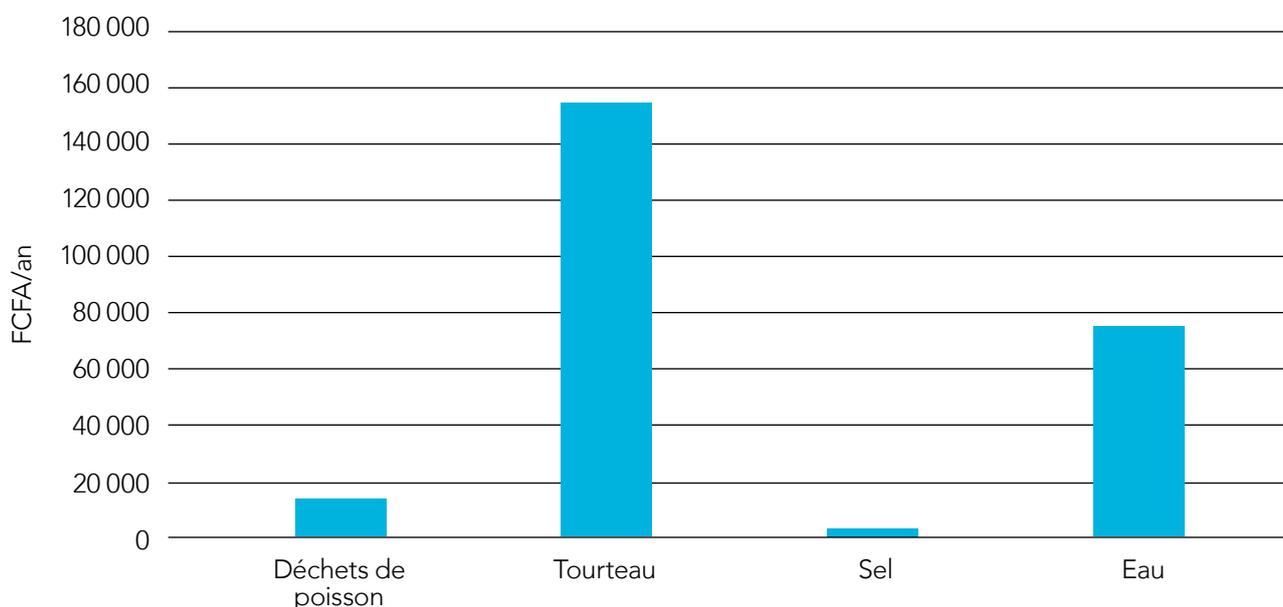
Les coûts de main-d'œuvre associés à l'élevage comprennent la main-d'œuvre des enfants qui jouent un rôle important dans la gestion des

troupeaux dans la région de Kaffrine lorsqu'ils ne sont pas à l'école. De plus, des ouvriers sont susceptibles d'être embauchés pour mener les troupeaux dans les pâturages. À Maodo Peulh, l'étude du portrait de famille du projet DFC a révélé que les ménages étaient susceptibles de payer un ouvrier environ 150 000 FCFA pour qu'il mène leurs troupeaux dans le nord au Djolof entre juillet et janvier. Il s'agit de 50 % de plus que l'estimation des coûts de main-d'œuvre (Hein *et al.* 2009).

Parmi les autres coûts variables importants de production du bétail dans la région de Kaffrine qui ont été indiqués dans l'étude du projet DFC, mais qui n'ont pas été considérés par l'étude précédente (Hein *et al.* 2009) se trouvent des compléments alimentaires pour animaux produits à partir de déchets de poisson, de blocs nutritionnels, de sel et d'eau, ce qui donne un coût variable annuel de 418 950 FCFA (Figure 14).

Le bétail doit être vacciné plusieurs fois par an. Dans le village de Maodo Peulh, un vétérinaire vient tous les ans en janvier à ses propres frais pour

Figure 14 : Dépenses des ménages dans des compléments alimentaires pour animaux et en eau pendant la saison sèche à Maodo Peulh



Source: Étude de portrait de famille du projet DFC (2017)

Encadré 16 : Comptabilisation de la production du bétail dans la région de Kaffrine (2011)

Les comptes économiques du bétail ont été élaborés en utilisant les informations et données du marché recueillies lors de l'Enquête de Suivi de la Pauvreté au Sénégal (ESPS) effectuée en 2011 par l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie. Cette enquête nationale a été effectuée pendant l'année agricole 2010/2011 dans les 14 régions administratives du Sénégal.

Les données de production du bétail de l'ESPS comprenaient, entre autres, le décompte des têtes de bétail par catégorie, la valeur de l'autoconsommation, la valeur des dons et des cadeaux, le montant généré par la vente des

produits du bétail, le coût total des produits et services vétérinaires, le coût des autres frais de fonctionnement relatifs au bétail, et les principales sources de financement des intrants du bétail. La production du bétail comprend l'autoconsommation (y compris les dons et les cadeaux), les ventes et les gains d'avoir ou la formation brute de capital fixe, par exemple du fait de l'engraissement des animaux. Les dépenses pour le bétail, comprennent les produits et services vétérinaires et les autres intrants de bétail.

Tableau 18 : Valeur de la production du bétail dans la région de Kaffrine (2011)

| type | Prix moyen au niveau national (FCFA) | Valeur du décompte (en millions de FCFA) | Valeur de la production (en millions de FCFA) | Taux des dépenses vétérinaires (en centaines de FCFA) | Autres taux de dépenses (en centaines de FCFA) |
|----------|--------------------------------------|--|---|---|--|
| bovins | 99 406 | 2 600 | 20,6 | 2,1 | 6,8 |
| chèvres | 12 987 | 43,8 | 6,1 | 0,7 | 3,6 |
| moutons | 20 944 | 110 | 9,3 | 9 | 27,3 |
| volaille | 1 578 | 5,9 | 0,8 | 2 | 4,4 |
| cochons | 13 113 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| chevaux | 123 960 | 103 | 0 | 0 | 0 |
| ânes | 12 517 | 6,7 | 62,9 | 266 | 800,8 |
| autres | 2 000 | 0,2 | 7,8 | 1 610,1 | 595,9 |
| TOUS | | 529,6 | 107,5 | | |

Source : Fofana et al. 2017

vacciner le bétail. Cependant, pour la deuxième et la troisième vaccinations, le ménage doit payer les frais de transport du vétérinaire (10 000 FCFA) et également les frais de vaccination (environ 300 FCFA par tête de bovins, chevaux et ânes et 50 FCFA pour les chèvres et les moutons). Si la deuxième et la troisième vaccinations sont effectuées en même temps, les coûts par tête reviennent malgré tout au double.

Ce montant doit être divisé par le nombre d'unités de bétail, puis ajouté au coût fixe et aux frais de vétérinaire pour obtenir le coût total de production par unité de bétail.

La valeur du bétail pour l'économie régionale peut être calculée en considérant la valeur de vente, moins les coûts fixes et variables de production. L'estimation peut être axée sur la valeur de l'ensemble du cheptel, plutôt que seulement sur les achats annuels.

Il est reconnu que la valeur de la production du bétail indiquée dans ces comptes est susceptible d'avoir été sous-estimée à cause de l'hypothèse selon laquelle le décompte des têtes de bétail reste stable au cours de l'année, alors qu'il est reconnu que ce n'est pas le cas.

6.3.2 Production de maraîchage

Pour le maraîchage, nous devons prendre en considération la superficie, le nombre de produits par hectare et le cours du marché du produit. Nous devons également prendre en considération les coûts des intrants, y compris la valeur de l'eau, des produits chimiques et de la main-d'œuvre.

Dans le cadre du projet DFC, les investissements d'adaptation dans le maraîchage proposés ont pour objectif d'améliorer les revenus des femmes.

Il existe des endroits où les communautés ont proposé d'effectuer des enquêtes sur les revenus générés. Cela permettra d'identifier les bénéfices pour les ménages. Cependant, afin d'identifier les retours économiques pour la société dans son ensemble, nous devrions également prendre en considération les effets potentiels sur l'environnement dans le sens large et sur la société. Les intrants de production exigent parfois de la société de faire des compromis, particulièrement lorsque les exigences en eau sont concurrentielles.

6.3.3 Autres cultures

Pour l'arachide et les autres cultures, les cours du marché sont disponibles auprès des bureaux de statistiques et dans les comptes économiques pour l'agriculture (Fofana *et al.* 2017, Sultan *et al.* 2010). Ces aspects de la valeur sont couramment pris en considération dans le profil et la planification économiques régionaux, tel qu'indiqué dans la Section 4. Cependant, il est important de se rappeler que les ménages de bergers Foulani cultivent également des produits tels que l'arachide et le niébé pour la consommation humaine et animale (Manoli *et al.* 2014). Par conséquent, le cours du marché (qu'ils ne paient pas) ne les concerne pas forcément. Les valeurs sont donc susceptibles d'être sous-estimées.

Une fois de plus, l'évaluation requiert la prise en considération du budget de production agricole, y compris les coûts des intrants, ainsi que la valeur des extrants. Il est également nécessaire non seulement de les prendre en considération financièrement du point de vue des exploitants individuels, mais également du point de vue des effets potentiels sur l'environnement et sur l'ensemble de la société.

7. Prévision des retours économiques futurs

Il est possible d'effectuer une projection du calcul de base des futurs retours sur investissements, soit dans un scénario d'adaptation unique, soit dans un scénario de développement régional, sur une période de planification donnée (par exemple, de 2015 à 2030). Ces données projetées fourniraient une évaluation *ex ante* des retours sur les investissements dans l'adaptation susceptible d'intéresser les décideurs régionaux, nationaux et internationaux. Les décideurs nationaux et internationaux pourraient être également intéressés d'utiliser l'évaluation pour comparer les retours sur les investissements potentiels dans l'adaptation dans la région de Kaffrine et sur l'ensemble du territoire du Ferlo avec les autres investissements dans l'adaptation dans d'autres lieux.

