

Travail de fin d'études

Auteur : Kane, Amadou Hamidine

Promoteur(s) : Wellens, Joost; Mohamed Sallah, Abdoul-Hamid

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes

Année académique : 2018-2019

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/8238>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Faculté des Sciences

Département des Sciences et Gestion de l'Environnement

Année académique 2018-2019

**ANALYSE DU RÔLE DE L'ASSURANCE DANS LA RÉSILIENCE DES
POPULATIONS VULNÉRABLES AUX CHOCS CLIMATIQUES ET À
L'INSÉCURITÉ ALIMENTAIRE : CAS DE LA RÉGION DE FATICK
AU SÉNÉGAL**

Amadou Hamidine KANE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master de Spécialisation en Gestion des Risques et des Catastrophes

Promoteur: Joost WELLENS,

Co-promoteur: Abdoul-Hamid MOHAMED-SALLAH,

Comité de lecture : Marie LANG,

Julie HERMESSE

Année académique 2018-2019

Faculté des Sciences

Département des Sciences et Gestion de l'Environnement

Année académique 2018-2019

**ANALYSE DU RÔLE DE L'ASSURANCE DANS LA RÉSILIENCE DES
POPULATIONS VULNÉRABLES AUX CHOCS CLIMATIQUES ET À
L'INSÉCURITÉ ALIMENTAIRE : CAS DE LA RÉGION DE FATICK
AU SÉNÉGAL**

Amadou Hamidine KANE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master de Spécialisation en Gestion des Risques et des Catastrophes

Promoteur: Joost WELLENS,

Co-promoteur: Abdoul-Hamid MOHAMED-SALLAH,

Comité de lecture : Marie LANG,

Julie HERMESSE

Année académique 2018-2019

Le présent document n'engage que son auteur.

Contact de l'auteur : hamidinekane@gmail.com

Remerciements

Mes remerciements vont d'abord à l'endroit du Professeur Joost Wellens, promoteur de ce travail, pour ses conseils avisés et ses orientations au cours de la recherche.

Mes remerciements également à M. Abdoul Hamid Mohamed Sallah, co-promoteur de ce mémoire, pour sa disponibilité et sa contribution inestimable.

Je remercie aussi Dr Abdoul Aziz Diouf pour son appui technique et M. Pierre Sibiry Traoré.

Je tiens à exprimer ma gratitude à M. Pierre Ozer, coordonnateur du Master de Spécialisation en Gestion des Risques et des Catastrophes et à l'ensemble du corps enseignant pour les connaissances acquises au cours de cette formation.

J'adresse mes sincères remerciements au Professeur Bernard Tychon.

Merci à Enabel Sénégal et au PARERBA pour m'avoir accueilli en leur sein au cours de mon stage pratique.

Résumé

La gestion des risques agricoles constitue une préoccupation majeure dans le monde rural sénégalais. La région de Fatick est de plus en plus exposée aux phénomènes climatiques qui entravent durablement le bien-être des populations paysannes. Les stratégies traditionnelles de gestion des risques ne permettent pas toujours aux ménages ruraux de faire face aux chocs climatiques et aux risques d'insécurité alimentaire. Ces ménages sont vulnérables aux phénomènes tels que les sécheresses et inondations et leur capacité de résilience pour absorber les différents aléas demeurent faibles en raison d'un contexte socio-économique marqué par la paupérisation croissante de ces couches vulnérables.

Dès lors, une réflexion poussée sur les stratégies de résilience des populations vulnérables aux conséquences du changement climatique et à l'insécurité alimentaire conduit à s'intéresser plus particulièrement au dispositif d'assurance. L'assurance, en tant que mode de gestion des risques, peut être mise à contribution afin de pallier aux insuffisances des modes classiques de gestion des risques agricoles. L'assurance permet par le paiement d'une prime le versement d'une prestation financière en cas de réalisation d'évènements susceptibles d'induire des pertes pour les petits producteurs. En ce sens elle peut valablement contribuer au renforcement des capacités locales d'adaptation des populations rurales.

Au Sénégal, le système d'assurance agricole est expérimenté depuis 2008 avec cependant des résultats mitigés.

Les modèles sur lesquels reposent les produits proposés par les assureurs ne cadrent pas tout à fait avec les besoins exprimés par les groupes cibles. Les risques agricoles répertoriés sont nombreux et ne sont pas tous pris en charge par l'assurance. Des simulations réalisées à partir des données de rendement de cultures ont permis de prendre en compte des facteurs de perte de production non pris en compte par l'assureur et de les intégrer dans un système d'assurance. En effet, le recours, d'une part, à des modèles de bilan hydrique réalisés sur AMS permet de mieux comprendre l'évolution des cultures du mil, de l'arachide et du sorgho en tenant compte de leurs caractéristiques particulières et, d'autre part, à des indices de végétation obtenus par la télédétection renforce la compréhension sur les évolutions de rendement.

Plusieurs modèles, de rendement ont été développés et testés dans les zones d'études pour les cultures retenues avec des indicateurs statistiques performants (coefficient de détermination, erreur de prédiction). L'analyse des modèles de rendement a permis de définir des produits d'assurance pour les cultures concernées par la détermination des capitaux garantis, des primes à payer par les exploitants et le calcul des indemnités en cas de survenance des évènements assurés. L'accessibilité de l'assurance à ses destinataires est primordiale.

Enfin, l'intégration de l'assurance dans les stratégies de résilience du monde rural passe également par la revue des modes d'implémentation, de diffusion et de communication pour son adoption à grande échelle au grand bénéfice des petits exploitants.

Mots clés : Assurance, risques agricoles, vulnérabilité, résilience, changement climatique, sécurité alimentaire, Fatick, Sénégal.

Abstract

Agricultural risk management is a major concern in rural Senegal. The Fatick region is increasingly exposed to climatic hazards that have a lasting negative impact on the well-being of the farming population. Traditional risk management strategies do not always enable rural households to cope with climate shocks and the risks of food insecurity. These households are vulnerable to events such as droughts and floods and their capacity for resilience to absorb different hazards is low due to a socio-economic context marked by the increasing impoverishment of these vulnerable groups.

Therefore, an in-depth reflection on the resilience strategies of vulnerable populations to the consequences of climate change and food insecurity leads to a particular interest in the insurance system. Insurance as a risk management method can be used to overcome the weaknesses of traditional agricultural risk management methods. The insurance allows, through the payment of a premium, the payment of a financial benefit in the event of events likely to cause losses for small producers. In this sense, it can effectively contribute to the strengthening of local capacities for the adaptation of rural populations.

In Senegal, the agricultural insurance system has been tested since 2008, but with limited results.

The models on which the products offered by insurers are based do not quite match the needs expressed by the target groups. The agricultural risks identified are numerous and not all are covered by insurance. The use of water balance models using simulations carried out on AMS makes it possible to better understand the evolution of millet, groundnut and sorghum crops, taking into account their specific characteristics, and vegetation indexes obtained from remote monitoring enhance understanding of yield trends.

Several yield models have been developed and tested in the study areas for the selected crops with high-performance statistical indicators (determination coefficient, prediction error). The analysis of yield models made it possible to define insurance products for the crops concerned by the determination of guaranteed capital, the premiums to be paid by operators and the calculation of compensation in the event of the occurrence of insured events. The accessibility of insurance to its beneficiaries is essential.

Finally, the integration of insurance into rural resilience strategies also requires a review of implementation, dissemination and communication methods for its widespread adoption for the benefit of small farmers.

Keywords: Insurance, agricultural risks, vulnerability, resilience, climate change, food security, Fatick, Senegal.

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude : aspects géophysiques, vulnérabilités et sécurité alimentaire	4
Section I : Les caractéristiques principales de la région de Fatick	4
Section II : Les activités économiques : la place prépondérante de l'agriculture	6
Section III : Aléas, vulnérabilités et sécurité alimentaire	11
Chapitre II : Risques agricoles et assurance	17
Section I : Les risques agricoles	18
Section II : L'Assurance agricole au Sénégal	20
Chapitre III : Méthodologie de l'étude	25
Section I : Utilisation des données météorologiques et traitement dans AMS	26
Section II : Traitement d'images satellitaires	30
Section III : Traitement statistique	33
Section IV : Echantillonnage et enquête de terrain	36
Section V : Choix des cultures concernées	37
Section VI : Intérêt et justification de la méthodologie	38
Chapitre IV : L'assurance, véritable outil de résilience aux chocs climatiques et à l'insécurité alimentaire ?	38
Section I : Présentation des résultats	38
Section II : Recommandations et perspectives	54
Conclusion	60

Liste des figures

Figure 1: Localisation géographique de la Région de Fatick dans le Sénégal.....	4
Figure 2: Courbe des isohyètes	5
Figure 3: Réseau hydrographique de la région de Fatick.....	6
Figure 4 : Evolution de la pluviométrie et du rendement de l'arachide dans le département de Foundiougne.....	12
Figure 5 : Prévalence de l'insécurité alimentaire au Sénégal par département	16
Figure 6 : Utilisation des différentes stratégies d'adaptation selon les régions	17
Figure 7: Répartition des pertes de production agricoles selon leur cause	18
Figure 8 : Evolution du nombre d'exploitants assurés entre 2011 et 2018	24
Figure 9 : Répartition des produits d'assurance selon les zones agro-écologiques	25
Figure 10 : Evolution de l'indice de satisfaction en eau de la culture d'arachide dans le département de Fatick-1986-2017	27
Figure 11 : Comparaison des précipitations avec les besoins en eau pour l'arachide en 2017	28
Figure 12 : Coefficient cultural du sorgho	28
Figure 13 : Profil lissé de NDVI dans le département de Fatick.....	31
Figure 14 : Profil lissé de NDVI dans le département de Foundiougne	31
Figure 15 : Profil lissé de NDVI dans le département de Gossas	31
Figure 16 : Evolution du NDVI moyen et des rendements de l'arachide à Fatick	32
Figure 17 : Modèle simple de distribution des produits d'assurance.....	55
Figure 18 : Modèle avancé de distribution des produits d'assurance	56
Figure 19 : Modèle autofinancé Figure 20 : Modèle avec une banque	58

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des statistiques agricoles régionales et nationales pour la zone de Fatick	7
Tableau 2 : Evolution des statistiques des principales cultures par département.....	8
Tableau 3:Composition du cheptel dans la région de Fatick 2014-2016	9
Tableau 4: Taux d'activité et de chômage dans les départements de la région de Fatick.....	10
Tableau 5 : Difficultés rencontrées par les ménages selon le milieu de résidence (en %)	13
Tableau 6 : Nombre de mois de la couverture de la production céréalière	14
Tableau 7 : Répartition des groupes de consommation selon les départements.....	15
Tableau 8 : Les chiffres de l'assurance indicielle en 2018.....	23
Tableau 9 : Evolution du nombre d'assurés selon le type d'assurance	24
Tableau 10 : Evolution des primes et sinistres sur les exercices 2015 à 2017 en F CFA.....	25
Tableau 11 : Date de semis et durée de cycle cultural pour les cultures retenues.....	29
Tableau 12 : Modèles de rendement dans le département de Fatick	39
Tableau 13 : Résultats des simulations pour le département de Foundiougne	40
Tableau 14 : Résultats des simulations pour le département de Gossas	41
Tableau 15 : Résumé statistique des données de sortie d'un modèle	43
Tableau 16 : Formulation des équations de rendement par département et par culture	43
Tableau 17 : Synthèse des rendements assurés par département et par culture	45
Tableau 18 : Détermination des primes d'assurances	50

Sigles et abréviations

AAS : Association des Assureurs du Sénégal

AFD : Agence Française de Développement

AMS: AgroMetShell

ANACIM: Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

BOAD : Banque Ouest-Africaine de Développement

CARI: Consolidated Approach for Reporting Indicators of Food Security

CGMS: Crop Growth Monitoring System

CIMA : Conférence Interafricaine des Marchés d'Assurance

CNAAS : Compagnie Nationale d'Assurance Agricole du Sénégal

CRCA : Commission Régionale de Contrôle des Assurances

CST: CGMS Statistical Tool

CSSWB: Crop Soil Specific Water Balance

DA : Direction des Assurances

DAPSA: Direction de l'Analyse, de la Prévision et des Statistiques Agricoles

ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

ENABEL : Agence Belge de Développement

ENSAN : Enquête Nationale sur la Sécurité Alimentaire et la Nutrition

ENSAS : Enquête Nationale sur la Sécurité Alimentaire au Sénégal

ETP: Evapotranspiration Potentielle

GIE : Groupement d'intérêt économique

GIIF : Global Index Insurance Facility

GRC: Gestion des Risques et des Catastrophes

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FIDA: Fonds International pour le Développement Agricole

IMF : Institution de Microfinance

IPAR : Initiative Prospective Agricole et Rurale

ISRA : Institut Sénégalais de Recherche Agricole

JRC: Joint Research Center

LOASP: Loi d'orientation Agro Sylvo Pastorale

MAER: Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural

MARS : Monitoring Agriculture Ressources

MEF: Ministère de l'Économie et des Finances

MYCFS: Mars Yield Crop Forecast System

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

OMS : Organisation Mondiale pour la Santé

OP : Organisation paysanne

PAM: Programme Alimentaire Mondial

PARERBA : Projet d'Appui à la Réduction de l'Émigration Rurale dans le Bassin Arachidier

PRACAS : Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise

RFE: RainFall Estimate

RMSE: Root Mean Square Error

RUM: Regional Unmixed Files

RRMSE: Relative Root Mean Square Error

SECNSA: Secrétariat Exécutif du Conseil National de la Sécurité Alimentaire

SPIRITS: Software for the Processing and Interpretation of Remotely sensed Image Time Series

SRSD: Service Régional de la Statistique et de la Démographie

USAID: Agence Américaine de Développement

VAM : Vulnerability Analysis and Mapping

WRI: Water Requirement Index

Introduction

Dans la cartographie mondiale des risques majeurs, le Sénégal est généralement considéré comme un pays soumis à des chocs d'intensité moindre. Cependant, une analyse plus fouillée démontre que le pays reste, malgré tout, confronté à des contraintes induites par les aléas climatiques (Munich Re, 2018). A l'instar des autres pays du monde, le Sénégal est de plus en plus soumis à des stress climatiques qui entraînent des conséquences durables sur les populations (sécheresse, inondations, déficit pluviométrique, vagues de chaleur etc.).

La récurrence des chocs climatiques contribue à la vulnérabilité des populations notamment rurales, déjà soumises à une pauvreté croissante du fait de la raréfaction des ressources disponibles et de l'accroissement démographique. Ce nouveau contexte, marqué par des fragilités, peut conduire à l'insécurité alimentaire. La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, la possibilité physique, sociale et économique de se procurer une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins et préférences alimentaires pour mener une vie saine et active (Comité de la Sécurité alimentaire mondiale, 2012). Dans le contexte sénégalais, la sécurité alimentaire des populations rurales est fortement tributaire des rendements agricoles.

En effet, l'agriculture reste un domaine d'activités majeur au Sénégal et ces phénomènes climatiques ont nécessairement un impact sur le développement socio-économique du pays. La population rurale représente 55 % de la population totale du Sénégal, évaluée à 13,5 millions en décembre 2013 (ANSD, 2013). Le secteur agriculture-pêche est un secteur économique important ; il contribue à 14 % du PIB et occupe plus de 70 % environ de la population active. Malgré cela, plus de la moitié des ruraux, en général de très petits paysans pratiquant une agriculture de subsistance, vivent sous le seuil de pauvreté et 30 % d'entre eux sont affectés par l'insécurité alimentaire (Banque Mondiale, 2014).

Au Sénégal, l'agriculture repose à la fois sur des cultures de rente (arachide, coton, produits horticoles pour partie) et sur des cultures vivrières (principalement céréales). Il s'agit en majorité d'une agriculture saisonnière et pluviale, centrée sur la période d'hivernage (trois à quatre mois sur l'année, de juillet à octobre).

De plus, on assiste à une baisse constante des superficies agricoles utiles et des zones d'approvisionnement pour le cheptel, conséquences des aléas climatiques et des activités anthropiques, alors que dans le même temps les besoins alimentaires des populations augmentent du fait de la forte pression démographique dans le pays.

Plus généralement, l'exposition aux chocs d'origine climatique représente une menace constante pour la sécurité alimentaire et le bien-être de 1,3 milliard d'individus dans le monde qui vivent avec moins de 1 dollar par jour et qui ne dépendent que de l'agriculture pour leur subsistance. (Oxfam America & PAM, 2012).

Dès lors, la sécurité alimentaire sera de plus en plus compromise par le changement climatique à venir en raison de la baisse des rendements, en particulier dans les régions

tropicales. Les effets différeront d'un pays à l'autre, mais ils seront nettement plus marqués dans les pays à faible revenu d'Afrique, d'Asie, d'Amérique latine et des Caraïbes (GIEC, 2019).

Il convient dès lors de s'interroger sur les stratégies et mécanismes à mettre en œuvre pour réduire de manière significative l'impact des aléas climatiques sur les activités économiques des populations vulnérables ou à risque. Nous nous intéressons plus particulièrement à la région de Fatick, au Sénégal.

L'assurance peut être définie comme une technique par laquelle un assureur s'engage vis-à-vis d'un assuré à prendre en charge un risque et promet une prestation en cas de survenance d'un sinistre moyennant le paiement d'une prime (Yeatman, 2005).

L'assurance permet d'opérer un transfert de risques des personnes exposées à des aléas vers des structures organisées capables d'absorber totalement ou partiellement les conséquences d'évènements dommageables. Au-delà des produits classiques et traditionnels, le secteur de l'assurance s'ouvre progressivement à la couverture des dommages dont le fait générateur est en rapport avec les chocs climatiques. Il peut s'agir de sécheresse, de déficit pluviométrique ou d'inondations.

De plus en plus, des initiatives internationales sont lancées et des mécanismes mis en place pour introduire la variable assurancielle dans les stratégies de protection des populations soumises à l'influence négative du climat et à l'insécurité alimentaire. Nous pouvons en citer quelques-uns :

- Le Partenariat mondial InsuResilience sur les solutions de financement et d'assurances pour le climat et les risques de catastrophe (Nations Unies)
- La Global Index Insurance Facility (GIIF) – Banque Mondiale
- L'African Risk Capacity Insurance Company Limited, (Union Africaine)
- Le programme 4R (Initiative en faveur de la résilience des communautés rurales) de Oxfam America.

Au plan national, une compagnie d'assurance agricole a été créée en 2008 avec une participation importante de l'Etat qui subventionne les primes à 50% en sus d'une exonération fiscale. Toutefois la part de marché cumulée reste très faible, de l'ordre de 1% pour l'exercice 2018 (AAS, 2018).

A divers échelons, on note un mouvement vers l'assurance dans la mesure où elle peut contribuer à renforcer la résilience des populations vulnérables aux effets du changement climatique et à l'insécurité alimentaire (SECNSA, 2015).

L'assurance est un élément important de la lutte contre la pauvreté en ce qu'elle fournit un accès au financement, à travers les indemnisations, pour les plus vulnérables (Gouvernement du Sénégal, 2004). Cependant, l'assurance en cas de catastrophes d'origine climatique est soit indisponible, soit d'un coût prohibitif dans de nombreux pays en développement (Muller, Fall, Mahul, Dick, & Wade, 2010).

L'objectif de ce travail est donc de réfléchir sur le rôle de l'assurance en tant que technique de gestion du risque dans le renforcement des capacités des populations exposées aux catastrophes climatiques et à l'insécurité alimentaire.

En d'autres termes, la question centrale de la recherche est la suivante : quel est le rôle de l'assurance dans la résilience des populations vulnérables aux chocs climatiques et à l'insécurité alimentaire ?

Intérêt de l'étude :

Le présent travail permettra d'abord de dresser un diagnostic complet des phénomènes climatiques extrêmes en cours au Sénégal et d'analyser leur interaction avec l'activité d'assurance ; mais aussi, d'étudier l'exposition et la vulnérabilité des populations ciblées aux aléas climatiques évoqués et à l'insécurité alimentaire.

L'étude permettra aussi d'identifier des facteurs de vulnérabilité, de mesurer le niveau de vulnérabilité en rapport avec la capacité de réponse mobilisable (résilience).

Ensuite, il sera question d'approfondir la réflexion sur le rôle de l'assurance dans les stratégies d'adaptation au changement climatique, dans la remédiation à l'insécurité alimentaire, d'exposer et de mettre un regard critique sur les modèles d'assurances en cours de par leurs résultats et par la perception des populations assurées ou assurables sur le rôle joué ou à jouer par l'assurance.

Il s'agira enfin de voir comment des phénomènes climatiques peuvent avoir des conséquences ou des manifestations différentes selon les activités dans l'une ou l'autre des zones d'étude retenues, en termes d'impact sur l'activité agricole, et d'analyser les types de réponses ou solutions offertes par l'assurance pour l'atténuation ou la neutralisation des chocs, de proposer des ajustements par le biais de recommandations ou la prise en compte de nouveaux modèles.

Objectifs :

- Analyser les facteurs climatiques qui entravent le développement des activités économiques en général et de l'agriculture en particulier dans la région étudiée (à travers notamment les notions de rendement, de production, d'indices...).
- Voir l'impact des aléas climatiques sur la vulnérabilité des populations cibles.
- Intégrer la variable assurance dans l'appréciation des solutions post-catastrophe à travers des produits existants ou à mettre en place.
- Voir la contribution de l'offre d'assurance à la résilience des populations cibles
- Proposer des recommandations ou de nouveaux modèles d'assurance plus inclusifs pour le renforcement des capacités de résilience.

Le travail s'articulera autour de la présentation des zones d'étude, la description de la méthodologie, la présentation des résultats et la formulation de recommandations et perspectives.

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude : aspects géophysiques, vulnérabilités et sécurité alimentaire

Nous présenterons successivement les caractéristiques de la zone d'étude, à savoir la région de Fatick, à travers ses aspects physiques, climatiques et économiques. Ensuite, nous procéderons à une revue de la région en terme d'aléas climatiques, de vulnérabilité, de sécurité alimentaire et de résilience.

Section I : Les caractéristiques principales de la région de Fatick

Il sera question d'aborder notre zone d'étude pour mieux en découvrir ses caractéristiques physiques, climatiques, socio-économiques, mais aussi de faire la situation sur les aspects de sécurité alimentaire, vulnérabilité et de résilience.

I- Données physiques et climatiques

La région de Fatick est née de la division de l'ex-région du Sine Saloum en 1984. Elle correspond historiquement à l'ancien royaume du Sine et à une partie du Saloum. Après l'indépendance dans les années 1960, Fatick était une entité de la région du Sine-Saloum. La région est créée par la loi 84-22 du 22 février 1984, consacrant la partition de la région du Sine-Saloum en deux entités régionales distinctes (Kaolack et Fatick). Par la suite, elle a subi une nouvelle distribution administrative introduite par la loi n°2008-14 du 18 mars 2008 et couvre désormais une superficie estimée à 6 685 km² (ANSD/SRSD Fatick, 2018).

Au plan géographique, la région de Fatick est limitée à l'Est par la région de Kaolack, à l'Ouest par l'Océan Atlantique, au Nord par la région de Diourbel, au Nord-Ouest par la région de Thiès, au Sud par la Gambie. Elle compte en 2015 une population de 761 713 habitants dont 384 562 femmes (projection du RGPHE¹ 2013). La densité de sa population est de 114 habitants/km² (ANSD/SRSD Fatick, 2017). La carte ci-dessous permet de localiser la région de Fatick dans le Sénégal.

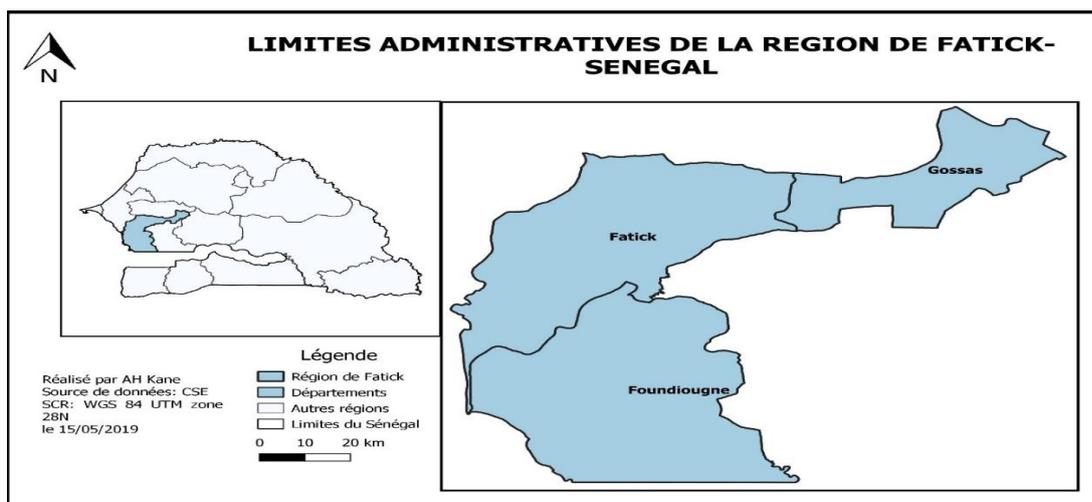


Figure 1: Localisation géographique de la Région de Fatick dans le Sénégal

¹ Recensement Général de la Population, de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage

Pour ce qui est du climat, la région se trouve dans un milieu caractérisé par un climat de type tropical soudanien, marqué par une variante sahélo-soudanienne et une variante soudano-sahélienne. La région de Fatick connaît également l'influence du climat maritime sur la partie côtière des départements de Foundiougne et Fatick (ANSD/SRSD Fatick, 2015). Elle a aussi la particularité d'avoir une saison des pluies allant de juin-juillet à octobre et une saison sèche de 8 à 9 mois sur le reste de l'année. La pluviométrie moyenne annuelle quant à elle tourne autour de 600 mm et 700mm (Dieng, Roucou, & Louvet, 2008).

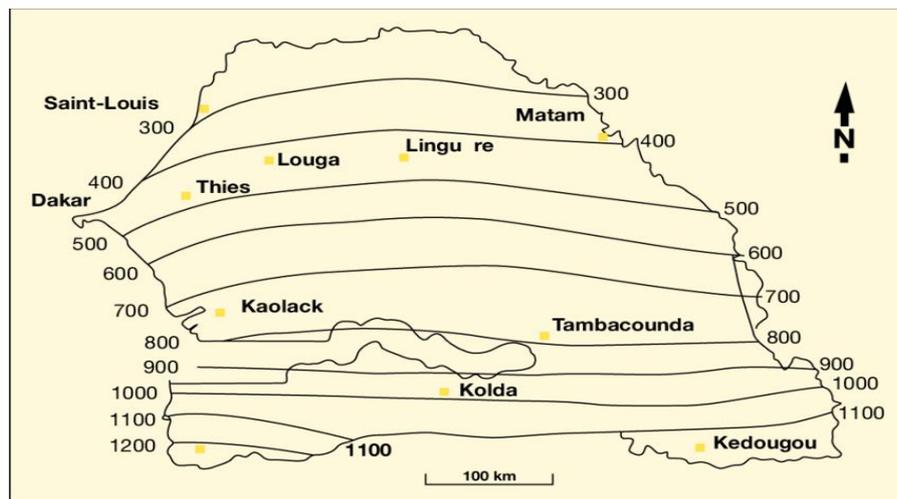


Figure 2: Courbe des isohyètes - Source (Dieng et al., 2008)

Les vents les plus présents dans la région sont les alizés maritimes et les alizés continentaux (ou harmattan), qui soufflent de Février à Mai et la mousson, dont l'arrivée annonce le début de la saison des pluies (en mai-juin). Ils ont, par ailleurs, une forte influence sur la distribution spatio-temporelle des précipitations et les températures (ANSD/SRSD Fatick, 2013). S'agissant des températures, il a été enregistré des moyennes annuelles minimales qui ont varié entre 21°C et 24°C de décembre à fin février alors que les températures moyennes annuelles maximales variaient entre 35°C et 42°C notamment de Mars à Juin.(ANSD/SRSD Fatick, 2018)

II- Données hydrographiques

Les ressources hydrographiques de la région de Fatick sont principalement constituées d'eaux de surface et d'eaux souterraines. Les eaux de surface sont constituées des cours d'eau pérennes du Sine, du Saloum, du fleuve Gambie ainsi que de leurs affluents localisés dans le département de Foundiougne. On note également quelques cours d'eau temporaires constitués de mares et de marigots. Les eaux souterraines sont constituées de nappes Maestrichtienne, à la fois maritime et fluvio-lagunaire avec une large zone deltaïque présentant un front d'environ 70 km (ANSD/SRSD Fatick, 2018). Le domaine maritime est caractérisé par un plateau continental renfermant d'importants stocks de poissons, crustacés et mollusques. Le vaste réseau hydrographique de la région, par ailleurs bordé d'une importante forêt de mangrove, est représentée par la carte ci-dessous.