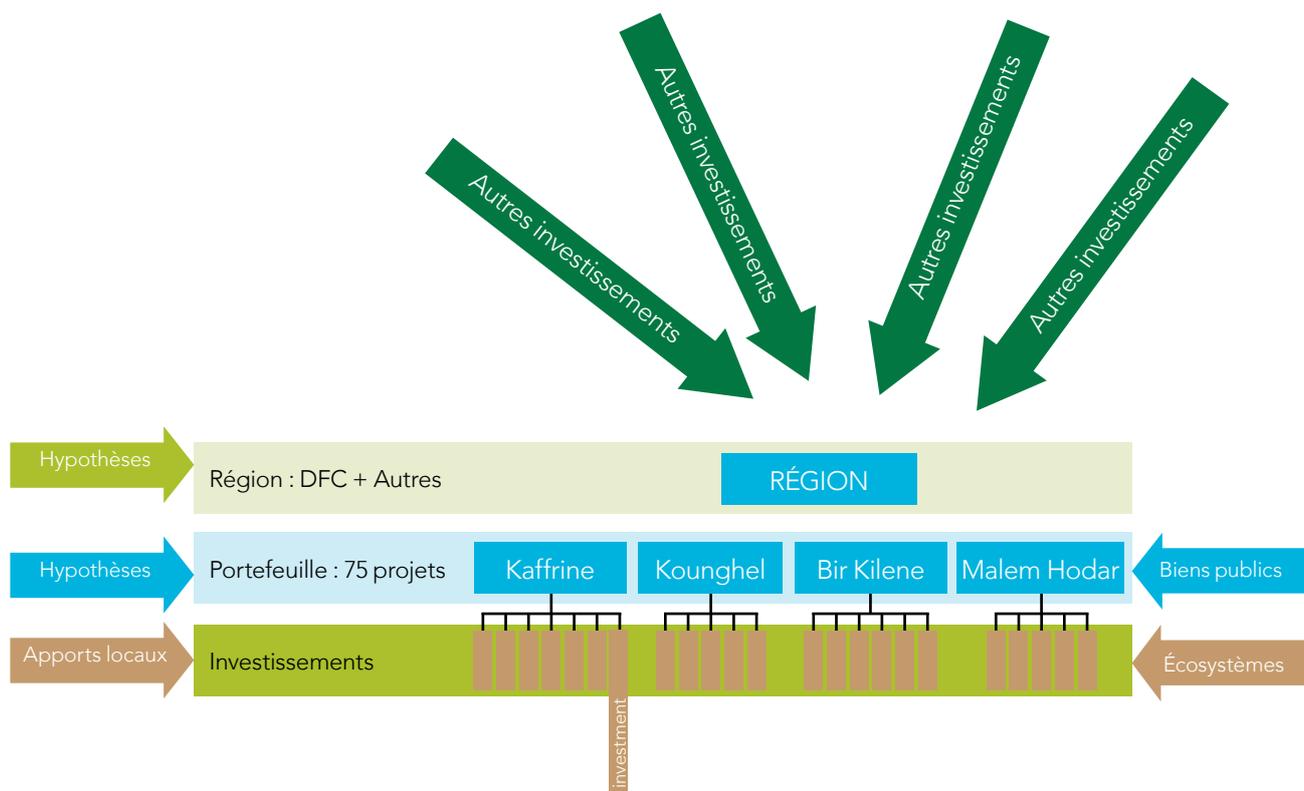
Les évaluations précédentes des retours sur les investissements dans l'adaptation au Sénégal concernaient l'horizon 2030 et au-delà (IBRD 2013a, IBRD 2013b). De telles évaluations ont été effectuées en utilisant les données du FMI sur la croissance économique. Cependant, nous proposons d'effectuer une projection simplifiée des bénéfices tirés des adaptations dans la région de Kaffrine, en se concentrant sur les effets des adaptations et en utilisant des hypothèses qualitatives uniquement relatives à l'économie régionale, plutôt que d'associer immédiatement nos scénarios économiques avec un modèle macro-économique particulier. En générant des données et des hypothèses relatives à l'économie régionale, nous fournirons des informations que les décideurs pourraient ensuite choisir de combiner

avec une méthode de modélisation macro-économique, s'ils le souhaitent.

Cette évaluation requerra l'identification de périodes qui correspondent au processus décisionnel de chacun des trois niveaux d'intérêt sélectionnés (régional, investissements individuels, portefeuille d'investissements) (Figure 15) et la projection des avantages potentiels. Les périodes de planification concernées s'étendent jusqu'en 2030. Cependant, les périodes d'un an et de cinq ans constituent également d'importants seuils pour que les parties prenantes locales puissent observer des bénéfices.

La déduction d'une partie de la valeur future sera également nécessaire. Bien que pratique courante pour l'évaluation économique, la sélection du taux d'actualisation fait souvent l'objet de débats. Les taux d'actualisation utilisés par le secteur public dans les pays en développement peuvent se situer autour de 10 à 12 % (Markandya et Halsnaes 2001). Cependant, des études environnementales précédentes ont donné la préférence à des taux d'actualisation plus faibles, entre 1 et 3 % (Jepsen 2003) pour une plus grande équité par rapport aux besoins des générations futures. Une évaluation du rendement des investissements à Kaffrine devrait utiliser les taux d'actualisation acceptables pour les décideurs économiques au Sénégal. Une analyse de sensibilité peut être utilisée pour examiner et discuter des effets du choix du taux d'actualisation sur les résultats finaux du calcul.

Figure 15 : Trois niveaux d'intérêt pour l'évaluation économique du projet DFC



Compte tenu du haut degré d'incertitude quant au moment, à la durée et à la magnitude des extrêmes et des catastrophes, une présentation probabiliste des retours anticipés sur investissements est souhaitable. Les techniques quantitatives de modélisation décrites à la Section 5 devraient pouvoir y contribuer et faire preuve de sensibilité aux extrêmes. Cependant, à chaque niveau, des hypothèses supplémentaires relatives aux effets non-biophysiques sont ajoutées (Figure 15). Ces hypothèses devraient initialement être identifiées de manière qualitative et discutées avec les parties prenantes par le biais d'une approche participative avant de tenter de les quantifier.

Discuter et clarifier les hypothèses avec les trois différents niveaux (investissements, portefeuille d'investissements, régional) et sur les différentes périodes peut être utile pour peindre un tableau plus complet de la valeur des retours sur investissements.

7.1 Prédiction de la valeur des retours au niveau des investissements individuels

Au niveau des investissements individuels, l'évaluation reflétera les considérations qui ont guidé la sélection et la conception du projet. Prendre en compte les calculs économiques effectués par les parties prenantes peut aider les décideurs nationaux et internationaux à comprendre la manière dont elles ont perçu les bénéfices escomptés. Un processus complémentaire au travail effectué auprès des parties prenantes locales consistant à faire le suivi et à évaluer la réussite de leurs investissements, sur le court et le plus long terme, peut permettre d'y parvenir.

Des complémentarités peuvent être anticipées entre les bénéfices pour l'économie et la société, et les bénéfices privés pour les membres vulnérables de la communauté. Le calcul de ces bénéfices est susceptible de refléter les coûts et les bénéfices des adaptations dans un format comparable à une version élargie des budgets des ménages, des exploitations agricoles ou des entreprises concernés.

Un éventail de coûts d'intrants et de valeurs d'extrants devra être identifié à ce niveau. Les intrants sont susceptibles de comprendre des intrants achetés et non-achetés. Les extrants sont susceptibles d'inclure des biens et des services ayant une valeur économique, mais également des externalités qui devraient être mises en balance avec la valeur de ces biens et services. Cela est important pour comprendre en profondeur le bénéfice final pour l'économie et la société dans son ensemble, et pas juste pour les bénéficiaires immédiats du projet.

Parmi ces intrants et ces externalités, les besoins et la disponibilité des ressources en eau sont particulièrement cruciaux et sensibles aux effets de la sécheresse. Négliger ce point peut s'avérer coûteux et entraîner inutilement une augmentation des risques auxquels les populations vulnérables sont exposées lors des extrêmes climatiques ou des catastrophes.

De simples feuilles de calcul Excel (p.ex. similaires à celles présentées dans Noleppa 2013) peuvent être utilisées pour calculer la valeur nette actuelle des bénéfices tirés des investissements dans l'adaptation. Leur conception et leur contenu varieront selon la nature des investissements et des retours anticipés (cf. section précédente). Ces bénéfices peuvent être résumés et comparés de manière quantitative (Tableau 19). Ces comparaisons quantifiées sont susceptibles, ou pas, de refléter les comparaisons qualitatives et les décisions prises lors du processus de sélection du projet.

Tableau 19 : Calcul du retour sur investissement

| | Coûts | Bénéfices pour l'année 1 | Bénéfices pour l'année 5 | Bénéfices pour l'année 10 | Bénéfices pour l'année 15 |
|------------------|-------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Investissement 1 | ff | ff | ff | ff | fff |
| Investissement 2 | ff | ff | ff | ff | fff |
| Investissement 3 | ff | ff | ff | ff | fff |
| Investissement 4 | ff | ff | ff | ff | fff |
| Investissement 5 | ff | ff | ff | ff | fff |
| Investissement 6 | ff | ff | ff | ff | fff |
| TOTAL | | | | | |

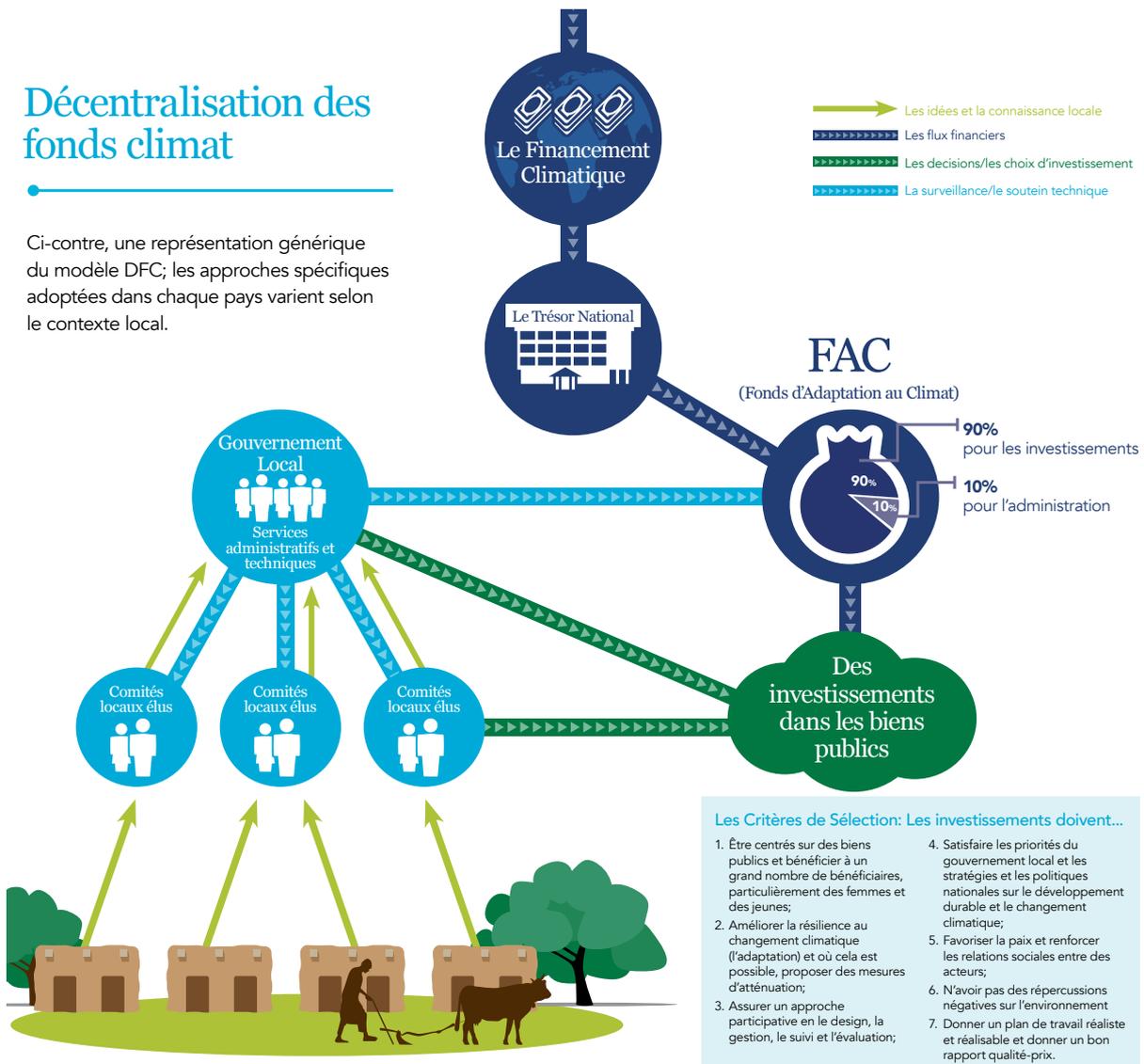
7.2 Prédiction de la valeur des retours au niveau du programme / du portefeuille d'investissements

Le projet DFC devra évaluer la valeur qu'il génère au niveau du portefeuille d'investissements, tout autant qu'à celui des projets individuels. Cette valeur comprendra l'agrégation de tous les bénéfices obtenus par le biais des projets individuels. Cette valeur est un concept essentiel du projet DFC (Figure 16). Cependant,

il est également nécessaire qu'une discussion stratégique ait lieu entre les parties prenantes du projet DFC sur les éventuels autres aspects de la valeur produite par le biais de l'approche décentralisée devant être prise en considération au niveau du portefeuille d'investissements :

- Les processus de priorisation de projets ont-ils fourni des informations stratégiques et contribué aux débats sur la planification régionale ?
- Ont-ils été documentés ?
- Fourniront-ils des informations intéressantes au niveau national concernant la planification des adaptations ?

Figure 16 : Concept de financement décentralisé de la lutte contre le changement climatique



Du point de vue d'un donateur, le bénéfice de l'évaluation au niveau du portefeuille d'investissements doit être mis en balance non seulement avec les coûts des investissements individuels, mais également avec les autres coûts associés à la mise en place du mécanisme de financement. Ces coûts incluent la préparation, la mise en place et le fonctionnement du programme, ainsi que le suivi, l'évaluation et l'intégration efficaces du programme afin d'en garantir la durabilité.

Les parties prenantes du projet sont également susceptibles de souhaiter discuter de la possibilité d'imaginer ou de modéliser une évaluation permettant de comparer un scénario « avec » et « sans » projet DFC, soit basée de manière rétrospective sur la durée de vie du projet, soit au préalable sur une ou des périodes dans l'avenir. Elle pourrait, par exemple, comprendre une seconde phase d'investissements sur une période de 5 ans. Et/ou des périodes plus longues après la réalisation des investissements.

Les effets multiplicateurs suivants pourraient garantir que le scénario d'adaptation décentralisée soit plus favorable que le scénario d'adaptation par le biais d'un système centralisé :

- (1) Un taux de réussite plus élevé de prévention des pertes lors d'une catastrophe
- (2) Un taux d'activité économique plus élevé du fait de la faiblesse des risques et de l'importance des retours sur investissement ; et
- (3) L'accroissement des synergies des cobénéfices sociaux, environnementaux et économiques.

La probabilité de la durabilité ou de la réplique des investissements priorités au niveau local, que ce soit par les parties prenantes locales ou par d'autres initiatives ou mécanismes de financement, est susceptible de devoir être prise en considération lors de cette évaluation. Les hypothèses relatives à ces effets pourraient être identifiées, expliquées et intégrées dans la présentation de scénarios alternatifs.

Il est possible que les investissements réalisés dans le cadre du financement décentralisé aient un taux de réussite plus élevé parce qu'ils

bénéficient de l'agrément des parties prenantes locales. Cependant, il sera probablement très difficile d'identifier un « témoin » comparable sous la forme d'un portefeuille similaire d'interventions mis en œuvre dans le cadre d'une approche non-décentralisée avec une transparence intégrale quant aux échecs.

7.3 Prévision de la valeur des retours au niveau régional

Dans la Section 4.3, nous avons identifié certaines lacunes des scénarios de planification au niveau régional et du profil économique de la région disponibles actuellement. Ces lacunes concernent particulièrement l'évaluation de la disponibilité des ressources en eau et des taux de prélèvement de l'eau, particulièrement lors des extrêmes et des catastrophes climatiques. Les investissements d'adaptation et autres investissements futurs sont susceptibles à la fois d'affecter et d'être affectés par la disponibilité et les utilisations futures de l'eau. L'élaboration de scénarios améliorés au niveau régional pourrait aider les planificateurs aux niveaux régional et national à mieux se préparer aux extrêmes et aux catastrophes climatiques. Explorer ces scénarios de planification avec les parties prenantes régionales aidera également l'équipe du projet à pondérer et à présenter l'évaluation des effets des investissements individuels.

Les documents et les théories du changement du projet DFC mettent déjà en lumière des complémentarités entre les investissements priorités par les communautés et les autres investissements continus au niveau régional. Ce niveau d'évaluation est important pour peindre un tableau plus complet de la raison pour laquelle des adaptations sont nécessaires, de la manière dont elles contribuent à l'accroissement de la résilience globale, et de leur valeur pour l'économie et la société.

Lors de l'évaluation au niveau régional, nous n'avons pas l'obligation de présenter une valeur imputable précisément et uniquement au projet DFC. Par exemple, d'importants investissements

ont été réalisés dans l'élevage dans l'ensemble de la région. Cependant, sans un programme de vaccination efficace, cette valeur pourrait se voir réduite. Si la communauté locale décide d'investir dans un programme de vaccination, la valeur de l'économie régionale augmentera et tout le monde en bénéficiera. Cependant, cette valeur est un produit combiné issu des investissements réalisés à différentes étapes par un éventail d'acteurs différents. L'imputation de la valeur générée aux différents investisseurs, tel que le requiert un projet ou l'évaluation au niveau du portefeuille d'investissements, est compliquée et artificielle.

Une évaluation économique complète au niveau régional est susceptible de démontrer des synergies entre les retours sur les investissements décentralisés dans les biens publics et ceux sur les investissements privés réalisés par les membres de la communauté. Elle est également susceptible de suggérer une réduction des dépenses

publiques dans les domaines de l'intervention en cas d'urgence et de l'assistance sociale. Cette évaluation illustrerait et constituerait un argument économique en faveur d'une approche décentralisée du financement de l'adaptation au changement climatique.

Les scénarios au niveau régional permettent également de prendre en considération des hypothèses supplémentaires. Par exemple, si un investissement réussi a été réalisé par le biais du projet DFC afin d'améliorer l'approvisionnement en eau dans un village ou d'installer un système de pompage solaire, quelle est la probabilité que ce succès soit répliqué dans le reste de la région ? Sur quel horizon temporel ? Les parties prenantes devraient considérer de manière qualitative la nature des hypothèses devant être prises en compte dans l'élaboration des scénarios futurs au niveau régional.