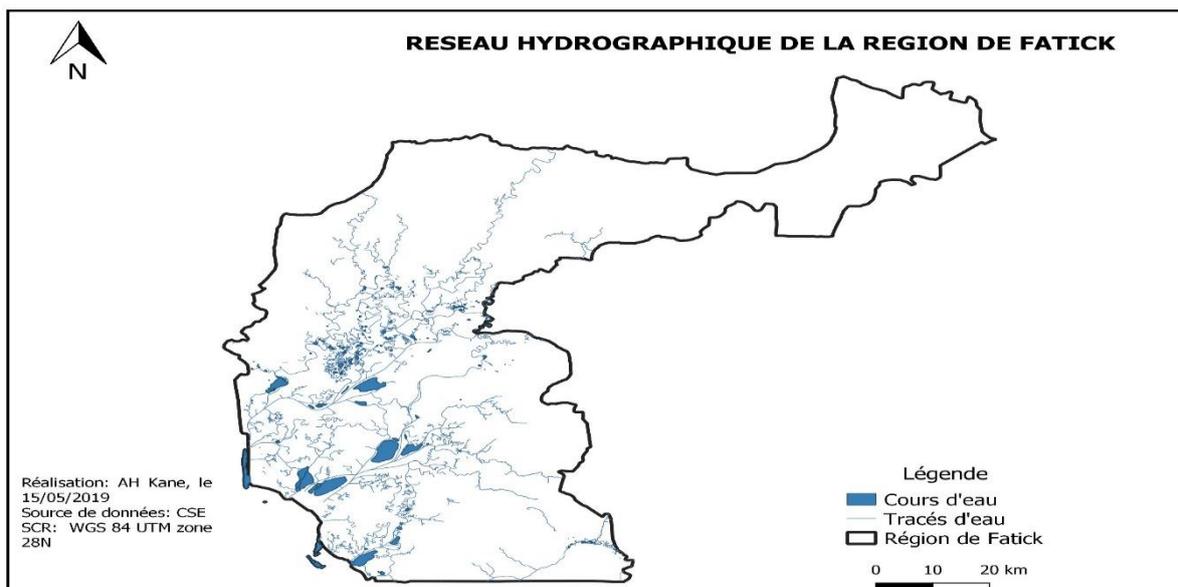


Figure 3: Réseau hydrographique de la région de Fatick

Section II : Les activités économiques : la place prépondérante de l'agriculture

L'activité économique dans la région de Fatick tourne principalement autour de l'agriculture. Toutefois, d'autres activités économiques sont pratiquées dans la région.

I- L'agriculture

L'agriculture est la principale activité économique au niveau de la région de Fatick et elle occupe près de 90 % de la population active. Cette agriculture qui dépend fortement de la pluviométrie est de type extensif (ANSD/SRSD Fatick, 2017). Même si elle regroupe la majorité de la population, l'activité agricole connaît de nombreuses difficultés structurelles et conjoncturelles. Dans la région de Fatick, l'agriculture est essentiellement orientée sur les cultures vivrières (sorgho, mil, niébé, maïs,) et sur les cultures de rente (arachide, manioc, sésame, pastèque). Par ailleurs, les cultures fruitières et maraîchères sont également à l'œuvre dans la région, surtout dans les départements de Fatick et de Foundiougne. Ces cultures varient d'une année à une autre et d'une spéculation à une autre (ANSD/SRSD Fatick, 2018). Toutefois, nous mettrons davantage l'accent, dans le cadre de la présente étude, sur les grandes cultures pluviales que sont : l'arachide, le mil, le sorgho.

A Fatick, le taux d'urbanisation est seulement de 16,5% et 87% des ménages agricoles de la région se trouvent en zone rurale (ANSD, 2018b).

Au plan national, la région de Fatick occupe 12% des productions récoltées en 2017 pour les grandes cultures mentionnées contre 10% en 2016. Presque 20% (940 880 ha) des superficies emblavées pour la culture du mil au Sénégal se trouvent dans la région ; cet état de fait s'explique par les usages alimentaires des populations. L'arachide constitue également une culture de premier rang dans la zone. En 2017, 16% de la production nationale d'arachide a

été réalisée dans la région de Fatick pour 1 441 574 tonnes contre 991 427 en 2016. (Données DAPSA). Il faut rappeler que la région fait partie des régions historiques du bassin arachidier.

Le tableau ci-dessous donne un aperçu de la part de la région de Fatick dans l'agriculture nationale, en terme de superficie, de production et de rendement pour les principales cultures pratiquées.

Tableau 1 : Comparaison des statistiques agricoles régionales et nationales pour la zone de Fatick

		REGION FATICK		SENEGAL		PART REGION DE FATICK/SENEGAL	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017
CULTURES							
ARACHIDE	SUP (ha)	186 864	177 938	1 212 233	1 254 048	15%	14%
	RDT(kg/ha)	796	1 295	818	1 126	97%	115%
	PROD (T)	144 065	230 104	991 427	1 411 574	15%	16%
MIL	SUP (ha)	141 638	178 790	935 232	940 880	15%	19%
	RDT(kg/ha)	764	1 042	696	947	110%	110%
	PROD (T)	103 261	189 690	651 236	891 069	16%	21%
SORGHO	SUP (ha)	15 137	9 460	220 811	221 329	7%	4%
	RDT(kg/ha)	814	967	806	1 020	101%	95%
	PROD (T)	11 071	9 136	178 028	225 865	6%	4%
MAIS	SUP (ha)	20 551	22 611	219453	231 659	9%	10%
	RDT(kg/ha)	1 417	1 506	1 577	1 801	90%	84%
	PROD (T)	41 973	41 506	346 030	417 259	12%	10%
RIZ	SUP (ha)	8 178	7 899	283 894	305 934	3%	3%
	RDT(kg/ha)	1 117	1 600	3 331	3 292	34%	49%
	PROD (T)	13 724	12 898	945 617	1 007 277	1%	1%
TOTAL	SUP (ha)	372 368	396 698	2 871 623	2 953 850	13%	13%
	RDT(kg/ha)						
	PROD (T)	314 095	483 334	3 112 338	3 953 044	10%	12%

Source : Données DAPSA

Au plan national, la région de Fatick concentre une part importante des productions réalisées et des superficies cultivées. Mais, une analyse détaillée à l'échelle de la région permet d'identifier des disparités importantes.

Tableau 2 : Evolution des statistiques des principales cultures par département

		FATICK		FOUNDIOUGNE		GOSSAS		TOTAL REGION	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
CULTURES									
ARACHIDE	SUP (ha)	32 560	52 266	50 600	60 313	103 704	65 359	186 864	177 938
	RDT(kg/ha)	820	1 281	850	1 383	717	1 220	796	1 295
	PROD (T)	26 699	66 953	43 010	83 413	74 356	79 738	144 065	230 104
MIL	SUP (ha)	46 361	106 514	36 099	55 385	59 178	16 890	141 638	178 790
	RDT(kg/ha)	908	980	900	1 274	484	873	764	1 042
	PROD (T)	42 115	104 384	32 490	70 560	28 657	14 745	103 261	189 690
SORGHO	SUP (ha)	8 933	3 511	3 260	3 142	2 945	2 807	15 137	9 460
	RDT(kg/ha)	591	700	1 100	1 500	750	700	814	967
	PROD (T)	5 277	2 458	3 586	4 713	2 208	1 965	11 071	9 136
MAIS	SUP (ha)	463	500	15 355	14 917	4 733	7 194	20 551	22 611
	RDT(kg/ha)	1 100	1 326	2 500	2 316	650	875	1 417	1 506
	PROD (T)	509	663	38 387	34 549	3 077	6 295	41 973	41 506
RIZ	SUP (ha)	4 600	4 188	3 578	3 500	NR ²	211	8 178	7 899
	RDT(kg/ha)	1 700	1 500	1 650	1 800	NR	1 500	1 117	1 600
	PROD (T)	7 820	6 282	5 904	6 300	NR	316	13 724	12 898
TOTAL	SUP (ha)	92 917	166 980	108 892	137 257	170 560	92 461	372 368	396 698
	RDT(kg/ha)	1 024	1 157	1 400	1 655	520	1 034	981	1 282
	PROD (T)	82 421	180 740	123 376	199 535	108 298	103 059	314 095	483 334

Source : Données DAPSA

A l'échelle de la région de Fatick, à partir du bilan de la campagne agricole 2016/2017, on note que les superficies destinées aux principales cultures pluviales ont globalement subi une importante évolution, passant respectivement de 372 368 ha pour la campagne agricole de 2016 à 396 698 ha pour celle de 2017, soit une hausse de 6,5%. Cette progression s'explique notamment par l'augmentation des emblavures du mil (23,23%) et du maïs (10,02%) L'analyse du tableau ci-dessus révèle que durant la campagne agricole 2016/2017, le mil a été la culture dominante pour les cultures céréalières avec 178 790 ha devant le maïs (22 611 ha) et le sorgho (9 460 ha).

En ce qui concerne rendement, il a également connu des hausses importantes au niveau de toutes les cultures. Ceci confirme que les cultures vivrières ont enregistré de bonnes performances d'après les statistiques officielles. Enfin, l'analyse des données selon la circonscription administrative montre que le département de Fatick apparaît comme la zone la plus importante en terme d'emblavures avec 42% de la superficie cultivée dans la région. Les départements de Foundiougne et Gossas se retrouvent avec respectivement 34% et 24%.

² Non renseigné

Pour ce qui est de la production, la part la plus importante en 2017 est fournie par le département de Foundiougne avec 41,28% de la quantité globale. Il est suivi du département de Fatick qui a produit 37% de la production. Par contre, le département de Gossas a seulement fourni 21% de la quantité produite en 2017.

Par ailleurs, en dehors des cultures céréalières, les principales cultures industrielles pratiquées en dehors de l'arachide au niveau régional sont : le manioc, la pastèque, le bissap, le sésame et le niébé.

Cependant, le secteur agricole est confronté à de nombreuses contraintes qui peuvent menacer durablement l'activité agricole à moyen et long terme. A titre d'exemple nous pouvons citer : la raréfaction des terres agricoles, les difficultés foncières, les effets du changement climatique, la variabilité pluviométrique, l'insuffisance des intrants agricoles (engrais), la mauvaise qualité des semences (arachide, riz, etc.), la vétusté du matériel agricole, les difficultés d'accès aux matériels agricoles, les problèmes d'accès aux financements, etc. (ANSD/SRSD Fatick, 2018).

II- L'élevage et la pêche

L'élevage est une activité économique importante dans la région de Fatick et contribue de façon notable à la sécurité alimentaire des populations et à la lutte contre la pauvreté. La région de Fatick a vu son cheptel augmenter de manière relativement importante entre les campagnes 2014/2015 et 2015/2016 avec un taux d'accroissement global de 2,7% (ANSD/SRSD Fatick, 2017). Le bétail a connu, pour ces années, une progression généralisée dans tous les départements de la région. Le record est enregistré pour les ovins – caprins avec une augmentation d'un peu plus de 3,3% durant cette période (Données DAPSA).

De manière plus détaillée, ce cheptel est composé selon les chiffres de l'ANSD en 2015 de 261 464 bovins, de 755 063 ovins - caprins, de 90 163 équins, de 49 183 asins et de 114 647 porcins (voir tableau ci-dessous). Par ailleurs, l'analyse des statistiques par localité administrative révèle que le département de Fatick est la principale zone d'élevage de la région avec une proportion de 40% du bétail contre 28,6% et 31,4% et respectivement pour Foundiougne et Gossas.

Tableau 3: Composition du cheptel dans la région de Fatick 2014-2016

Espèces	Fatick			Foundiougne			Gossas			Région		
	Campagne 2014/2015	Campagne 2015/2016	Variation %	Campagne 2014/2015	Campagne 2015/2016	Variation %	Campagne 2014/2015	Campagne 2015/2016	Variation %	Campagne 2014/2015	Campagne 2015/2016	Variation %
Bovins	97364	98824	1,50	68983	70018	1,50	91254	92622	1,50	257601	261464	1,50
Ovins-caprins	270409	279192	3,25	202688	209288	3,26	258167	266583	3,26	731264	755063	3,25
Asins	9597	9664	0,70	27615	27808	0,70	11629	11711	0,71	48841	49183	0,70
Equins	17658	17829	0,97	44396	44827	0,97	27243	27507	0,97	89297	90163	0,97
Porcins	100019	102982	2,96	11072	11400	2,96	257	265	3,11	111348	114647	2,96
Total bétail	495047	508491	2,72	354754	363341	2,42	388550	398688	2,61	1238351	1270520	2,60
Volaille	920914	948541	3,00	611741	63093	3,00	636334	655424	3,00	2168989	2234058	3,00

Source : ANSD, 2018

Relativement au secteur de la pêche, il occupe une place de choix dans l'économie tant régionale que nationale, notamment par sa contribution au PIB.

Les débarquements annuels ont dépassé 19 000 tonnes en 2014 pour une valeur commerciale estimée à plus de 6 milliards de F CFA. Il est aussi un secteur important en matière d'emplois, car plus de 5 000 femmes travaillent à la collecte et à la transformation des coquillages et tirent des revenus substantiels de cette activité (ANSD, 2018b). La région de Fatick est la cinquième région de pêche du Sénégal, notamment grâce aux performances réalisées et à sa façade maritime qui s'étend sur environ 65 km.

Cependant, l'environnement naturel de la région de Fatick est menacé par la salinisation des terres et par l'érosion côtière. Ainsi, une meilleure préservation des ressources naturelles de la région est nécessaire et demande beaucoup d'efforts et de moyens.

III- Les autres activités économiques

Les autres activités économiques dans la région tournent principalement autour du tourisme et de l'artisanat. Le tourisme revêt d'énormes potentialités et occupe une place de choix dans le tissu économique de la région. En effet, la région dispose de sites touristiques constitués par les nombreux cours d'eaux et "bolongs³", les îles du Saloum, le Parc National du Delta du Saloum et de plusieurs autres sites et monuments historiques (ANSD/SRSD Fatick, 2015). Cependant, le tissu des entreprises industrielles est faible au niveau de la région. Les quelques-unes qui y existent, s'occupent de la transformation des produits de la pêche, des produits agricoles et du traitement du sel. L'activité artisanale présente de réelles potentialités de par sa diversité et tente de s'organiser autour de la chambre régionale des métiers (ANSD/SRSD Fatick, 2013). On note également que dans les zones insulaires, les difficultés liées à la mobilité des populations constituent un handicap majeur pour le développement économique et l'interconnexion entre ces localités. Le taux de chômage reste donc très élevé dans la région notamment à Gossas et affecte principalement les jeunes et les femmes. Le taux de chômage national est de 14,3 % au dernier trimestre 2018 selon l'enquête nationale sur l'emploi au Sénégal réalisée par l'ANSD. Le niveau d'activité est lui évalué à 62,5% au plan national. La situation spécifique de Fatick est reprise dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4: Taux d'activité et de chômage dans les départements de la région de Fatick

DEPARTEMENTS	TAUX D'ACTIVITE %	TAUX DE CHOMAGE %
FATICK	36	28,5
FOUNDIOUGNE	38	27,3
GOSSAS	37	31,6

³ Le mot bolong est emprunté au mandingue, Il désigne un chenal d'eau salée, caractéristique des zones côtières du Sénégal ou de Gambie, proche d'estuaires. Ces bras de mer sont particulièrement nombreux dans le Sine-Saloum et en Casamance. L'eau de mer se mêle à celle des cours d'eau et cet ensemble est soumis à la marée. Les bolongs sont généralement bordés de mangroves à palétuviers, recouverts partiellement à marée haute, ce qui explique la présence des tannes (étendues de terre salée, démunies de végétation) et la sinuosité d'un paysage entortillé d'îlots et de plans d'eau plus ou moins stagnants (Auzias & Labourdette, 2018).

TOTAL	37	28,5
-------	----	------

Source : ANSD 2018

Avec une forte disparité géographique, une ruralité importante et l'extrême jeunesse de sa population, la région de Fatick est confrontée à des enjeux importants. L'économie de la région reste cependant marquée par une morosité économique caractérisée par une timidité des activités. Celles-ci restent d'ailleurs dominées par l'agriculture, l'élevage, la pêche et le tourisme. Par contre les services, les assurances, les microfinances et les banques sont peu développés.