8. Au-delà de l'évaluation économique des retours sur investissement

Nous avons démontré qu'il existe des méthodes et des outils qui pourraient permettre une évaluation économique des retours sur les investissements dans l'adaptation priorisés au niveau local dans la région de Kaffrine, et peut-être également dans des contextes similaires. Cependant, il est très important de noter que l'évaluation économique demeurera partielle et ne permettra probablement pas de quantifier et d'évaluer la valeur de tous les bénéfices provenant des investissements dans l'adaptation. Par conséquent, il est essentiel de s'assurer que l'évaluation comprend également l'identification et la discussion des bénéfices qui échappent à la quantification et à l'évaluation économique (cf. exemples dans l'Encadré 17). Il peut s'agir, entre autres, de contributions cruciales à l'accroissement de la résilience par le biais de la création de capacités individuelles et institutionnelles, l'élaboration de normes et de bonnes pratiques, et l'encouragement de l'apprentissage sous formes variées.

La discussion et la documentation efficace de ces bénéfices qui ne sont pas inclus dans l'évaluation économique peuvent permettre de parvenir à deux résultats importants. Premièrement, les décideurs ne seront pas tentés de penser que l'évaluation est exhaustive. Cela éloignera la crainte (peu réaliste) que, si l'évaluation donne un résultat médiocre, les décideurs ne décident que les retours sur les investissements dans l'adaptation de la région de Kaffrine sont trop faibles pour mériter un examen de près.

Deuxièmement, dans les cas où les bénéfices provenant des investissements peuvent être identifiés, mais pas entièrement pris en considération lors d'une évaluation économique des retours sur investissement, une documentation

efficace de ces bénéfices est susceptible d'encourager la conduite de recherches approfondies. Ainsi, la discussion des lacunes ou des limites de la conception d'une évaluation donnée peut encourager la prise en compte des bénéfices économiques non-comptabilisés à l'avenir.

Encadré 17 : Bénéfices hors évaluation économique d'un système d'approvisionnement en eau à Missira Wadene

En plus des effets quantifiables sur la disponibilité et l'utilisation des ressources, les parties prenantes du DFC ont identifié les avantages sociaux suivants de l'investissement dans le système d'approvisionnement en eau :

- Renforcement des capacités de gestion
- Réduction de l'extraction excessive des puits
- Amélioration de la gestion des fontaines
- Augmentation du niveau de satisfaction des ménages quant à la gestion des fontaines
- Réduction des conflits
- Amélioration des conditions d'hygiène
- Réduction de la fréquence des maladies diarrhéiques
- Prolongation de la scolarité des filles
- Amélioration de la sécurité alimentaire

Ces avantages peuvent être plus difficiles à quantifier et à évaluer de façon définitive que les effets physiques sur les ressources naturelles.

9. Conclusion

Bien qu'il existe de nombreux défis liés à l'évaluation des retours sur les investissements dans l'adaptation, nous avons présenté une approche réaliste permettant de quantifier certains des retours directs et immédiats dans le contexte d'extrêmes et de catastrophes climatiques dans les zones arides. Ces mesures génériques pourraient être utilisées pour évaluer les retours des adaptations à la fois centralisées et décentralisées et pour appréhender les synergies potentielles entre les types d'adaptation.

Au moment de la rédaction de ce document, cette méthodologie d'évaluation des retours sur les investissements dans l'adaptation est en phase d'évaluation *ex ante* pilote dans le cadre du programme DFC du projet BRACED. À partir de 2018, le projet DFC pourrait entrer dans une seconde phase d'évaluation permettant éventuellement d'entamer le suivi des bénéfices issus des investissements dans l'adaptation et d'observer les effets tangibles sur le terrain au fur et à mesure qu'ils apparaissent. Cela nous permettrait de commencer à préparer une évaluation ex

post des retours sur investissement et de nous concentrer sur les bénéfices obtenus sur une période définie, par exemple d'un à cinq ans. Cela pourrait également intéresser les planificateurs régionaux, leur permettant d'effectuer une projection des retours sur une période plus longue, jusqu'à 2030 et au-delà.

Une fois les investissements dans l'adaptation achevés, l'évaluation économique quantitative des retours demeurerait partielle, car certains aspects de l'évaluation seront toujours qualitatifs. Cependant, nous anticipons qu'une évaluation de ces retours, même partielle, l'emportera probablement sur une évaluation ne prenant en compte que les investissements centralisés. Nous nous attendons également à observer une augmentation des complémentarités et des feedbacks se renforçant mutuellement entre les institutions locales consolidées, le système d'investissements décentralisés et le portefeuille plus large d'investissements publics et financés par des donateurs en vue du développement durable.

Bibliographie

- ADB. 2017. Guidelines for the economic analysis of projects. 170. Manilla : ADB.
- Adriansen, H. (2006) Continuity and change in pastoral livelihoods of Senegalese Fulani. *Agric Human Values*, 23, 215-229.
- Ba, C. O., J. Bishop, M. Deme, H. D. Diadiou, A. B. Dieng, O. Diop, P. A. Garzon, B. Gueye, M. Kebe, O. K. Ly, V. Ndiaye, C. M. Ndione, A. Sene, D. Thiam & I. A. Wade. 2006. The Economic Value of Wild Resources in Senegal : A preliminary evaluation of non-timber forest products, game and freshwater fisheries. 75. Gland, Switzerland : International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Bakhou, C. & M. Fall (2011) Sécurité alimentaire et augmentation durables des revenus des menages : la RNA au secours des producteurs à Kaffrine (senegal). *Agridape*, 27, 18-19.
- Bayala, J., J. Sanou, Z. Teklehaimanot, A. Kalinganire & S. Ouedraogo (2014) Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Curr Opin Environ Sustain*, 6, 28-34.
- Bayala, J., J. Sanou, Z. Teklehaimanot, S. J. Ouedraogo, A. Kalinganire, R. Coe & M. van Noordwijk (2015) Advances in knowledge of processes in soil-tree-crop interactions in parkland systems in the West African Sahel : A review *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 205, 25-35.
- Bayer, W. & A. Waters-Bayer. 1998. Forage husbandry. Wageningen : Technical centre for agricultural and rural cooperation. CTA.
- Bodian, A., A. Dezetter & H. Dacosta (2016) Rainfall-runoff modelling of water resources in the upper Senegal River basin. *International Journal of Water Resources Development*, 32, 89-101.
- Bojo, J. P. (1991) Economics and land degradation. *Ambio*, 20, 75-79.
- Bond, C. A., A. Strong, N. Burger & a. S. Weiland. 2017a. Guide to the Resilience Dividend Model. 43. Santa Monica, California, USA : RAND Corporation.
- Bond, C. A., A. Strong, N. Burger, S. Weiland, U. Saya & A. Chandra. 2017b. Resilience Dividend Valuation Model Framework Development and Initial Case Studies. 178. Santa Monica, California, USA : RAND Corporation.
- Boudet, G. 1975. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. In *Editions du Ministère de la Coopération, Paris*, 254. Googlebooks.
- Bradley, D. & A. Grainger (2004) Social resilience as a controlling influence on desertification in Senegal. *Land Degradation and Development*, 15, 451-470
- Brandt, M., C. Romankiewicz, R. Spiekermann & C. Samimi (2014) Environmental change in time series e An interdisciplinary study in the Sahel of Mali and Senegal. *Journal of Arid Environments*, 105, 52e63.
- Brandt, M., G. Tappan, A. A. Diouf, G. Beye, C. Mbow & R. Fensholt (2017) Woody vegetation die off and regeneration in response to rainfall variability in the west african sahel *Remote Sensing*, 9, 39.
- Breman, H. & N. de Ridder. 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Wageningen : ACCT-CTA-Karthala Editions. CTA.
- Bright, M. B. H., I. Diedhiou, R. Bayala, K. Assigbetse, L. Chapuis-Lardy, Y. Ndour & R. P. Dick (2017) Long-term Piliostigma reticulatum intercropping in the Sahel : Crop productivity, carbon sequestration, nutrient cycling, and soil quality *Agriculture, Ecosystems and Environment* 242, 9-22.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest : a primer. In *FAO Forestry paper No 134*. Rome : FAO.
- CCME. 2010. Document d'orientation technique sur la valeur de l'eau. In *ISBN 978-1-896997-93-3 PDF*, 140. Ottawa : Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement.
- Chambwera, M., C. Baulcomb, R. Lunduka, L. d. Bresser, A. Chaudhury, H. Wright, D. Loga & A. Dhakal. 2013. Stakeholder-focused cost-benefit analysis in the water sector : guidance report. 30. London : ILED.
- Chambwera, M., G. Heal, C. Dubeux, S. Hallegatte, L. Leclerc, A. Markandya, B. A. McCarl, R. Mechler & J. E. Neumann. 2014. Chapter 17 : Economics of Adaptation. In *Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A : Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]*, ed. IPCC, 33. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA : Cambridge University Press.