Section III : Aléas, vulnérabilités et sécurité alimentaire

La région de Fatick, à l'instar des autres régions est confrontée à la récurrence d'aléas qui entraînent des conséquences dommageables sur la survie des populations. L'impact de ces événements préjudiciables est très souvent amplifié par une forte vulnérabilité des populations exposées. La conjugaison de ces facteurs peut avoir des conséquences néfastes sur la sécurité alimentaire des populations locales et affecter leur capacité de résilience.

I- La prédominance des aléas d'origine climatique

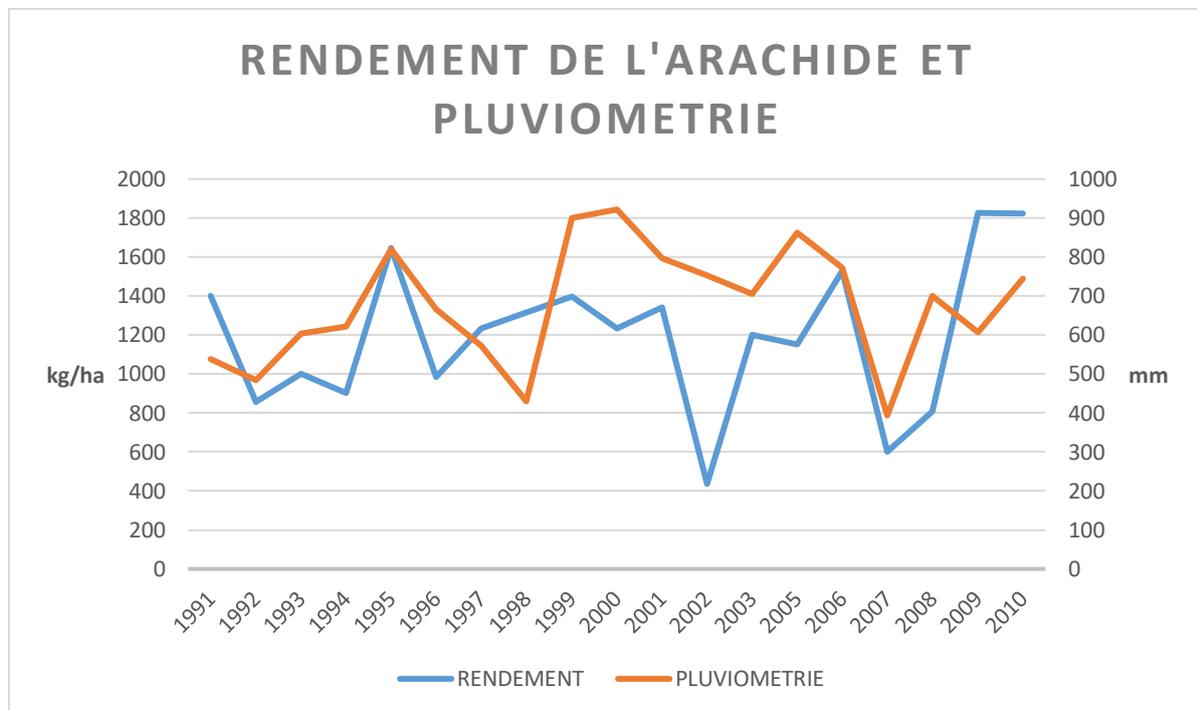
La région de Fatick est une région soumise à un nombre important d'aléas qui peuvent trouver pour la plupart leur origine dans les variabilités climatiques. Actuellement, la forte tendance est à la perte de superficie agricole et de densité de forêts dans toute la région. Les phénomènes dommageables observés dans la région sont cependant répartis entre des causes d'origine naturelle, anthropique et institutionnelle.

- Les aléas d'origine naturelle renvoient principalement à la sécheresse qui cause une réduction de la réserve hydrique des sols. Ce développement de la sécheresse dans le temps met en péril la régénération de la végétation et provoque des érosions éolienne et hydrique qui entraînent une perte de fertilité des sols, la salinisation des eaux et des sols, etc (ANSD/SRSD Fatick, 2018).

Aussi, on note le recul de 1 à 2 m par endroit et par an, selon l'intensité de la houle, du trait de côte au niveau de la façade océanique. Il faut également relever que les villages insulaires, jadis protégés par la mangrove contre l'érosion insulaire due en partie par la marée, subissent de plein fouet les effets de cette érosion (ANSD/SRSD Fatick, 2015). Cette situation de vulnérabilité est le résultat de la dégradation de ces écosystèmes par l'homme et accélérée par l'impact du changement climatique.

La salinisation des terres constitue un autre problème majeur dans la région de Fatick avec les déficits hydriques notés pendant les périodes sèches. Ce phénomène est en partie responsable de la dégradation des terres qui impacte négativement sur les rendements agricoles et limite les extensions. 33% des terres de la région sont considérées comme salées (ANSD/SRSD Fatick, 2017). Enfin, le changement climatique se manifeste également dans la

région par l'augmentation de la température qui a un impact considérable sur les parasitoses, qui attaquent certaines cultures et favorisent les maladies du bétail (Gouvernement du Sénégal, 2006). Le graphique ci-dessous présente les relations entre les évolutions d'un facteur climatique, la pluviométrie et le rendement de l'arachide à Foundiougne de 1991 à 2010.



Source : Données DAPSA -ANACIM

Figure 4 : Evolution de la pluviométrie et du rendement de l'arachide dans le département de Foundiougne

- Les aléas d'origine anthropique : ils sont dus à l'activité humaine et concernent principalement les défrichements, les feux de brousse, l'exploitation des mines et carrières, la surexploitation des produits forestiers, le surpâturage la destruction de la végétation, la réalisation des infrastructures routières, etc.

- Les contraintes d'ordre institutionnel et politique aussi, sont diverses et variées. Il est possible de citer parmi celles-ci l'inadéquation de certaines politiques de développement, la faible capacité des collectivités territoriales malgré les politiques de décentralisation, le manque de synergie des différentes interventions, la faible capacité d'intervention des services techniques, l'inadéquation de certains textes de lois, etc.

Toutefois, malgré la situation difficile de nombreuses initiatives sont prises à différents niveaux pour la prise en charge des questions environnementales. Ainsi, des solutions sont à l'œuvre pour la restauration des équilibres écologiques menacés et une meilleure prise en charge des questions liées aux changements climatiques(Gouvernement du Sénégal, 2006).

II- Vulnérabilité et sécurité alimentaire

La récurrence des phénomènes climatiques a des incidences sur la vulnérabilité des populations exposées à l'insécurité alimentaire dans la région de Fatick. Elles sont également exposées à la malnutrition. Cependant, ces populations développent, malgré tout, des stratégies d'adaptation en vue de renforcer leur résilience face à ces événements.

A- Les facteurs de vulnérabilité

L'enquête nationale sur la sécurité alimentaire en 2016 a permis d'établir les principales difficultés rencontrées par les ménages en fonction de leur milieu de résidence. En milieu rural, 92% des difficultés éprouvées par les ménages sont dues à des récoltes insuffisantes et un manque de revenus (SECNSA, 2016). Nous rappelons que 87% des ménages de la région de Fatick sont des ménages agricoles. En conséquence, la faiblesse des ressources financières des exploitants, ajoutée à des productions agricoles de plus en plus faibles constitue sur le plan socioéconomique des facteurs importants de vulnérabilité pour les populations rurales de Fatick.

Tableau 5 : Difficultés rencontrées par les ménages selon le milieu de résidence (en %)

Difficultés rencontrées	Milieu Urbain %	Milieu Rural %	Total %
Récoltes agricoles insuffisantes	6,2	46,6	27,8
Manque de revenus	78,9	45,4	61
Absence de céréales	1,7	1,2	1,4
Prix des denrées trop élevé	7,9	1,8	4,7
Baisse du prix du bétail	0,1	0,5	0,3
Marchés physiquement éloignés	0,1	0,2	0,1
Autres	5,1	4,3	4,7
Total	100	100	100

Source : ENSAS 2016

1- Une faible productivité agricole

L'agriculture joue toujours un rôle majeur dans l'économie de la région, malgré les nombreuses difficultés relevées (ANSD/SRSD Fatick, 2015). Mais il s'agit le plus souvent d'une agriculture traditionnelle qui n'arrive pas à nourrir la population de la région, qui par ailleurs croît et s'urbanise rapidement. Les rendements agricoles sont généralement faibles en raison des déficits pluviométriques, de la dégradation des ressources productives, notamment des sols, et du manque d'intrants (semences, engrais) et de matériel agricole performant.

En conséquence, les productions réalisées par les paysans ne couvrent pas totalement les besoins alimentaires des ménages. En effet, elles ne suffisent généralement pas à satisfaire les besoins pendant la saison sèche en attendant la prochaine récolte de l'année suivante. Par exemple, à Gossas 9% des ménages épuisent leur production seulement un mois après la fin de la saison agricole. Par conséquent, ces ménages devront certainement, en l'absence de revenus alternatifs faire face à des situations extrêmes au cours des onze prochains mois. En

conséquence, le risque d'insécurité alimentaire peut être très important pour certaines catégories de populations. Pour le même département, 13% des ménages ont des réserves céréalières pour une couverture supérieure à 8 mois. Dès lors, un des piliers de la sécurité alimentaire, à savoir la disponibilité alimentaire, est souvent menacé. Le tableau ci-dessous donne la répartition de la couverture céréalière par département.

Tableau 6 : Nombre de mois de la couverture de la production céréalière

Départements	moins d'un mois	1 à 2 mois	3 à 5 mois	6 à 8 mois	+ de 8 mois
Fatick	3%	8%	35%	35%	18%
Foundiougne	4%	7%	43%	34%	12%
Gossas	9%	11%	40%	26%	13%

Source : ENSAS 2016

2- Niveau élevé des prix des produits alimentaires

L'insuffisance des productions récoltées fait que la majorité des ménages (90%) doit s'approvisionner auprès des marchés. En conséquence, chez les ménages agricoles, 80 % des aliments consommés sont achetés (Données SECNSA). Dès lors, ils ressentent toute hausse des prix des aliments qui se répercute directement sur leur consommation. Le prix des céréales est relativement élevé et contribue à l'insécurité alimentaire des ménages (notion d'accessibilité économique reprise dans la définition de la sécurité alimentaire). Le niveau élevé des prix des produits alimentaires a été un choc pour un tiers des ménages affectés par un choc en zone rurale (environ deux tiers des ménages) et pour 40 % des ménages affectés par un choc en zone urbaine (18 % des ménages) (SECNSA, 2016).

3- Pauvreté des ménages

Selon des chiffres officiels, en 2011, presque la moitié de la population sénégalaise (46,7 %) vivait en dessous du seuil de pauvreté (seuil international de 1,90 dollar en parité de pouvoir d'achat de la Banque Mondiale). Dans la région de Fatick entre 60 et 70 % des ménages sont pauvres et n'ont pas les moyens de satisfaire leurs besoins. Autre signe de la vulnérabilité économique des ménages, dans les zones rurales, presque un quart des ménages consacre une part élevée de leurs dépenses à l'alimentation (plus de 65%) (SECNSA, 2017).

4- Chocs climatiques

Le pays comme la région subit des chocs climatiques de manière récurrente ces dernières décennies : plus récemment il y a eu des inondations en 2009, la sécheresse en 2006 et 2007 puis une sécheresse en 2011 entraînant une crise alimentaire de 2012 avec 800 000 personnes en insécurité alimentaire (chiffres SECNSA). En 2012, des inondations ont eu lieu affectant environ 300 000 personnes. Ces catastrophes naturelles ont un impact négatif sur la croissance économique et augmentent la vulnérabilité des ménages déjà en situation précaire (Roquet, 2008). En témoigne la forte diminution du cheptel des ménages entre 2010 et 2013 dans toutes les régions du pays, notamment à Fatick (SECNSA, 2013). Elle est révélatrice de

leur appauvrissement depuis 2010 et le recours à des stratégies d'adaptation d'urgence peu pérennes. Les ménages vendent souvent leurs animaux pour faire face aux crises et n'ont pas les moyens de reconstituer leur cheptel.

B- ETAT DE LA SECURITE ALIMENTAIRE DANS LA REGION

Au Sénégal, l'insécurité alimentaire concerne une proportion importante de la population (FAO, 2017). Ainsi environ 16 % de la population est en situation d'insécurité alimentaire (2% en situation sévère et 14 % en situation modérée) (SECNSA, PAM, OMS, 2014). Ces ménages ont une consommation alimentaire déficiente (très déficiente pour ceux en situation sévère) et ils ne peuvent satisfaire leurs besoins alimentaires minimaux sans recourir à des stratégies d'adaptation irréversibles. Ainsi, pour faire face à des problèmes alimentaires, ces ménages utilisent des stratégies qui auront des conséquences sur leur productivité future (Swaminathan et al., 2012). Plus de 40%de ces ménages ont recours à des stratégies de crise (vente ou consommation de semences, ventes d'autres biens productifs, réduction des dépenses de santé, retrait des enfants de l'école) et 15% ont recours à des stratégies d'urgence (par exemple, la mendicité ou vente de femelles reproductrices du cheptel familial)(SECNSA, 2016).

A Fatick, l'enquête nationale sur la sécurité alimentaire au Sénégal réalisée en 2016 a permis de répartir les groupes de consommation selon les départements. Cette enquête intègre notamment les critères d'accessibilité, de disponibilité, d'utilisation et de stabilité requis pour une définition exhaustive de la sécurité alimentaire (FAO, 2008). Le tableau ci-dessous permet d'avoir des indications sur la vulnérabilité de certaines catégories de populations. Par exemple, dans le département de Gossas, 17% de la population est considérée comme appartenant au groupe de consommation « pauvre » c'est-à-dire en état d'insécurité alimentaire sévère. La situation est meilleure à Fatick (8%) et Foundiougne (6%).

Tableau 7 : Répartition des groupes de consommation selon les départements

Départements	Pauvre	Limite	Acceptable
Fatick	8%	16%	76%
Foundiougne	6%	22%	73%
Gossas	17%	7%	76%

Source : ENSAS 2016

Par ailleurs, des enquêtes sur la prévalence de la sécurité alimentaire ont été menées par des organisations comme le PAM. En 2012, l'unité VAM (Vulnerability Analysis and Mapping) du Programme alimentaire mondial s'est lancée dans le développement d'une approche standard pour évaluer l'insécurité alimentaire des ménages et présenter les résultats de la situation au niveau des pays dans ses rapports.

L'approche développée (appelée CARI Consolidated Approach for Reporting Indicators of Food Security) a pour produit final un tableau de compte-rendu de la sécurité alimentaire qui permet de présenter les résultats et de combiner les indicateurs de la sécurité alimentaire de

C- Résilience et stratégies des ménages

Dans les zones rurales, 40% des ménages ont recours à des stratégies qui mettent en danger leur capacité future à produire et générer des revenus pour faire face à un problème alimentaire (SECNSA, 2017). Ce recours massif à des stratégies dites de crise et d'urgence témoigne aussi de l'ampleur de la vulnérabilité des ménages.

Par ailleurs en 2016 au Sénégal, un quart des ménages ont utilisé des stratégies de stress. Dans les zones rurales, 12% des ménages ont consommé leur semence, 11 % ont vendu des femelles reproductrices, 18 % ont réduit leurs dépenses agricoles et 21 % ont procédé à une vente inhabituelle d'animaux. Dans la région Fatick, où la prévalence d'insécurité alimentaire est moindre (13.83%) par rapport à certaines régions, le recours à des stratégies d'adaptation est élevé : Fatick (77%) (SECNSA, 2013).

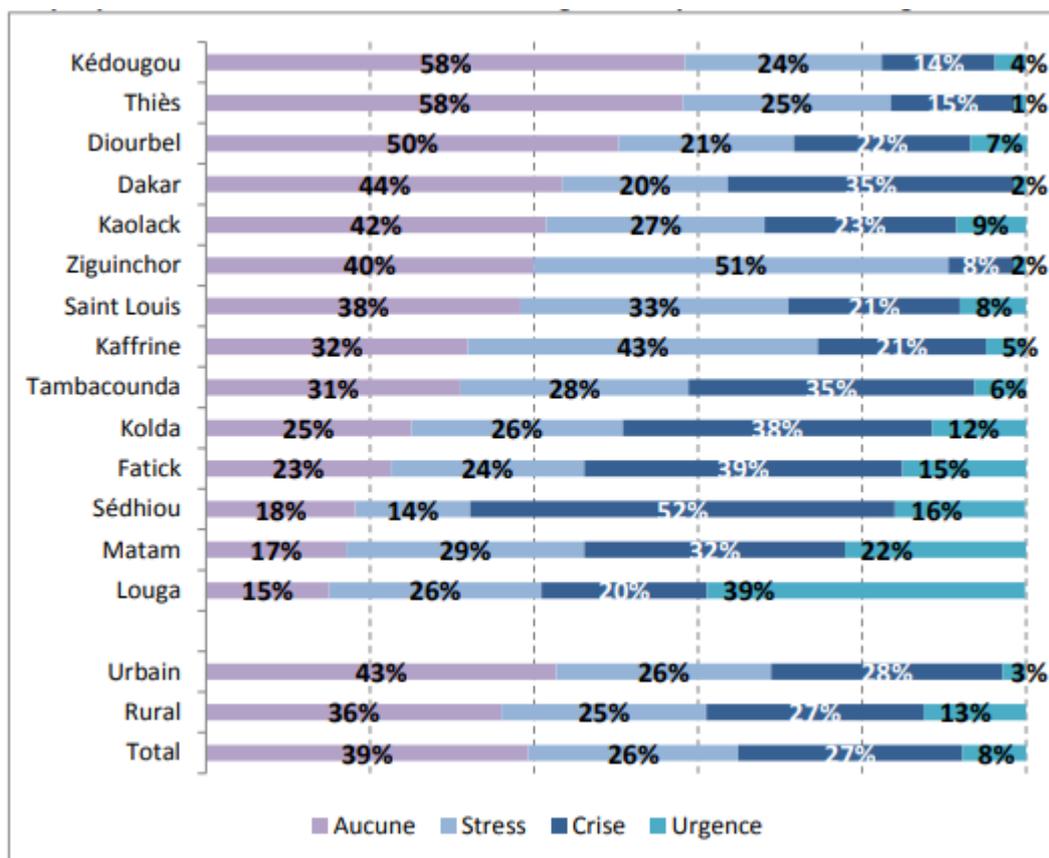


Figure 6 : Utilisation des différentes stratégies d'adaptation selon les régions

Source : ENSAN 2013 (SECNSA)

Chapitre II : Risques agricoles et assurance

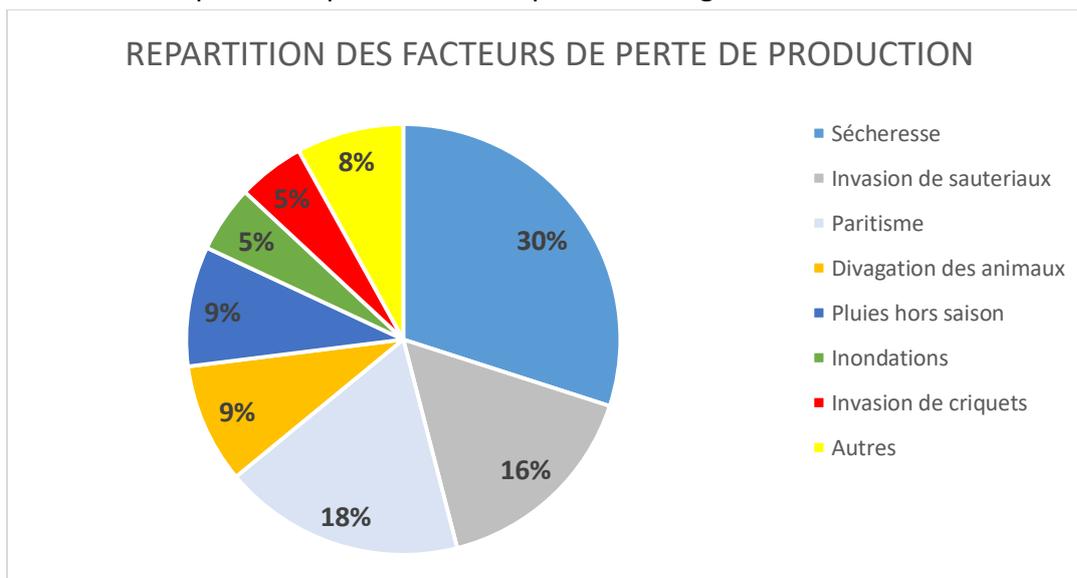
Les populations rurales de la région de Fatick sont confrontées dans le cadre de leur activité agricole à de nombreux risques. Il convient de s'intéresser à ces divers risques qui peuvent affecter les exploitations agricoles, de les identifier, les définir et de les catégoriser. Puis dans un second temps, l'état des lieux sur l'assurance agricole pour la prise en charge de ces risques sera effectué.

Section I : Les risques agricoles

Le risque est défini comme le produit de l'aléa par la vulnérabilité. L'aléa renvoie à la probabilité d'occurrence de l'évènement dommageable, la vulnérabilité, à la prédisposition à être affecté par l'aléa en relation avec la capacité de résilience mobilisable (Brunet, Ozer, Minet, Thiry, & Schiffino, 2018).

Dans la zone du bassin arachidier et plus particulièrement dans la région de Fatick, les différents événements susceptibles d'entraîner des pertes ont été inventoriés en tenant compte de leur intensité, de leur fréquence. En général, ces événements sont relativement marqués dans la zone avec des périodes de retour assez variables. Pour ce qui est de la vulnérabilité, les développements précédents ont montré qu'elle peut être spatiale, sociale et économique, ce qui engendre au final des risques plus ou moins importants.

Les risques recensés dans le bassin arachidier rentrent dans le champ des risques agricoles de façon générale. Une abondante littérature sur la matière est disponible (FAO, 2005) (Direction des Assurances, 2004). Nous ne tenons pas compte ici de leur assurabilité. Il s'agit à ce stade d'une cartographie des risques. L'analyse montre une diversité des causes possibles de sinistres et de pertes de production. On peut les catégoriser de la manière suivante.



Source : MAER-DAPSA

Figure 7: Répartition des pertes de production agricoles selon leur cause

I- Les risques climatiques

Cette catégorie regroupe tous les événements liés aux aléas climatiques et qui peuvent influencer négativement sur un ou plusieurs produits ou même hypothéquer la survie de l'exploitation. Ce sont : la sécheresse, les inondations, les pluies hors saison, les coups de chaleur, les tornades, les pluies précoces d'hivernage en juin, le déficit de pluie au cours de la saison. La zone de couverture peut être très étendue (sécheresse, pluies hors saison...) ou localisée (coup

de chaleur). Les mesures de protection dépassent généralement les capacités de l'exploitation. Ces évènements sont difficilement prévisibles et leurs fréquences sont très variables d'une localité à une autre (AFD, 2011).

Selon les chiffres du MAER, 44% des facteurs de perte de production sont dus à des phénomènes climatiques (DAPSA, 2017). Ces risques affectent particulièrement les cultures pluviales qui font l'objet de notre étude.

II- Les risques sanitaires ou biotiques

On peut y regrouper tout ce qui est lié au parasitisme des cultures (acariens, mouche blanche, thrips, ...), à certains ravageurs (sauteriaux⁴, criquets pèlerins, invasions aviaires...)

Contrairement aux risques climatiques, ici, des mesures de prévention peuvent être prises par l'exploitant ou les services publics (au niveau d'un département, d'une région ou du pays...) pour se prémunir contre ces risques ou atténuer les pertes.

Des éléments d'appréciation peuvent être disponibles pour mieux cerner ces risques (exemple définition de zones ou d'espèces à haut risque...). Les dégâts peuvent être larges ou limités dans l'espace. Toutes les cultures sont concernées, l'exposition étant toutefois différente selon les parasites. Ce risque reste présent dans la zone d'étude et représente, selon les données du MAER, 39% des facteurs de perte (DAPSA, 2017).

III- Les risques anthropiques ou humains

On peut y classer les évènements qui sont liés à l'homme. Ce sont la divagation des animaux, les incendies, les vols, la salinisation des périmètres (par pompage ou irrigation), les qualités des intrants et certains accidents. Ils sont le plus souvent imprévisibles. Pour certains de ces événements (divagation des animaux, incendies) des zones à risques peuvent être définies ou bien l'exploitation peut prendre des précautions pour minimiser le risque ou les pertes (exemple gardiennage et clôture des parcelles cultivées pour lutter contre la divagation des animaux) (Direction des Assurances, 2004). A titre illustratif, la divagation des animaux est à l'origine de 10% des pertes enregistrées sur la production.

IV- Les risques mécaniques

Ce sont des évènements parfois imprévisibles et qui peuvent mettre en cause la production quand ils surviennent. Cette catégorie regroupe tous les risques liés au déficit d'eau relatif aux aménagements et équipements. L'exploitation n'a pas toujours les moyens d'y faire face. Ce phénomène concerne essentiellement les pannes de motopompe en système irrigué, surtout

⁴ Le terme même est emprunté au patois moribond de l'Ouest français pour désigner tous les criquets non grégariques, sédentaires, d'importance économique secondaire. Ils ont toujours été distingués des grandes espèces de type locuste (Criquet migrateur, Criquet pèlerin, Criquet nomade...) qui ont frappé l'imagination des hommes depuis la plus haute antiquité par les rassemblements considérables de larves ou d'ailés dévastant périodiquement les cultures (Duranton, Launois, Launois-Luong, & Lecoq, 1982).

en maraîchage, les délestages d'électricité...Ce risque est relativement faible pour les cultures pluviales annuelles.

V- Les risques commerciaux

Ce sont les éléments du marché : prix et circuits de commercialisation qui échappent aux producteurs. Ce sont des risques liés au marché (écoulement, prix), ainsi on peut y classer : l'évacuation des récoltes (risques de transport), l'écoulement (mévente), les prix.

Il convient dès lors de mettre en place des stratégies de transfert des risques. Ces stratégies sont nombreuses mais nous nous intéressons spécifiquement à l'assurance.

Section II : L'Assurance agricole au Sénégal

L'assurance destinée à la couverture des risques agricoles est une discipline relativement récente au Sénégal. Il convient dès lors d'en définir les différents types, son rôle, son évolution depuis son avènement.

I- Les types d'assurance

Les types d'assurance peuvent être regroupés en trois grandes classes : assurance par indemnisation, assurance revenu et assurance indicielle.

L'assurance par indemnisation : elle est caractérisée par l'exécution d'une prestation financière sur la base de la perte réelle expertisée subie par l'assuré. Les contrats peuvent couvrir un ou plusieurs événements.

L'assurance revenu : elle couvre les parties assurées contre les effets cumulés des rendements bas, des prix faibles ou une combinaison des deux et de la baisse du revenu net. C'est un produit d'assurance où la somme assurée n'est pas liée à la taille de la récolte mais aux recettes ou au revenu qu'elle génère (MAER & USAID, 2018).

L'assurance indicielle : les produits de l'assurance agricole basés sur un indice sont payés sur base de la valeur d'un « Indice » et non pas sur un sinistre mesurable à la différence des systèmes d'assurance par indemnisation. L'indice est une variable, déterminée d'avance, qui est en forte corrélation avec les rendements agricoles (Lagrande & Chetaille, 2010). Il existe deux sous-catégories en assurance indicielle : (1) l'assurance indicielle directe basée sur un rendement moyen par zone, (moyenne du rendement, de la mortalité du cheptel ou des revenus sur un territoire, etc.) ; (2) l'assurance indicielle indirecte, qui repose sur d'autres types de données sous-jacentes telles que la corrélation entre des indices de précipitation, de température ou de végétation (calculés à partir des données de stations météorologiques ou d'images satellite) et les pertes que les agriculteurs subissent sur le terrain (Sandmark, Debar, & Tatin-Jaleran, 2014). L'existence de données suffisantes pour la définition des différents indicateurs identifiés est une condition impérative pour l'objectivité et la transparence des produits d'assurance. La flexibilité de ces produits permet leur utilisation par les petites exploitations et permet aussi de mettre en place de nouveaux produits d'assurance qui n'étaient pas possibles avec les produits d'assurance traditionnelle. Il n'est plus nécessaire d'expertiser chaque sinistre individuellement, ce qui se traduit par la diminution des frais

administratifs et la diminution des coûts des polices (MAER & USAID, 2018). Toutefois, il faut reconnaître que les recherches préalables à l'obtention de l'indice sont onéreuses et mettent en relation plusieurs spécialités, d'où la nécessité d'une bonne coordination (Sall, 2015) (Banque Mondiale, 2012)).

II- Etat des lieux de l'assurance agricole au Sénégal

L'état des lieux de l'assurance agricole au Sénégal sera effectué à travers l'analyse des aspects institutionnels et réglementaires et les fournisseurs de services d'assurance.

A- Les aspects institutionnels et réglementaires

Au Sénégal, les assurances sont régies par le Code d'Assurance sous régional mis en place par la Conférence Interafricaine des Marchés des Assurances (CIMA) en 1995. Ainsi tout nouveau produit d'assurance doit obtenir un agrément de la CIMA avant d'être diffusé. Il existe deux institutions de supervision : au plan régional, la Commission Régionale de Contrôle des Assurances (CRCA) basée à Libreville (Gabon) et au plan national, la Direction des Assurances (DA) rattachée au Ministère de l'Économie et des Finances (MEF) impliqués aussi dans le diagnostic, le suivi du marché des assurances, (Sall, 2015) ; (CIMA, 2014).

Au plan réglementaire, l'Etat du Sénégal a pris des décisions pour la promotion de l'assurance agricole au Sénégal, parmi lesquelles:

- une subvention de 50% des primes d'assurance agricole de certaines grandes spéculations comme le riz, le mil et le sorgho,
- une exonération des contrats d'assurance agricole à la taxe sur les conventions d'assurance (CNAAS & Planet Guarantee, 2016).

B- Les fournisseurs de services d'assurance agricole au Sénégal

L'impact de l'assurance agricole est recherché à trois niveaux déterminants:

- le financement de la production, notamment à travers le crédit agricole ;
- la gestion des calamités par le renforcement de la résilience des producteurs
- la gestion des équipements et du matériel agricoles (MAER, 2013).