- Cissé, S., L. Eymard, C. Ottlé, J. A. Ndione, A. T. Gaye & F. Pinsard (2016) Rainfall intra-seasonal variability and vegetation growth in the Ferlo basin (Senegal). *Remote Sensing*, 8, 66.
- Cornforth, R. 2014. Project development report #7 : Climate Information Services in the Sahel : Mali and Senegal. 34. NEF/IIED/IED-Afrique Consortium July 2014.
- Cornforth, R. & I. M. Lélé. 2014. Project development report #6 : Analyses of Climatic Data Mali and Senegal. 46. NEF/IIED/IED-Afrique Consortium July 2014.
- Davies, J. 2007. Total Economic Valuation of Kenyan Pastoralism. Nairobi : World Initiative for Sustainable Pastoralism (WISP).
- De Leeuw, P. & J. Tothill. 1990. The concept of rangeland carrying capacity in Sub-Saharan Africa -myth or reality. In *Pastoral Development Network Paper 29*. London : Overseas Development Institute.
- Dendoncker, M., D. Ngom & C. Vincke (2015) Tree dynamics (1955-2012) and their uses in Senegal's Ferlo region : Insights from a historical vegetation database, local knowledge and field inventories *Bois et Forêts des Tropiques* 326, 25-41.
- DFC. 2017. Portrait de la famille de Demba Ndao. 36. Dakar : Projet DFC/IED Afrique.
- DGPRE. 2014. PAGIRE-BA – Étude d'évaluation et de suivi des ressources en eau de surface RAPPORT FINAL. 163. Dakar : Direction de la Gestion e Planification des Ressources en Eau.
- . 2016. Rapport phase pilote du processus de renseignement des indicateurs de l'ODD6 de l'initiative GEMI au Sénégal. 60. Dakar : Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, Direction de la Gestion et Planification des Ressources en Eau, FAO.
- Diakhaté, S., C. Villenave, N. H. Diallo, A. O. Ba, D. Djigal, D. Masse, P. M. Sembène & L. Chapuis-Lardy (2013) The influence of a shrub-based intercropping system on the soil nematofauna when growing millet in Senegal. *European Journal of Soil Biology* 57, 35-41.
- Diédhiou, I., D. Diallo, A. Mbengue, R. R. Hernandez, R. Bayala, R. Diémé, P. M. Diédhiou & A. Sène (2017) Allometric equations and carbon stocks in tree biomass of *Jatropha curcas* L. in Senegal's Peanut Basin *Global Ecology and Conservation*, 9, 61-69.
- Diéne, M., C. H. Kane, S. Faye, R. Malou & A. A. Tandia. 1999. Réévaluation des ressources d'un système aquifère profond sous contraintes physiques et chimiques : l'aquifère du Maastrichtien (Reassessment of deep aquifer system resources under physical and chemical constraints : the Maastrichtian aquifer). In *Proceedings Regional Aquifer Systems in Arid Zones – Managing non-renewable resources*, 82-92.
- Diouf, A. A., P. Hiernaux, M. Brandt, G. Faye, B. Djaby, M. B. Diop, J. A. Ndione & B. Tychon (2016) Do Agrometeorological Data Improve Optical Satellite-Based Estimations of the Herbaceous Yield in Sahelian Semi-Arid Ecosystems? *Remote Sensing*, 8, 2072-4292.
- ELD 2015. ELD Initiative: User Guide - A 6+1 step approach to assess the economics of land management. Bonn: ELD Initiative.
- FAO. 2010a. Atelier National de Cloture du Projet Lada Hôtel Ngor-Diarama, Dakar, 5-6 Octobre 2010 (FDR/LADA/10/18 du 07/09/2010) rapport final. 40. Rome: FAO.
- FAO 2010b. Evaluation des ressources forestieres mondiales - rapport national Senegal. 82. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Fofana, I., M. Tankari & F. Traore. 2017. Economic Accounts for Agriculture and Farm Income in Senegal. In *IFPRI Discussion Paper 01641 May 2017*, 44. Dakar : IFPRI.
- Gassman, P. W., M. R. Reyes, C. H. Green & J. G. Arnold. 2007. The Soil and Water Assessment Tool : Historical development, applications, and future research directions. 1211-1250. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Genesio, L., M. Bacci, C. Baron & A. D. V. B. Diarra, A. Alhassane, I. Hassane, et al. (2011) Early Warning Systems for Food Security in West Africa : Evolution, Achievements and Challenges. *Atmospheric Science Letters*, 12, 142-148.
- Gies, L., D. B. Agusdinata & V. Merwade (2014) Drought adaptation policy development and assessment in East Africa using hydrologic and system dynamics modeling. *Natural Hazards*, 74, 789-813.
- Guerin, H., D. Friot, N. D. Mbaye & D. Richard. 1993. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels Sahéliens et Sahelo-Soudaniens. In *Rapport # 39*, . Dakar, Sénégal : Institut Sénégalais de recherches agricoles.
- Gueye, S. 2005. Plan d'Aménagement et de Gestion sylvo-pastoral de la Forêt de Dankou. In *GTZ - Programme Promotion de l'Electrification Rurale et Approvisionnement en Combustibles Domestiques (PERACOD)*, 80. Ministère de l'Energie et des Mines, Ministère de l'Environnement, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Hein, L., M. J. Metzger & R. Leemans (2009) The local impacts of climate change in the Ferlo, Western Sahel. *Climatic Change*, 93, 465-483.
- Hesse, C., S. Anderson, L. Cotula, J. Skinner & C. Toulmin. 2013. Managing the Boom and Bust : Supporting Climate Resilient Livelihoods in the Sahel. 32. London : International Institute for Environment and Development.

- Hildreth, R. J. & M. E. Riewe (1963) Grazing production curves II : determining the economic optimum stocking rate. *Agron J*, 55, 367-369.
- Hutton, G. 2015. Benefits and costs of the water sanitation and hygiene targets for the post-2015 development agenda. Working paper as of 26 January, 2015. . In *Post-2015 Consensus*, 32. Copenhagen : Copenhagen Consensus Center.
- IBRD. 2010. Cost - Benefit Analysis in World Bank Projects. 80. Washington DC : World Bank.
- . 2013a. Economic and Spatial Study of the Vulnerability and Adaptation to Climate Change of Coastal Areas in Senegal, August 2013.
- . 2013b. Economic and Spatial Study of the Vulnerability and Adaptation to Climate Change of Coastal Areas in Senegal, Synthesis Report, Final Version, August 2013., 123.
- IFAD. 2016. The economic advantage : assessing the value of climate change actions in agriculture. In *Info Note*, 8. IFAD CIAT CCAFS.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013 : The Physical Science Basis.
- IREF. 2014. Inspection Régionale des Eaux et Forêts de Kaffrine Rapport Annuel 2014 68. Kaffrine : MEDD.
- Jepsen, M. R. (2003) Natural resource management in an ecological economics perspective - A modelling approach. *Geografisk Tidsskrift*, 103, 115-124
- Kane, C. H., M. Diene, M. Fall, B. Sarr & A. Thiam (2012) Reassessment of the Resources of a Deep Aquifer System under Physical and Chemical Constraints : The Maastrichtian Aquifer. *Journal of Water Resource and Protection*, 4, 217-223.
- Keita, A. & P. S. Koulibaly. 2016. Outils d'analyse de la résilience et planification locale sensible au changement climatique. 26. Syracuse : Near East Foundation.
- . 2017. Vers une planification locale sensible au changement climatique au Sénégal 26.
- King-Okumu, C. 2015. A framework to assess returns on investments in the dryland systems of Northern Kenya. IIED.
- King-Okumu, C. 2017. Adaptation to climate change : economic value and return on investments. 22. London : IIED/NEF.
- King-Okumu, C., O. V. Wasonga & E. Yimer. 2015. Pastoralism pays : new evidence from the Horn of Africa. In *Briefing 17312IIED* 4. London, UK : IIED.
- King, C. 2011. Report on Pilot Testing KM :Land Global Indicators of Impacts from Sustainable Land Management. 89. Hamilton, Ontario : United Nations University Institute for Water Environment and Health (UNU-INWEH).
- Koulibaly, P. 2017. Vers une planification locale sensible au changement climatique au Sénégal 4. Syracuse, USA : Near East Foundation.
- Krätli, S. & H. d. Jode. 2015. *Valuing variability New perspectives on climate resilient drylands development*. London : International Institute for Environment and Development.
- Lacaux, J. P., Y. M. Tourre, C. Vignolles, J. A. Ndione & M. Lafaye (2007) Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing : Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal *Remote Sensing of Environment* 106, 66-74
- Lafaye, M. (2013) Rift Valley fever dynamics in Senegal : a project for pro-active adaptation and improvement of livestock raising management. *Geospatial Health*, 8, 1970-7096.
- Lang, M., J. Wellens & B. Tychon. 2011. ArcSWAT manuel d'utilisateur Cas du bassin versant du Kou (Burkina Faso). 76.
- Le Houerou H. N. 1989. *The grazing land ecosystems of the African Sahel*. Berlin, Germany : Springer-Verlag.
- Le Houérou, H. N. (1984) RUE : a unifying concept in arid land ecology. *Journal of Arid Environments*, 7, 213-247.
- Le Houérou, H. N., R. L. Bingham & W. Skerbek (1988) Relationship between the variability of primary production and the variability of annual precipitation in world arid lands. *Journal of Arid Environments*, 15, 1-18.
- Lo, V. 2016. Synthesis report on experiences with ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction. 106. Montreal : Technical Series No. 85. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Loum, M., V. Viaud, Y. Fouad, H. Nicolas & C. Walter (2014) Retrospective and prospective dynamics of soil carbon sequestration in Sahelian agrosystems in Senegal *Journal of Arid Environments*, 100-101, 100-105
- Luedeling, E., A. L. Oord, B. Kiteme, S. Ogalleh, M. Malesu, K. D. Shepherd & J. D. Leeuw (2015) Fresh groundwater for Wajir—ex-ante assessment of uncertain benefits for multiple stakeholders in a water supply project in Northern Kenya. *Frontiers in Environmental Science*, 3, 1-18.
- Lunduka, R., M. Bezabih & A. Chaudhury. 2013. Stakeholder-focused cost-benefit analysis in the water sector - Synthesis report. 48. London : IIED.
- Manoli, C., V. Ancey, C. Corniaux, A. Ickowicz, B. Dedieu & C. H. Moulin (2014) How do pastoral families combine livestock herds with other livelihood security means to survive? The case of the Ferlo area in Senegal *Pastoralism : Research Policy and Practice*, 4, 3.