Les principaux acteurs impliqués dans la fourniture des services d'assurances au Sénégal sont les suivants :

- **La Compagnie Nationale d'Assurance Agricole du Sénégal (CNAAS)**. Créée en 2008, la CNAAS est née d'un partenariat public-privé et est détenue à 37% par l'Etat du Sénégal, 52% par les assureurs privés, 7% par les organisations paysannes et 1% par les privés nationaux. Elle dispose d'une capacité de couverture des risques agricoles à hauteur de 6,5 milliards de FCFA pour chaque département du Sénégal et de 15 milliards de FCFA pour chaque région. (PRACAS, 2013) (MAER, 2013).
- **La Caisse Nationale de Crédit Agricole au Sénégal (CNCAS)**. Elle dispose en son sein de mécanismes de sécurisation du crédit agricole que sont :

- Un fonds de bonification qui permet d'octroyer le crédit rural à 7,5% au lieu de 14% au taux du marché;
- Un fonds de garantie qui permet de couvrir le risque de non remboursement jusqu'à concurrence de 75%;
- Un fonds de calamités qui prend en charge les sinistres de grande envergure (MAER & USAID, 2018).

De même, les mutuelles, les organisations paysannes, les banques sont également des fournisseurs d'assurance agricole.

III- L'assurance agricole : une réponse aux variabilités climatiques

Depuis la création de la CNAAS, l'expansion de l'assurance agricole dans le secteur des céréales (riz, maïs, mil) et des autres cultures de rentes (arachide et coton) a permis de réduire la vulnérabilité des petits producteurs de céréales aux chocs climatiques en sécurisant les crédits agricoles, protégeant ainsi leurs investissements (IPAR/USAID, 2019).

L'assurance agricole est devenu un instrument de protection des petits producteurs et du Sénégal. Depuis la campagne agricole de 2013, la Compagnie Nationale d'Assurance Agricole (CNAAS) et ses partenaires se sont mobilisés pour la mise en place et l'expansion de solutions d'assurances adaptées au secteur agricole. L'objectif est que l'assurance agricole fasse partie intégrante des chaînes de valeur, et qu'elle devienne financièrement durable, tant du point de vue de l'attractivité pour les producteurs, que du point de vue de la viabilité financière de la CNAAS (MAER & USAID, 2018).

Aussi, la réalisation des risques agricoles (les variations de la pluviométrie, les attaques de ravageurs, les inondations et les défaillances techniques) occasionne des pertes importantes pour les petits producteurs. Elle accentue leur vulnérabilité et les décourage d'investir dans de nouvelles méthodes qui pourraient intensifier leur production. Le système de production est caractérisé par une forte dépendance vis-à-vis de la pluviométrie et des pratiques agricoles rudimentaires (Mahul, 1998).

Les risques élevés n'encouragent pas les banques à financer les petits producteurs qui ne disposent pas de garanties suffisantes pour sécuriser le remboursement en cas de sinistre.

Face à cette situation, l'État du Sénégal, en accord avec la Loi d'Orientation Agro Sylvopastorale (LOASP) et avec l'appui de partenaires privés, a créé en 2008 la CNAAS. Les premières années de la CNAAS ont été marquées par un effort de sensibilisation de la clientèle rurale et le développement d'une offre de services diversifiée avec le soutien de plusieurs partenaires techniques et financiers. Toutefois, malgré le fait que les primes soient subventionnées par l'État, le niveau de pénétration demeurait faible du fait de la réticence des producteurs individuels à souscrire à l'assurance (IPAR/USAID, 2019) (Roth & McCord, 2008).

L'assurance agricole proposée par la CNAAS aux producteurs se divise en deux formules distinctes de détermination des sinistres et de calcul des primes : l'assurance agricole classique (« multirisque ») et l'assurance agricole indicielle.

Dans chaque cas, la couverture proposée par la CNAAS porte sur un capital assuré proportionnel aux besoins du producteur en intrants.

L'assurance agricole classique « multirisque » est principalement destinée à la chaîne de valeur riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal. Elle propose une indemnisation fondée sur la survenance d'un sinistre déclaré par le producteur, puis constaté et mesuré par un expert. Les risques couverts sont principalement les attaques d'oiseaux et d'autres ravageurs, les inondations et les pluies hors-saison. Le seuil de couverture correspond à un pourcentage du crédit de campagne contracté par le producteur.

L'assurance agricole indicielle quant à elle est adaptée au système de production pluviale du centre et du sud du Sénégal où le facteur de risque le plus important est lié à la pluviométrie. Les solutions proposées par la CNAAS portent principalement sur le mil, l'arachide, le riz pluvial et le coton. Les primes et les indemnités sont fondées sur des indices calculés à partir de mesures telles que la pluviométrie et associées à une situation de référence. Deux approches de calcul et de mesure des indices sont actuellement appliquées par la CNAAS:

- 1) les indices pluviométriques au sol sont basés sur des relevés pluviométriques quotidiens captés par des pluviomètres automatiques couvrant chacun un rayon de 5 à 7,5 km ;
- 2) les indices mesurés par télédétection satellitaire fondés sur le prélèvement, tout au long du cycle de production, de mesures telles que la pluviométrie et l'évapotranspiration.

Dans les deux cas, l'indemnisation d'un sinistre est liée aux déficits de la pluviométrie durant les phases cruciales de l'évolution des cultures : semis, levée des plantes, floraison, etc. (IPAR/USAID, 2019).

Depuis sa mise en place l'assurance indicielle a connu une importante évolution. Selon les données de la compagnie, 165 000 producteurs ont été assurés en 2018 pour une prime moyenne de 6 100 F CFA (Données CNAAS).

Tableau 8 : Les chiffres de l'assurance indicielle en 2018

Producteurs assurés	165 000
Prime moyenne	6 100 F CFA
Superficie moyenne	1,3 ha
Capital assuré moyen	107 000 CFA

Source : CNAAS

Aussi pour toutes les catégories de produits, le nombre d'assurés a sensiblement progressé entre 2012 et 2018.

Tableau 9 : Evolution du nombre d'assurés selon le type d'assurance

	Nombre d'assurés en 2012	Nombre d'assurés en 2018
Assurance classique	1 900	28 000
Indice satellitaire	0	94 000
Indice pluviométrique	232	71 000

Source : CNAAS

Enfin, la définition puis l'actualisation des indices par la CNAAS est un processus qui intègre les collaborations de nombreux acteurs, de la recherche agricole (Institut Sénégalais de Recherche Agricole - ISRA), de la météo (Agence nationale de l'aviation civile et de la météorologie - ANACIM) et de services spécialisés en solutions de micro- assurance (Planet Guarantee) et de réassurance (Swiss Re, etc).

IV- Evolution de l'assurance agricole

Depuis son lancement au Sénégal, l'assurance agricole a beaucoup progressé. Les produits d'assurance offerts par la CNAAS aux producteurs se sont diversifiés et le nombre de souscripteurs est passé de 2 127 en 2012 à 193 000 en 2018. Le total des primes encaissées par la CNAAS atteint 1,6 milliards de F CFA en 2018 pour un capital assuré de 19,3 milliards de F CFA ce qui correspond à 238 000 ha de cultures toutes spéculations confondues (Données CNAAS).

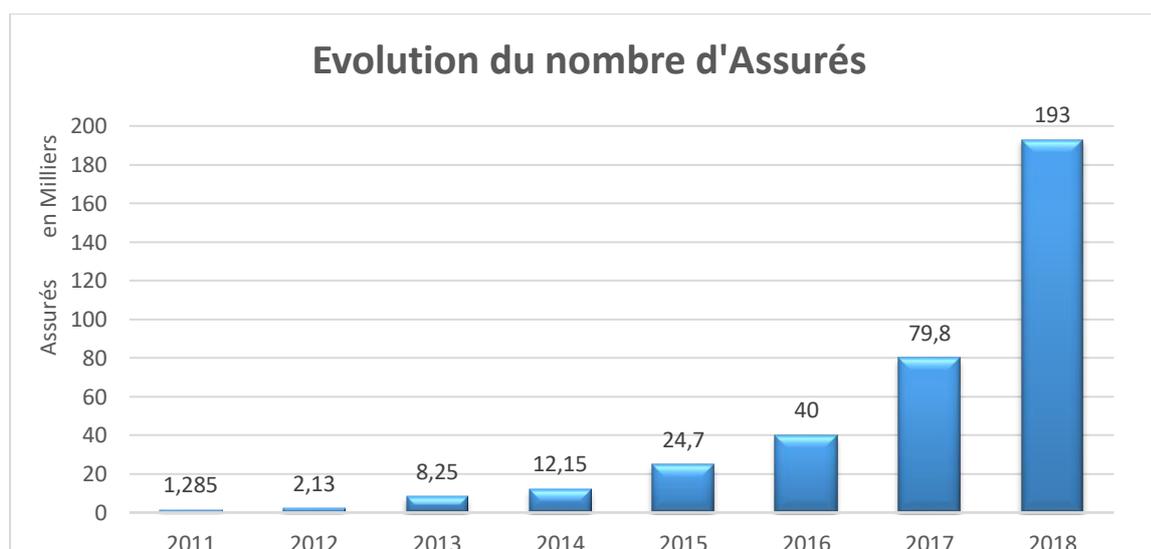
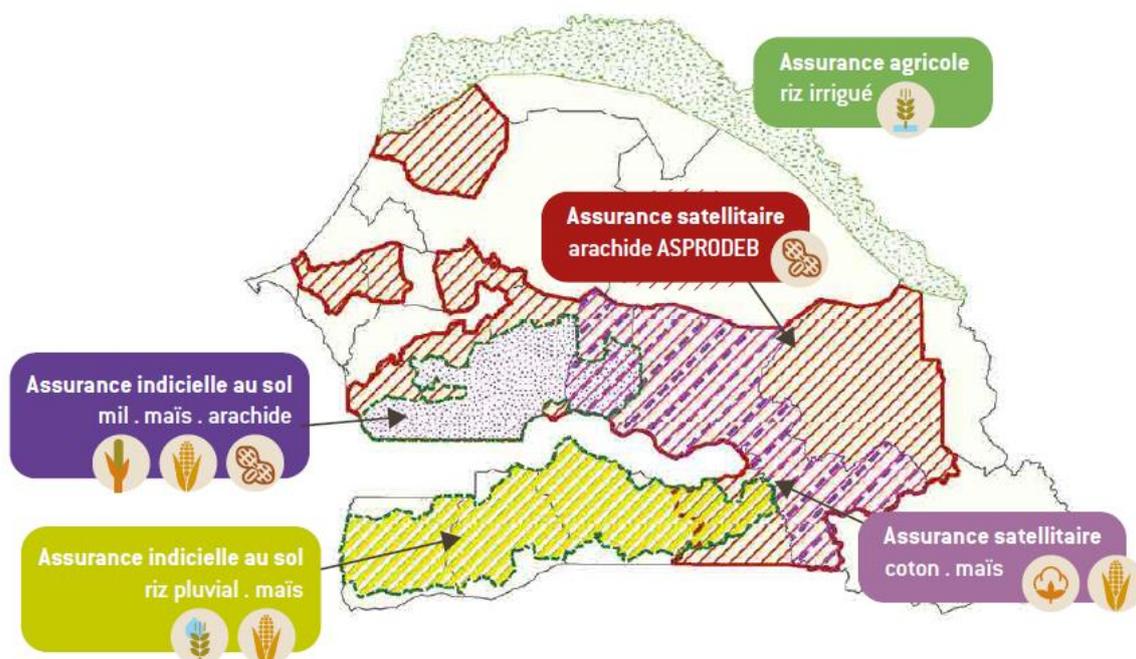


Figure 8 : Evolution du nombre d'exploitants assurés entre 2011 et 2018

Depuis 2016, le portefeuille agricole de la CNAAS croît de manière progressive suite à l'adoption de l'assurance indicelle par le secteur cotonnier sous l'impulsion du programme

de la Société de développement et des fibres textiles (SODEFITEX) financé par la Banque ouest-africaine de développement (BOAD) et à l'adhésion des producteurs d'arachide coordonnée par l'Association Sénégalaise pour la Promotion du Développement par la Base (ASPRODEB) et son réseau de coopératives (IPAR/USAID, 2019). La répartition spatiale des produits de la compagnie est présentée ci-dessous.



Source (IPAR/USAID, 2019)

Figure 9 : Répartition des produits d'assurance selon les zones agro-écologiques

Le chiffre d'affaires de la compagnie et les sinistres réglés ont aussi connu d'importantes évolutions au cours des dernières années.

Tableau 10 : Evolution des primes et sinistres sur les exercices 2015 à 2017 en F CFA

	2015	2016	2017
Primes Emises	736 971 428	864 120 218	1 109 410 692
Cout total des sinistres	194 663 001	324 486 535	827 178 542
Ratio S/P	26,41%	37,55%	74,56%

Source : CNAAS

Chapitre III : Méthodologie de l'étude

Pour la conduite de cette étude, nous avons eu recours à un ensemble d'outils pour éclairer notre objet. La démarche consiste à faire une étude sur les rendements agricoles et de déduire ensuite les variables les plus corrélées et de pouvoir enfin les utiliser dans une optique

d'assurance. En effet, la vulgarisation à grande échelle de l'assurance agricole et son adoption par les exploitants passent nécessairement par la définition d'indices pertinents et compréhensibles.

Aussi, avec les estimations de rendement réalisées, il est possible d'anticiper sur la situation de la sécurité alimentaire dans la zone d'étude en se basant sur les facteurs climatiques. Par conséquent, l'assurance peut devenir un outil pertinent de renforcement des capacités locales à faire face aux différents chocs et un élément central dans la stratégie de résilience développée par les populations vulnérables (SECNSA, 2015).

Section I : Utilisation des données météorologiques et traitement dans AMS

Des données météorologiques mesurées aux stations départementales de Fatick, Foundiougne et Gossas pour la période de 1986 à 2018 ont été collectées. Pour les données de précipitations elles sont disponibles par décades pour la période de 1986 à 2017 et ont été fournies par l'ANACIM. Nous supposons que les données mesurées sont représentatives de la pluviométrie à l'échelle du département. En ce qui concerne les données sur l'ETP, de 1989 à 2017, les informations ont également été mobilisées. Cependant la plage de données fournies par l'agence météorologique n'étant pas complète, nous avons dû la compléter par des données estimées obtenues par télédétection (FIDA/PAM/AFD, 2017). En effet, en dehors de la station de Fatick qui est une station climatologique, les autres stations départementales de Gossas et Foundiougne sont des stations pluviométriques.

Dès lors, du fait de l'impossibilité d'obtenir l'ensemble des données réelles sur l'ETP sur toute la période de référence, nous avons utilisé l'ETP de la base de données ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Ces données ont été téléchargées sur le site du Joint Research Center (JRC) de la Commission Européenne sous forme de shapefiles contenant des points équidistant de 25 kilomètres. A l'aide de l'option de quadrillage 'Fishnet' de Arcmap, nous avons créé une grille contenant des carreaux de 25 kilomètres de côté. Chaque point ECMWF se retrouve au centre de chaque carreau. Les stations sont ensuite projetées sur la grille et chaque station prend les attributs du point qui se trouve dans le carreau (Mohamed -Sallah, 2013). Ainsi nous avons les données d'ETP sur les stations départementales de la région de Fatick.