- Marechal, F., N. Ribeiro, M. Lafaye & A. Guell (2008) Satellite imaging and vector-borne diseases : the approach of the French National Space Agency (CNES). *Geospat Health*, 3.
- Markandya, A. & K. Halsnaes. 2001. Costing methodologies In *Climate change 2001 : Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*, eds. B. Metz, Davidson, R. Swart & J. Pan, 455-498. Cambridge University Press.
- McGahey, D., J. Davies, N. Hagelberg & R. Ouedraogo. 2014. Pastoralism and the Green Economy – a natural nexus? , 58. IUCN and UNEP.
- Miehe, S. 1997. Inventaire et suivi de la végétation dans le Périmètre expérimental à Widou-Thiengoly dans le cadre du projet Sénégal-Allemand d'autopromotion pastorale dans le Ferlo (PAPF). In *Rapport 1997*. Eschborn : GTZ.
- Miehe, S., J. Kluge, H. von Wehrden & V. Retzer (2010) Long-term degradation of Sahelian rangeland detected by 27 years of field study in Senegal. *Journal of Applied Ecology*, 47, 692-700
- Nachtergaele, F. & M. Petri. 2013. Mapping Land Use systems at global and regional scales for land degradation assessment In *Land Degradation Assessment in Drylands*, 83. Rome, Italy : FAO.
- Ndiaye, D. S. 2017. Agriculture Durable avec Peu d'Intrants Extérieures (ADPIE) [Senegal]. In *Recueil d'expériences de gestion durable des terres au Sénégal. (Best practices Senegal)*, 6. Berne : WOCAT.
- Ndione, J. A., J. P. Lacaux, Y. M. Tourre, C. Vignolles, D. Fontanaz & M. Lafaye (2009) Mares temporaires et risques sanitaires au Ferlo : contribution de la télédétection pour l'étude de la fièvre de la vallée du Rift entre août 2003 et janvier 2004. . *Sècheresse, John Libbey Eurotext, J Agro and Biotech, Science et changements planétaires*, 20.
- Noleppa, S. 2013. Economic approaches for assessing climate change adaptation options under uncertainty Excel tools for Cost-Benefit and Multi-Criteria Analysis. 27. Bonn : GIZ.
- Penning de Vries, F. & M. Djitéye. 1982. La Productivité des Pâturages Sahéliens, une Étude des Sols, des Végétations et de L'exploitation de Cette Ressources Naturelle. Wageningen : Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
- Ramarohetra, J. & B. Sultan (2017 in press) Impact of ET0 method on the simulation of historical and future crop yields : a case study of millet growth in Senegal. *International Journal of Climatology*
- RdS. 2013a. Plan Régional de Développement Intégré de Kaffrine - Avec l'appui du GIZ/PRODDDEL Tome 1 Bilan Diagnostique de la Region. 100. Republique du Senegal.
- . 2013b. Plan Régional de Développement Intégré de Kaffrine - Avec l'appui du GIZ/PRODDDEL Tome 2 orientations et strategies de developpement a l'horizon 2018. 61. Republique du Senegal.
- . 2014a. Plan Climat Territorial Intégré du Ferlo. 104. Dakar, Senegal: Programme TACC_novembre 2014, Republique du Senegal.
- . 2014b. Schema Regional d'Amenagement du Territoire de Kaffrine. 98. Conseil Regional, Kaffrine.
- . 2015a. Contribution prevue determinee au niveau national (CPDN). 19. Dakar, Senegal: Republique du Senegal.
- . 2015b. Inspection regionale des eaux et forets de Kaffrine rapport annuel 2014. 68. Dakar: Direction des Eaux, Forets, Chasses et de la Conservation des Sols, Ministere de l'Environnement et du Developpement Durable, Republique du Senegal.
- Ricome, A., F. Affholder, F. Gérard, B. Muller, C. Poeydebat, P. Quirion & M. Sall (2017) Are subsidies to weather-index insurance the best use of public funds? A bio-economic farm model applied to the Senegalese groundnut basin. *Agricultural Systems*, 156, 149-176.
- Rosenthal, A., K. Arkema, G. Verutes, N. Bood, D. Cantor, M. Fish, R. Griffin & M. Panuncio. 2013. Identification and Valuation of Adaptation Options in Coastal-Marine Ecosystems : Test case from Placencia, Belize. 80. The Natural Capital Project, Stanford University, World Wildlife Fund.
- Salack, S., B. Sultan, P. Oettli, B. Muller & F. Hourdin (2012) Representation of rainfall in regional climate models and application to millet yield estimations in Senegal I [Représentation de la pluie dans les modeles régionaux de climat et application à l'estimation des rendements du mil au Sénégal] *Science et Changements Planetaires - Secheresse*, 23, 14-23
- Sanogo, D., M. N'Diaye, M. Badji & S. A. Beye (2014) Optimizing the use of common resources in the groundnut basin of Sénégal : An ex-ante evaluation of plans and alternatives for sustainable management I [Optimisation de l'utilisation des ressources communes dans le bassin arachidier du Sénégal : Évaluation ex ante de plans et d'alternatives de gestion durable]. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 18, 339-352

- Sarr, O., S. Diatta, M. Gueye, P. M. Ndiaye, A. Guisse & L. E. Akpo (2013) Importance of woody fodder in an agro-pastoral system in Senegal (Western Africa) | [Importance des ligneux fourragers dans un système agropastoral au Sénégal (Afrique de l'ouest)] *Revue de Medecine Veterinaire*, 164, 2-8
- Sarraf, M., B. Larsen & M. Owaygen. 2004. Cost of environmental degradation - the case of Lebanon and Tunisia. In *Environmental Economics Paper Series no. 97*. Washington, DC : World Bank.
- Sartori, D., G. Catalano, M. Genco, C. Pancotti, E. Sirtori, S. Vignetti & C. D. Bo. 2015. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. 364. Brussels : European Commission.
- Séguis, L. & J.-C. Bader (1997) Surface runoff modelling related to seasonal vegetation cycles (millet, groundnut and fallow) in central Senegal | Modélisation du ruissellement en relation avec l'évolution saisonnière de la végétation (mil, arachide, jachère) au centre Sénégal. *Revue des Sciences de l'Eau*, 10, 419-438.
- Shine, T. & B. Dunford (2016) What value for pastoral livelihoods? An economic valuation of development alternatives for ephemeral wetlands in eastern Mauritania. *Pastoralism : Research Policy and Practice*, 6, 18.
- Shongwe, M., C. Lennard, B. Liebmann, E. Kalognomou, L. Ntsangwane & I. Pinto (2015) An evaluation of CORDEX regional climate models in simulating precipitation over Southern Africa. *Atmospheric Science Letters*, 16, 199-207.
- Sidibé, Y., M. Myint & V. Westerberg. 2014. An economic valuation of agroforestry and land restoration in the Kelka Forest, Mali. Assessing the socio-economic and environmental dimensions of land degradation. 42. Nairobi, Kenya : Economics of Land Degradation Initiative, International Union for Conservation of Nature.
- Siedenburg, J. 2016. Community-based Cost Benefit Analysis (CBCBA). Findings from DFID Kenya's Arid Lands Support Programme In *Evidence on Demand*, 62. London, UK : Landell Mills.
- Silvestri, S., L. Zaibet, Mohammed Yahya Said & S. C. Shem Chege Kifugo (2013) Valuing ecosystem services for conservation and development purposes : A case study from Kenya. *Environmental science & policy*, 31, 23-33
- Sonneveld, B. G. J. S., M. A. Keyzer & D. Ndiaye (2016) Quantifying the impact of land degradation on crop production : The case of Senegal. *Solid Earth*, 7, 93-103.
- Soti, V., C. Puech, D. Lo Seen, A. Bertran, C. Vignolles, B. Mondet6, N. Dessay & A. Tran (2010) The potential for remote sensing and hydrologic modelling to assess the spatio-temporal dynamics of ponds in the Ferlo Region (Senegal) *Hydrology and Earth System Sciences* 14, 1449-1464.
- SROI. 2012. A guide to the social return on investment. 110. London : The SROI Network, Nef.
- Stern, N. 2006. Stern Review : The Economics of Climate Change. 576. London, UK : HM Treasury.
- Sultan, B., B. Barbier, J. Fortilus, S. M. Mbaye & G. Leclerc (2010) Estimating the potential economic value of seasonal forecasts in West Africa : A long-term ex-ante assessment in Senegal *Weather, Climate, and Society*, 2, 69-87.
- Sutter, J. W. (1987) Cattle and inequality : herd size differences and pastoral production among the Fulani of North Eastern Senegal. *Africa*, 57, 196-218.
- TACC. 2013. Profil environnemental Région de Kaffrine. In *Programme TACC*, 46. Dakar.
- . 2014. Rapport d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques de la zone du Ferlo. 224.
- Tanner, T., J. Rentschler, S. Surminski, T. Mitchell, R. Mechler, E. Wilkinson, K. Peters, R. Reid, C. Brandon, S. Hallegatte, A. Rose, F. Vorhies, J. Baez, M. Bangalore & P. Singh. 2015. Unlocking the Triple Dividend of Resilience : Why investing in disaster risk management pays off. 24. London : ODI.
- TEEB. 2011. *TEEB Manual for Cities : Ecosystem Services in Urban Management*.
- Thébaud, B., H. Grell & S. Mieke. 1995. Recognising the effectiveness of traditional grazing practices : lessons from a controlled grazing experiment in northern Senegal. In *Paper No. 55*, 39. London : Drylands Programme, International Institute for Environment and Development.
- Tourre, Y. M., J. P. Lacaux, C. Vignolles & M. Lafaye (2009) Climate impacts on environmental risks evaluated from space : a conceptual approach to the case of Rift Valley Fever in Senegal. *Global Health Action*, 2.
- Tourre, Y. M., J. P. Lacaux, C. Vignolles, J. A. Ndione & M. Lafaye (2008) Mapping of zones potentially occupied by *Aedes vexans* and *Culex poicilipes*, the main vectors of Rift Valley fever. *Geospat Health*, 3.
- Trærup, S. & J. Stephan (2014) Technologies for adaptation to climate change. Examples from the agricultural and water sectors in Lebanon *Climatic Change*, 131, 435-449.