Une fois ces données collectées, il a été procédé aux opérations ci-après sur le logiciel AMS. Agrometshell (AMS) est un outil développé spécialement par la FAO et qui permet le suivi agrométéorologique des cultures. Son développement a débuté dans les années 1980 afin de trouver un outil qui permettrait d'estimer les rendements dans une optique d'alerte précoce. A l'époque, le prédicteur principal de rendement était le WRI (Water Requirement Index), mais avec le développement de AMS d'autres paramètres issus du modèle de bilan hydrique (CSSWB : Crop specific soil water balance) peuvent à présent être utilisés pour étudier la corrélation entre les conditions météorologiques et le rendement. Le CSSWB model est un modèle de bilan hydrique simple utilisé pour estimer l'impact des conditions climatiques sur les cultures. Il constitue le cœur du fonctionnement d'AMS. Dans ce modèle, le bilan hydrique

est calculé pour un pas de temps décadaire en général. Le pas de temps de 10 jours (une décennie) est suffisant pour estimer, avec une précision acceptable, le bilan hydrique dans un but agrométéorologique (Kouadio, 2007) (Kindo, 2016).

D'abord, pour une bonne prévision de rendement, il est important de bien connaître les paramètres techniques propres aux cultures retenues tels que la date de semis, la durée du cycle cultural et le coefficient cultural en fonction des stades phénologiques. Ces informations peuvent être obtenues sur la base de données historiques ou calculées directement à partir de Agrometshell. D'autres informations sont aussi répertoriées dans le FAO 56 (FAO, 1998).

Pour les données météorologiques, AMS reçoit en données d'entrées des données sur la pluviométrie et l'ETP, par décennie. Le logiciel permet de réaliser des bilans hydriques et de mesurer l'indice de satisfaction en eau. Nous présentons ci-dessous un graphique sur l'indice de satisfaction en eau pour la culture de l'arachide dans le département de Fatick. Par exemple, sur plusieurs années sur la série étudiée la valeur de l'indice était souvent inférieure à 100%, ce qui traduit un manque d'eau pour la culture avec des conséquences négatives sur le rendement. On peut relever que les besoins en eau de la culture de l'arachide n'ont été intégralement satisfaits qu'une seule année pendant la période 1986-2017. Par ailleurs, dans 60% des cas, l'indice de satisfaction en eau se situe à 80% ou moins au cours de la période de référence. Ci-dessous, un graphique représentant l'évolution de l'indice dans le département de Fatick pour l'arachide.

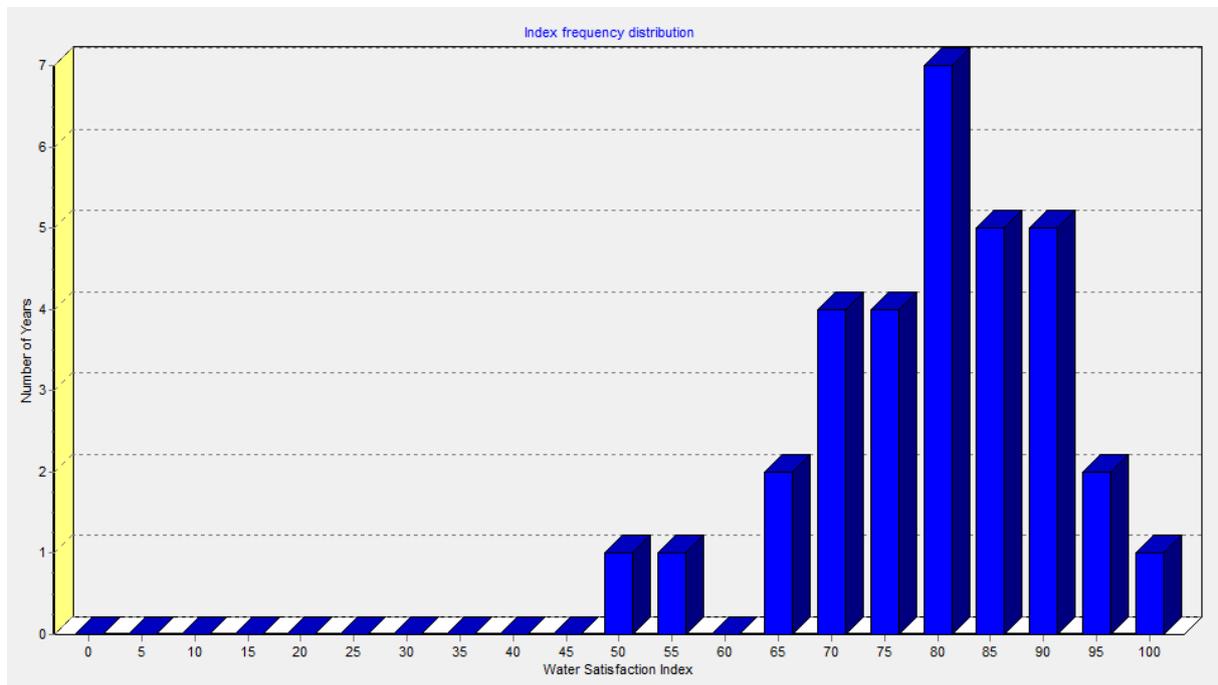


Figure 10 : Evolution de l'indice de satisfaction en eau de la culture d'arachide dans le département de Fatick-1986-2017

Ainsi, le traitement sur AMS permet d'avoir la fréquence de distribution de l'indice par rapport aux années de notre période de référence.

De même, après l'analyse de la tendance globale, il est aussi possible de vérifier la satisfaction des besoins en eau de la culture sur un cycle cultural donné pour une campagne annuelle, par exemple pour la grande saison. AMS permet de mettre en relation les besoins en eau de la culture avec les précipitations réelles tout au long de la période de production de la culture choisie.

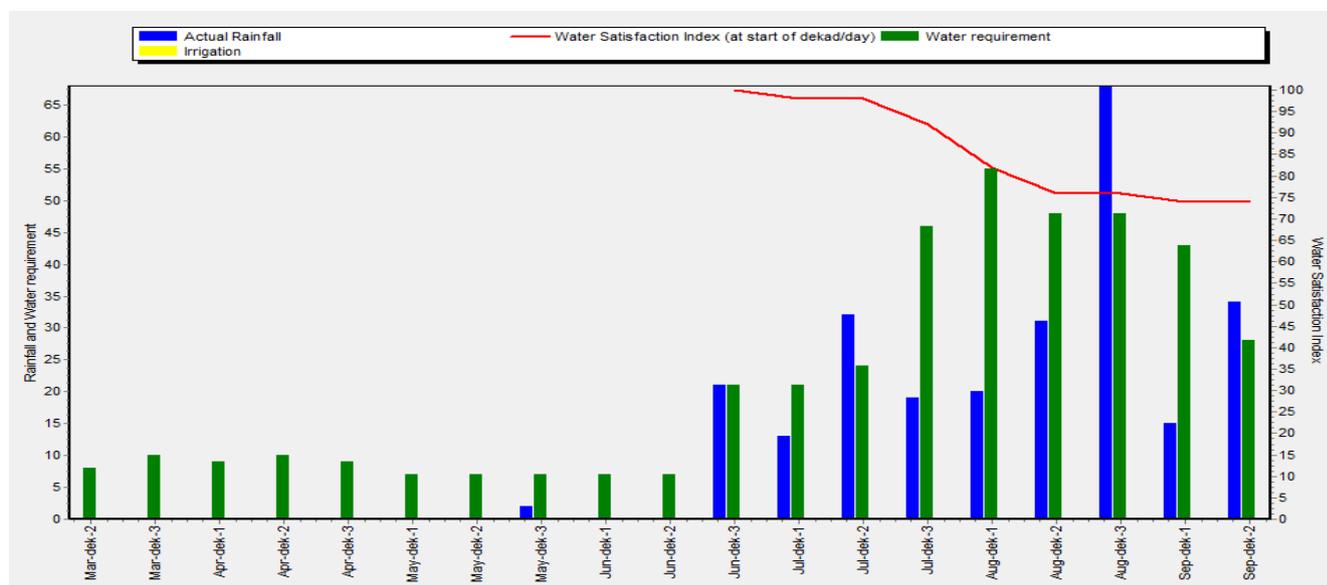


Figure 11 : Comparaison des précipitations avec les besoins en eau pour l'arachide en 2017

AMS fournit également des données sur le coefficient cultural des cultures aux différents stades phénologiques. Ci-dessous, un exemple pour la culture du sorgho.

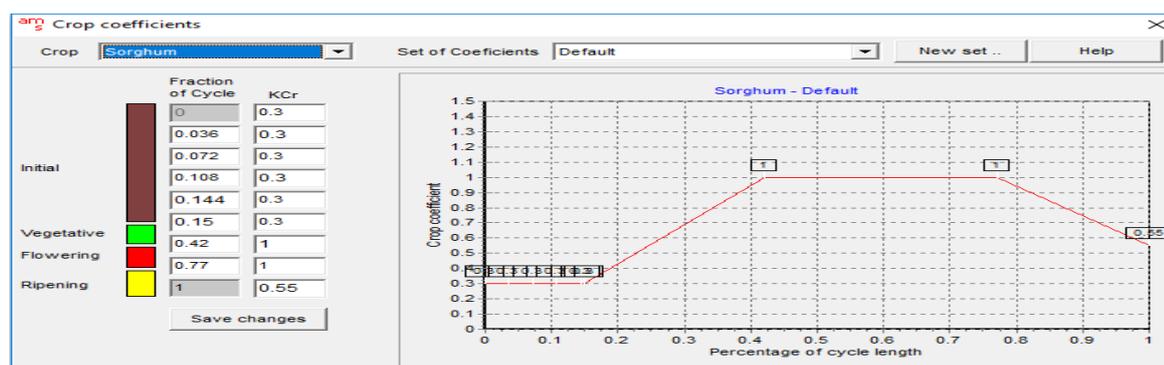


Figure 12 : Coefficient cultural du sorgho

La date de semis pour le sorgho calculé par le logiciel pour l'année 2019 est fixée à la 16^{ème} décade pour cycle de culture de 11 décades. Par contre pour les cultures du mil et de l'arachide la date de semis est fixée à la 18^{ème} décade avec un cycle cultural de 9 décades. Les données sont les mêmes pour les trois départements de la région. Par conséquent, la période de récolte pour les cultures étudiées est fixée à la troisième décade du mois de septembre.

Tableau 11 : Date de semis et durée de cycle cultural pour les cultures retenues

Spécifications	Date de semis	Durée du Cycle cultural
Arachide	18	9
Mil	18	9
Sorgho	16	11

Par ailleurs, AMS utilise d'autres paramètres tels que :

-la capacité de rétention en eau est fixé à 90, La capacité de rétention en eau du sol (Water Holding Capacity WHC) varie en fonction de l'endroit.

- la contribution de l'irrigation : dans notre simulations elle est considérée comme nulle

-le pourcentage « effective rainfall » est fixée à 100%. Il s'agit du pourcentage d'eau qui sera effectif pour la plante.

Après traitement, le logiciel AMS produit les variables de sortie suivantes :

- Teneur en eau du sol initiale (WHCi) ;
- Besoins totaux de la culture en eau (TWR);
- Indice de satisfaction en eau en fin de cycle (Indx, IndxNor, IndxLatest) ;
- Excès en eau à différents stades phénologiques aux différentes phases phénologiques du cycle de croissance respectivement : phase initiale, phase végétative, floraison, récolte et sur tout le cycle: WEXi, WEXv, WEXf, WEXr, WEXt ;
- Déficit en eau à différents stades phénologiques et excès en eau total en fin de cycle (WDEFi, WDEFv, WDEFf, WDEFr, WDEFt) ;
- Evapotranspiration à différents stades phénologiques et sa valeur totale en fin de cycle (ETAi, ETAv, ETAf, ETAr, ETAt) ;
- Cr1a à Cr4a (calculés avec les données pluviométriques réelles) et Cr1n à Cr4n (calculés avec les données pluviométriques normales) indiquent les décades auxquelles le rangeland index (RI) croise la ligne de $0.4 \cdot PET$. Ces décades peuvent être associées aux décades de semis. Le rangeland index (RI) correspond à l'indice de satisfaction en eau développé par la FAO calculée sur une période de 5 décades avec l'évapotranspiration normale prise à son niveau potentiel ($Kc = 1$) et la capacité de teneur en eau du sol égale à 50 mm (Kindo, 2016) (Kouadio, 2007).

Pour notre étude, 18 variables agrométéorologiques ont été retenues. Les valeurs de ces variables sont calculées par département et par culture et intégrées par la suite dans le logiciel statistique (summary Dekad Output).

Section II : Traitement d'images satellitaires

En plus de la collecte et du traitement de données agrométéorologiques, la démarche mise en place dans le cadre de cette étude a également consisté à associer des indices de végétation obtenues par télédétection. En effet, l'idée est d'élargir le plus possible la gamme de variables potentiellement explicatives des rendements et donc pertinentes pour l'industrie de l'assurance. Il faut rappeler qu'il existe une pluralité d'indices de végétation tels que le VCI (Vegetation Condition Index), le FAPAR (Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation), le LAI (Leaf Area Index), ou autres qui auraient pu être utilisées mais nous avons choisi de bâtir notre prévision de rendements sur l'indice NDVI dans la mesure où il s'agit d'un indice répandu, largement utilisé et qui a fait l'objet de nombreuses études dans la littérature scientifique (Rojas, Rembold, Delincé, & Léo, 2011) (IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, 2011).

NDVI signifie Indice de Végétation par Différence Normalisée. Il s'agit d'un indice spectral particulièrement approprié pour l'étude de la végétation (Djaby, 2000). Il est défini par la formule :

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

PIR (proche infrarouge) : spectre du proche infra-rouge

R (rouge): spectre rouge

Dans cette logique, des images satellites SPOT-VGT et Proba-V du 01/04/1998 au 31/12/2018 ont été acquises sur le site de Vito. SPOT (Satellite Pour l'Observation de la terre) est un programme de télédétection mis en place par la France, la Belgique et la Suède. Il possède plusieurs satellites dont SPOT 4 qui dispose à son bord l'instrument VEGETATION. Son objectif est de fournir des mesures précises sur les principales caractéristiques du couvert végétal. Une couverture mondiale quasi-quotidienne et une résolution spatiale de 1 km font de l'instrument VEGETATION un outil idéal pour observer l'évolution de l'environnement à long terme tant au niveau régional que mondial (Mohamed -Sallah, 2013). Sur la période, des données par décade sont disponibles et renseignent sur la végétation. Ce sont des images composites globales sur 10 jours composées à partir des meilleures observations disponibles sur une décade (c'est-à-dire, des jours 1 à 10, 11 à 20 et 21 à la fin du mois). Les produits fournissent des données de toutes les bandes spectrales (proche infrarouge, rouge, bleu), du NDVI et des données auxiliaires sur les paramètres d'acquisition d'images.