- Trail, P., O. Abaye, W. E. Thomason, T. L. Thompson, F. Gueye, I. Diedhiou, M. B. Diatta & A. Faye (2016) Evaluating intercropping (living cover) and mulching (desiccated cover) practices for increasing millet yields in Senegal *Agronomy Journal*, 108, 1742-1752
- Travi, y., P. Pizard & M. Betton (1996) Temperatures and thermal gradients in the Senegalese Maastrichtian aquifer : simulated test on their effect on flow discharge. *Journal of Hydrology* 187, 333-350.
- Turner, M. & T. Williams (2002) Livestock market dynamics and local vulnerabilities in the Sahel. *World Development*, 30, 683-705.
- UN. 2014. System of Environmental-Economic Accounting 2012 Central Framework. 378. UN, EU, FAO, IMF, OECD, WB.
- Unai Pascual & R. Muradian. 2010. Chapter 5 : The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. In *The Economics of Ecosystems and Biodiversity : The Ecological and Economic Foundations*. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB).
- UNFCCC. 2017. Adaptation planning, implementation and evaluation addressing ecosystems and areas such as water resources - Synthesis report by the secretariat. In *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice Forty-sixth session Bonn, 8-18 May 2017 Item 3 of the provisional agenda Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change*, 33. Bonn.
- Vardakoulis, O. & N. Nicholles. 2014. Managing uncertainty : an economic evaluation of community-based adaptation in Dakoro, Niger. 53. London : New Economics Foundation, CARE.
- Venton, C. C., C. Fitzgibbon, T. Shiterek, L. Coulter & O. Dooley. 2012. The Economics of Early Response and Disaster Resilience : Lessons from Kenya and Ethiopia. 84. DFID.
- Vermeulen, S., M. Richards, A. D. Pinto, D. Ferrarese, P. Läderach, L. Lan, M. Luckert, E. Mazzoli, L. Plant, R. Rinaldi, J. Stephenson & P. Watkiss. 2016. The economic advantage : assessing the value of climate change actions in agriculture : Economic evidence from research by IFAD, CGIAR and partners. IFAD & CGIAR.
- Vignolles, C., J. P. Lacaux, Y. M. Tourre, G. Bigeard, J. A. Ndione & M. Lafaye (2009) Rift Valley fever in a zone potentially occupied by *Aedes vexans* in Senegal : dynamics and risk mapping. *Geospat Health*, 3.
- Vignolles, C., Y. M. Tourre, O. Mora, L. Imanache & M. Lafaye (2010) TerraSar-X high-resolution radar remote sensing : an operational warning system for Rift Valley fever risk. *Geospat Health*, 5.
- Wasonga, O. V., J. Musembi, K. Rotich, I. Jarso & C. King-Okumu. 2016. Vegetation resources and their economic importance in Isiolo County, Kenya. 52. London : IIED.
- Watkiss, P., A. Hunt, W. Blyth & J. Dyszynski (2015) The use of new economic decision support tools for adaptation assessment : A review of methods and applications, towards guidance on applicability *Climatic Change*, 132, 401-416
- WLI. 2013. WLI Regional Knowledge Exchange Workshop on Decision-support Tools and Models 23-27 September, 2013, Djerba, Tunisia. 59. Amman, Jordan : ICARDA.

Annexe

Liste des projets DFC mis en place dans la région de Kaffrine (2016-2017)

| Département : Malème Hodor | | | |
|----------------------------|--|-------------------------------|--|
| Commune/ Arrondissement | Village(s) | Promoteur | Titre |
| Darou Minam II | Diaga K. Serigne | Commune de Darou Minam 2 | Construction d'un magasin céréalier (Diaga K. Serigne) |
| | Madina Mbaye | Commune de Darou Minam 2 | Construction d'un magasin céréalier (Madina Mbaye) |
| Sagna | Touba Ngeuyene | Commune de Sagna | Construction d'un magasin céréalier (Touba Ngeuyene) |
| | Tobene | Commune de Sagna | Construction d'un magasin céréalier (Tobene) |
| | Thiong | Commune de Sagna | Adduction d'eau potable dans le village de Thiong |
| Malème Hodor | Taiba Badianene | Commune de Malem Hodar | Mur de clôture d'école Taiba Badianene / Amélioration de l'environnement scolaire de l'école Taiba Badianene |
| | Malème Hodor | Commune de Malem Hodar | Agriculture Biologique et de Reboisement / Projet intégré de Maraichage et Arboriculture biologiques |
| | Delby, Mbacouma, Léwé, Tawa Keur, El Hadji | ASBL Malem Auder | Reboisement de Naatal école et potagers, maraichage écologique (Delby, Mbacouma, Léwé, Tawa Keur, El Hadji) |
| Ndioum Gainth | Khour Loumbi | Commune de Ndioum Gainth | Construction d'un parc à vaccination (Khour Loumbi) |
| | Thioyi Ndioum | Commune de Ndioum Gainth | Construction d'un magasin céréalier (Thioyi Ndioum) |
| | Darou Niang | Commune de Ndioum Gainth | Construction d'un magasin céréalier (Darou Niang) |
| Ndiobène Sama Lamo | Ndiobène S. Lamo | Commune de Ndiobène Sama Lamo | Parc de vaccination (Ndiobène S. Lamo) |
| | Paffa | Commune de Ndiobène Sama Lamo | Construction d'un magasin céréalier (Paffa) |
| | Sainthe Abass | Commune Ndiobène Sama Lamo | Moulin à mil multifonctionnel / Mise en place d'une unité de transformation céréalière dans le village de Sainthe Abass |
| | Ndiobène Sama Lamo | Commune Ndiobène Sama Lamo | Moulin à mil multifonctionnel / Mise en place d'une unité de transformation céréalière dans le village de Ndiobène sama Lamo |
| | Pafa | Commune Ndiobène Sama Lamo | Moulin à mil multifonctionnel / Mise en place d'une unité de transformation céréalière dans le village de Pafa |

| Département : Malème Hodor | | | |
|-----------------------------|--|---------------------------------------|---|
| Commune/ Arrondissement | Village(s) | Promoteur | Titre |
| Dianké Souf | Navarene | Commune de Dianké Souf | Construction d'un magasin céréalier (Navarene) |
| | Touba Mbayene | Commune de Dianké Souf | Construction d'un magasin céréalier (Touba Mbayene) |
| | Mbabanène Bodé et Hamdalaye | Commune Dianké Souf | Adduction d'eau potable |
| | Bouleyda | Commune Dianké Souf | Mise en place d'une unité de transformation céréalière avec abris / Mise en place d'un moulin à mil avec abris dans le village Bouleyda |
| Khelcom | Touba Khelcom | Commune de Khelcom | Construction d'un parc de vaccination avec un abreuvoir |
| | Ndindi | Commune de Khelcom | Construction d'un parc de vaccination avec un abreuvoir |
| Département (trans-commune) | Ndioum Gainth, Ndiobène Samba Lama, Dianké, Darou Minam II | Conseil départemental de Malème Hodor | Promotion de la Régénération naturelle assistée (Ndioum Gainth, Ndiobène Samba Lama, Dianké, Darou Minam II) |

| Département : Birkilane | | | |
|----------------------------|---|-------------------------|--|
| Commune/ Arrondissement | Village(s) | Promoteur | Titre |
| Touba Mbella | Touba Mbella | Commune de Touba Mbella | Construction de latrine au CEM de Touba Mbella |
| | Bossolèle | Commune Touba Mbella | Redynamisation d'une Unité de Transformation de Produits Locaux |
| Segré Gatta | Keur Sette Awa | Commune de Segré Gatta | Construction d'un magasin céréalier |
| Mabo | Koumpeul Wolof | Commune de Mabo | Construction d'un magasin céréalier |
| | Sine Madamel | Commune de Mabo | Construction d'un magasin céréalier |
| Keur Mboucky | Keur Mboucky | Commune de Keur Mboucky | Reboisement et restauration des berges |
| | Keur Mboucky | Commune de Keur Mboucky | Construction d'un foyer des femmes |
| Diamal | Diamal, Gama, Ngordjilene Mouride, et Korky Bambara | Commune de Diamal | Création de bois villageois |
| | Logol | Commune Diamal | Construction de mur de clôture d'un bloc administratif et d'aménagement de jardin d'école et d'aire de jeux / Amélioration de l'environnement scolaire de l'école de Logol |

| Département : Birkilane | | | |
|----------------------------|---------------------------|----------------------|--|
| Commune/ Arrondissement | Village(s) | Promoteur | Titre |
| Mbeuleup | Mbeuleup | Commune de Mbeuleup | Création et restauration des réserves forestières |
| | Ndiaguène | Commune Mbeuleup | Construction de mur de clôture d'école / Amélioration de l'environnement scolaire de l'école de l'école de Ndiaguene |
| | Mbeuleup | Commune Mbeuleup | Extension de réseau d'adductions d'eau potable |
| Ndiognick | Mboukhoumé et Keur Goumbo | Commune Ndiognick | Adductions d'eau potable / Projet Extension du réseau d'eau dans le village de Mboukhoumé et Gogdji Keur Serigne Fana |
| | Thianta | Commune Ndiognick | Construction de mur de clôture d'école / Amélioration de l'environnement scolaire de l'école de l'école de Thianta |
| Birkelane | Birkelane | Commune Birkelane | Birkelane ville propre et verte / Projet d'amélioration de l'hygiène, de l'assainissement et de l'environnement de la commune de Birkelane |
| | Birkelane | Commune de Birkelane | Projet de jardin potager intégrer au verger des femmes |

| Département : Kaffrine | | | |
|----------------------------|-----------------|---------------------------------------|--|
| Commune/ Arrondissement | Village(s) | Promoteur | Titre |
| Kathiotte | Kathiotte | Commune de Kathiotte | Construction d'un parc à vaccination (village de Kathiotte) |
| | Kathiotte | Commune de Kathiotte | Acquisition d'une unité de transformation de produits agro industriels / Projet de construction et d'équipement d'une unité de transformation de produits céréaliers |
| Nganda | Nganda | Commune de Nganda | Construction d'un parc à vaccination (village de Nganda) |
| | Nganda | Commune de Nganda | Equipement foyer de la femme / Projet de renforcement des moyens de production et de transformation des produits |
| | Nganda | Commune de Nganda | Réhabilitation foyer des jeunes / Adduction d'eau potable |
| Diockoul Mbelbouck | Darou Mandakh | Commune de Diockoul Mbelbouck (pt. 1) | Construction de parc à vaccination (villages de Darou Mandakh) |
| | Missirah Tobene | Commune de Diockoul Mbelbouck (pt. 2) | Construction de parc à vaccination (villages de et Missirah Tobene) |
| | Mara | Commune de Diockoul Mbelbouck | Construction d'un magasin de stockage (village de Mara) |

| Département : Kaffrine | | | |
|-----------------------------|---|---|---|
| Commune/ Arrondissement | Village(s) | Promoteur | Titre |
| Médinatou Salam II | Kelimane Gouye | Commune de Médinatou Salam II | Construction d'un magasin céréalier (village de Kelimane Gouye) |
| | Coly Peulh, Panthiang 3, et Panthiang Louma | Commune de Médinatou Salam II | Adduction d'eau potable |
| Kahi | Kaffrine | Assc des femmes forestières de Kaffrine | Restauration de la forêt classée de Kaffrine |
| | Kahi et Haffé Tidiane | Commune de Kahi | Construction de mur de clôture d'écoles / Amélioration de l'environnement scolaire de l'école de Kahi et Haffé Tidiane |
| Boulel | Boulel | Commune de Boulel | Projet d'amélioration de l'hygiène, de l'assainissement et de l'environnement de la commune de Boulel Ville Propre |
| Diamagadio | Wintinckou | Commune de Diamagadio | Extension du réseau d'adduction d'eau potable vers le village de Wintinckou |
| Kaffrine | Kaffrine | Commune de Kaffrine | Construction de mur de clôture d'école / Amélioration de l'environnement scolaire de l'école de l'école VIII de Pèye |
| Gniby | Gniby | Commune de Gniby | Amélioration de la résilience des exploitations familiales / Projet d'amélioration de l'aviculture villageoise et de l'élevage ovin |
| Département (trans-commune) | Kaffrine | Conseil départemental | Recyclage et de valorisation des déchets plastiques et composite / Amélioration de l'hygiène et de l'assainissement dans la commune de kaffrine |
| | Kheindé | Conseil départemental | Electrification solaire dans 1 village de la commune |
| | Touba Keur Cheikh | Conseil départemental | Electrification solaire d'une poste de santé de la commune |
| | Kaffrine | Conseil départemental | Construction d'un bloc de 3 salles de Classe CEM 1 et 2 commune Kaffrine / Amélioration de l'environnement scolaire de l'école CEM Babacar Cobar NDAO de Kaffrine |

| Département : Kougheul | | | |
|-----------------------------|---|------------------------|--|
| Commune/ Arrondissement | Village(s) | Promoteur | Titre |
| Ida Mouride | Ida Mouride | Commune Ida Mouride | Création, de délimitation et de bornage des parcours de bétail |
| | | Commune Ida Mouride | Construction banque céréalière |
| Fass Thiéckéne | Médina Panthiang | Commune Fass Thiéckéne | Adduction d'eau village Médina Panthiang |
| Maka Yopp | Nguerane, Fass Peulh, Kairawane Ndiayene, et Médina Thiéckène | Commune Maka Yopp | Approvisionnement en Eau potable |
| Saly Escale | Keur Bara | Commune Saly Escale | Banque Céréalière à Keur Bara |
| | Koumbidia Socé | Commune de Saly Escale | Périmètre maraîcher |
| Ribot Escale | Boky Dior | Commune Ribot Escale | Construction d'un parc à vaccination |
| | Maodo Peulh | Commune Ribot Escale | Construction d'un parc à vaccination |
| | Commune de Ribot | Commune Ribot Escale | Construction d'un parcours de bétail |
| Kougheul | Kougheul | Commune de Kougheul | Transformation des produits locaux |
| | Kougheul | Commune de Kougheul | Gestion des déchets |
| Gaint Pathé | Ndiolkhos | Commune Gaint Pathé | Maraichage et construction d'un magasin céréalier |
| Missira Wadène | Banjul Banta | Commune Missira Wadène | Adduction d'eau potable |
| Lours Escale | Nioro Kéba | Commune de Lour Escale | Fonçage de puits et équipement solaire |
| | Ndiayène Lour | Commune de Lour Escale | Adduction d'eau potable |
| Département (trans-commune) | Gaint Pathé | Conseil départemental | Construction d'un mur de clôture au collège de Gaint Pathé / Amélioration de l'environnement scolaire du collège de Gainth Pathé |

Organisations



Near East Foundation (NEF)

Depuis plus de 30 ans, la NEF développe des approches de type communautaire et durable pour la gestion des forêts, de la pêche, des pâturages et des terres agricoles au Mali. Depuis son bureau principal à Sévaré, l'équipe de la NEF, composée d'environ 40 professionnels, s'efforce de mettre en oeuvre des programmes communautaires multisectoriels. La gestion des projets et la surveillance de la gouvernance sont assurées depuis le siège de la NEF à Syracuse (États-Unis).



Innovation, Environnement, Développement (IED Afrique)

IED Afrique est une organisation indépendante à but non lucratif basée au Sénégal. Elle s'appuie sur une expérience de plus de 20 ans dans les pays d'Afrique de l'Ouest francophone et intervient sur les problématiques du développement durable et de citoyenneté en Afrique. L'organisation met l'accent sur les innovations méthodologiques et participatives.



International Institute for Environment and Development (IIED)

IIED est une organisation de recherche action et de politique qui promeut le développement durable en vue d'améliorer les économies locales et de protéger l'environnement sur lequel elles s'appuient. IIED est basée à Londres et travaille en Afrique, en Asie, en Amérique latine, au Moyen-Orient et dans le Pacifique.

Publié par Near East Foundation, décembre 2017

King-Okumu et al. (2017) Évaluation économique des bénéfices tirés des investissements dans l'adaptation: Note méthodologique sur l'évaluation économique des retours sur les investissements dans l'adaptation aux extrêmes et aux catastrophes climatiques déterminés au niveau local dans la région de Kaffrine au Sénégal, NEF, New York, www.near-east.org/download/materials_center/EV_Senegal_Working_Paper_Fr.pdf

Near East Foundation
110 W. Fayette Street, Suite 710
Syracuse, New York 13202 USA

Imprimé sur du papier recyclé à base d'encre végétale.

Décentralisation des fonds climat (DFC)

La Décentralisation des fonds climats (DFC) est un projet de recherche-action et de plaidoyer qui appuie les populations locales au Mali et au Sénégal afin qu'elles deviennent plus résilientes au changement climatique grâce à des fonds d'adaptation localement contrôlés. Le projet fait partie du programme BRACED, financé par le gouvernement du Royaume-Uni, et est mis en oeuvre par la Near East Foundation (NEF) avec Innovation, Environnement et Développement en Afrique (IED Afrique) et l'Institut International pour l'Environnement et le Développement (IIED).

Pour en savoir plus :

Les enseignements et données d'expérience du projet sont présentés dans plusieurs publications disponibles en ligne à l'adresse :

www.neareast.org/braced

Lectures complémentaires :

Evaluer la résilience : Concilier les connaissances endogènes et la planification locale – Policy Brief
www.neareast.org/download/materials_center/DCF_Policy_Brief_Fr.pdf

Décentralisation des fonds d'adaptation au climat au Mali – Fiche d'information
www.neareast.org/download/materials_center/Decentralisation-Mali-French.pdf

Décentralisation des fonds d'adaptation au climat au Sénégal – Fiche d'information
www.neareast.org/download/materials_center/Decentralising-Senegal-French.pdf

Climate adaptation funds – Backgrounder (en anglais)
<http://pubs.iied.org/17341IIED/>

Managing the boom and bust: supporting climate resilient livelihoods in the Sahel – Issue Paper (en anglais)
<http://pubs.iied.org/11503IIED/>

Tracking Adaptation and Measuring Development: a step-by-step guide – Toolkit (en anglais)
<http://pubs.iied.org/10100IIED/>

Rethinking cost/benefit assessments of decentralised investments in resilience building
<http://braced-rx.org/stories/#story-6>

Adaptation to climate change: economic value and return on investments
http://www.neareast.org/download/materials_center/DCF_Literature_Review_En.pdf

Pour toutes les publications sur le projet DFC, veuillez consulter : www.neareast.org/resources/#braced

Near East Foundation, 110 W. Fayette Street, Suite 710
Syracuse, New York 13202 USA

 +1 315-428-8670  info@neareast.org  www.neareast.org

Décembre 2017

Document
de Travail



Ce document a été financé par le département d'aide du gouvernement britannique (UK aid) ; cependant les points de vue exprimés ne reflètent pas nécessairement les politiques officielles de celui-ci.