Après l'acquisition des images, le traitement des données se fait à travers le logiciel SPIRITS (Software for the Processing and Interpretation of Remotely sensed Image Time Series) qui permet de visualiser, de traiter une série d'images NDVI et d'extraire des valeurs de NDVI par image (avec un masque sur le département) en fonction de la décade et pour l'ensemble de la période retenue (1998-2018). Les images obtenues ont été lissées selon la commande Smooth disponible dans SPIRITS.

Au final, le logiciel permet de générer des variables explicatives phénologiques (11) et de pouvoir les extraire à travers les RUM (Regional Unmixing Means) pour chaque département. Il est donc possible d'établir le profil de la végétation pour un département donné pour une période donnée et de le mettre en relation avec le rendement pour la culture étudiée.

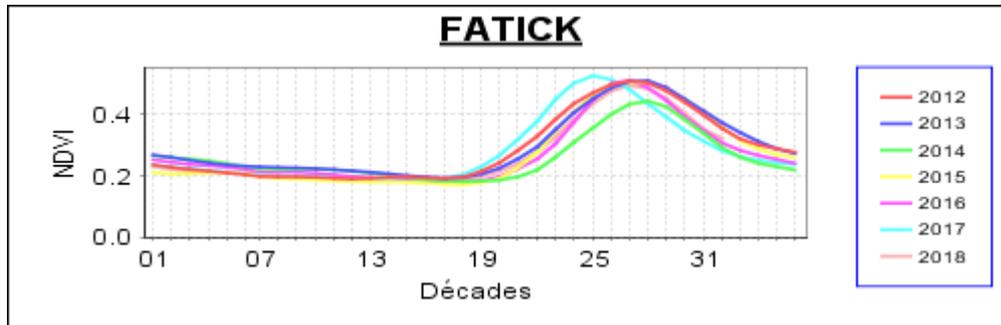


Figure 13 : Profil lissé de NDVI dans le département de Fatick

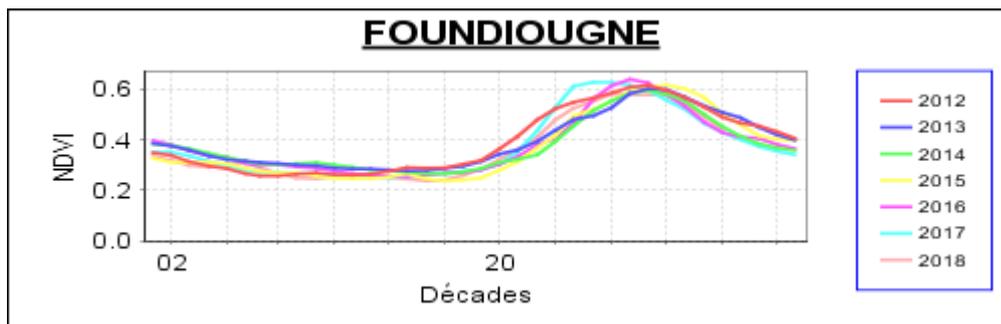


Figure 14 : Profil lissé de NDVI dans le département de Foundiougne

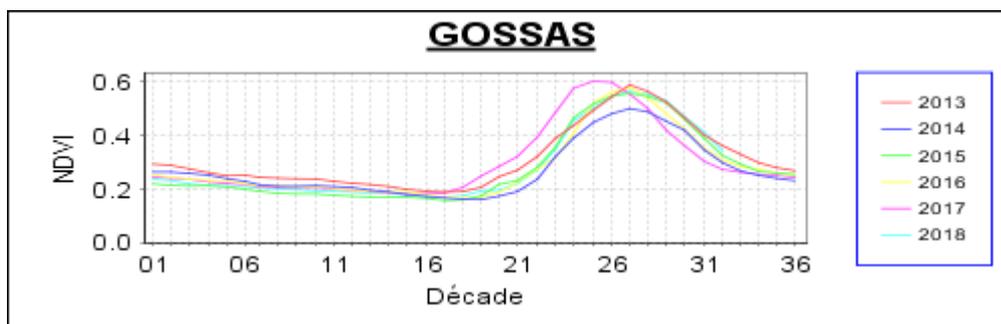


Figure 15 : Profil lissé de NDVI dans le département de Gossas

A travers ces différentes courbes réalisées à partir des données de végétation, nous pouvons constater l'évolution du NDVI durant la saison des pluies. L'évolution des courbes avec leurs allures est sensiblement différente dans chaque département et permet de confirmer la durée

des cycles culturaux calculés par AMS (environ 11 décades en moyenne). Chaque département a un profil de végétation spécifique en terme d'amplitude, de maximum etc.

Aussi, il est possible de tester la variable « moyenne de NDVI » à titre singulier comme unique variable du rendement dans les zones d'étude. Cependant, les corrélations effectuées ont montré des résultats peu satisfaisants (R^2 inférieur à 0.01). Les courbes ci-dessous illustrent bien la faible corrélation entre le NDVI (moyenne pendant la saison des cultures) comme variable unique et le rendement observé. D'où l'intérêt de recourir aux données de végétation à différents stades phénologiques.

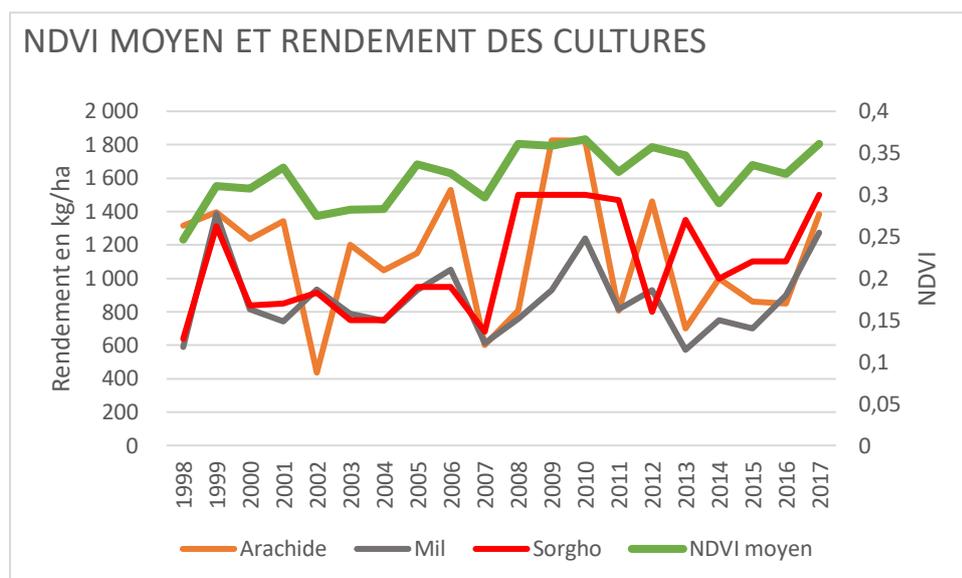


Figure 16 : Evolution du NDVI moyen et des rendements de l'arachide à Fatick

Après traitement, le logiciel SPIRITS produit des variables de sortie. Sur la base de l'indice NDVI, il extrait des paramètres phénologiques à partir de la série d'images périodiques. Ainsi la donnée d'entrée, le NDVI est traitée et ressortie en plusieurs variables en relation avec la phénologie. Ces variables dérivées de l'indice de végétation NDVI sont au nombre de 11 et sont les suivantes (Eerens & Haesen, 2013).

Vav	Average value (or Mean)
Vmn	Minimum value
Vmx	Maximum value
Aup	Largest increase (angle) between subsequent periods
Adn	Largest decrease (angle) between subsequent periods
Rsd	Relative Standard deviation
Rrg	Relative Range (Maximum - Minimum)
Dmn	Relative date of (first) Vmn
Dmx	Relative date of (last) Vmx

Dup

Relative date of (first) Aup

Ddn

Relative date of (last) Adn

Ainsi ces différentes variables, à elles seules d'abord, puis combinées à des variables agrométéorologiques peuvent expliquer avec plus de précision les rendements obtenus dans les zones d'étude.

Section III : Traitement statistique

Après la génération de variables explicatives (agrométéorologiques et phénologiques) du rendement dans la région de Fatick pour l'année grâce aux outils AMS et Spirits, il faut pouvoir procéder à une analyse statistique afin de pouvoir apprécier les variables explicatives les plus corrélées avec le rendement et donc pertinentes pour un système d'assurance.

I- Présentation de CGMS

L'outil statistique CGMS a été mis au point pour le projet MARS du JRC dans le cadre de l'initiative MARS "Actions de soutien à l'élargissement des prévisions de rendement des cultures MARS (MCYFS)". L'outil est conçu pour être utilisé par les analystes de cultures. C'est une version améliorée du module statistique du CGMS qui était utilisé depuis 1994 pour faciliter l'accès à l'information, les prévisions de rendement des cultures à l'échelle nationale et infranationale (Hoek, Goedhart, & Akkermans, 2009). L'analyse des tendances temporelles des statistiques de rendement est suivie par l'analyse de régression ou l'analyse de scénarios à l'aide d'indicateurs biophysiques pour expliquer les statistiques de rendement et la recherche d'années similaires. Des modèles construits sont utilisés pour prédire le rendement de la saison de croissance actuelle (Goedhart & Hoek, 2019).

II- Variables explicatives

Dans le cadre du présent projet, à partir des données de base détaillées précédemment, il convient de transformer ces données en variables explicatives.

Chaque type de données d'entrée a nécessité un traitement particulier avec des outils spécifiques afin d'aboutir à des variables pertinentes pour le rendement.

La méthodologie empruntée est la suivante. Nous avons deux types de données d'entrée :

- d'une part, les variables agrométéorologiques issues des traitements opérés dans AMS
- d'autre part, les variables phénologiques obtenues à partir des traitements des images satellitaires dans SPIRITS

En conclusion, l'addition de ces variables issues d'AMS et de Spirits permet d'avoir au total une trentaine de variables soit phénologiques soit agrométéorologiques susceptibles d'expliquer et de prévoir le rendement des cultures pour les départements de Fatick, Foundiougne et Gossas.

Dans le cadre de la présente étude, 29 variables au total ont été retenues et considérées comme des variables explicatives. La variable expliquée étant ici le rendement. L'outil statistique CGMS va permettre de calibrer et de valider le modèle explicatif de rendement le plus pertinent en fonction des variables définies et des statistiques officielles disponibles pour la région de Fatick pour les cultures retenues (arachide, mil et sorgho).

La tendance technologique, qui correspond au fait que les agriculteurs sont plus expérimentés et utilisent de meilleures techniques culturales, des variétés de semences plus adaptées (développées notamment par l'ISRA), est intégrée dans le modèle statistique. Celle-ci est traduite par la variable année.

III- Elaboration des modèles

La régression est un ensemble de méthodes statistiques très utilisées pour analyser la relation d'une variable par rapport à une ou plusieurs autres. L'outil permet d'opter pour des modèles de régression linéaire ou non linéaire.

L'élaboration du modèle statistique se fait en plusieurs étapes.

D'une part, il faut identifier de manière individuelle chaque variable prise singulièrement pour identifier les variables les plus explicatives du rendement avec l'erreur de prédiction la plus faible (RMSE) et un R^2 important pour attester de la robustesse du modèle.

Le R^2 : Ce coefficient varie entre 0 et 1, soit entre un pouvoir de prédiction faible et un pouvoir de prédiction fort. Le coefficient de détermination (R^2 , soit le carré du coefficient de corrélation linéaire r) est un indicateur qui permet de juger la qualité d'une régression linéaire simple. Il mesure l'adéquation entre le modèle et les données observées ou encore à quel point l'équation de régression est adaptée pour décrire la distribution des points (Scolab, 2019).

$$R^2 = \sum_0^m \frac{(Y_p - \bar{Y})^2}{(Y - \bar{Y})^2}$$

où m est le nombre de mesures, Y la valeur de la mesure, Y_p la valeur prédite correspondante et \bar{y} la moyenne des mesures.

Pour la suite de l'analyse, les différentes valeurs de R^2 seront multipliées par 100.

Le RMSE : L'écart quadratique moyen ou l'erreur quadratique est une mesure fréquemment utilisée pour mesurer les différences entre les valeurs prédites par un modèle ou un estimateur et les valeurs observées (échantillons ou population). Le RMSE représente la racine carrée du second moment d'échantillonnage des différences entre les valeurs prévues et les valeurs observées ou la moyenne quadratique de ces différences. Le RMSE sert à agréger l'ampleur des erreurs des prédictions pour diverses périodes en une seule mesure de la

puissance prédictive. Le RMSE est une mesure de précision qui permet de comparer les erreurs de prévision de différents modèles pour un ensemble de données.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i)^2}$$

Où:

- n: nombre d'échantillons
- f: prévisions
- o: valeurs observées

Le RMSE dans notre étude est exprimée en kg/ha

-le RRMSE : le relative RMSE est exprimé en pourcentage en fonction du rapport entre le RMSE et la prédiction. Il se calcule comme suit :

RRMSE= RMSE/Rendement simulé

Dans une optique d'assurance, il serait préférable d'avoir un indice unique, simple et facilement compréhensible pour l'assureur et les assurés. Cependant, il est encore plus important d'avoir un modèle explicatif pertinent sur lequel des produits peuvent être construits même avec plusieurs variables plutôt qu'un modèle simple et finalement peu fiable.

IV- Calibration et validation du modèle

L'application du modèle de régression complet ou du modèle de scénario nécessite la sélection d'une tendance (linéaire ou quadratique) et un ou plusieurs indicateurs. Cependant, l'on peut analyser la tendance seulement, sans prendre en compte tenir compte des indicateurs dans le modèle.

Le choix principal est ici entre la méthode "Single free indicators" et la méthode "Best sélection subset". La méthode de l'indicateur simple ne convient qu'aux modèles avec un seul indicateur. La meilleure sélection de sous-ensembles correspond aux modèles avec un ou plusieurs indicateurs. Chaque modèle englobe les indicateurs et la tendance temporelle choisie. Donc quand il y a 5 indicateurs, seuls les résultats de 6 modèles seront présentés. La méthode de "Best selection subset" sélectionnera les meilleurs modèles avec de multiples indicateurs (Goedhart & Hoek, 2019).

Les modèles de régression ajustés sont affichés dans la page Output du logiciel CGMS Stastical Tool, où chaque ligne représente une valeur de modèle unique. Les modèles sont sélectionnés et classés en fonction d'une statistique sommaire : R au carré, R au carré ajusté, erreur quadratique de prédiction, erreur-type de prédiction pour la moyenne et l'écart-type résiduel.

Un maximum de 5 statistiques sommaires est affichée pour chaque modèle. Il s'agit notamment des degrés résiduels, la prédiction pour l'année cible.

Section IV : Echantillonnage et enquête de terrain

Dans le but de collecter des données quantitatives et qualitatives qui peuvent renforcer nos connaissances sur le sujet abordé, nous avons entrepris d'administrer des questionnaires aux producteurs de la zone d'étude (voir Annexe 1), mais également de mener des entretiens semi-directifs. Ces interventions ont pu être menées dans le cadre du projet PARERBA de Enabel Sénégal. Ces enquêtes ont été réalisées dans la commune de Keur Samba Gueye qui se trouvent dans le département de Foundiougne.

Le nombre de producteurs recensés par le projet dans notre zone cible s'élève à 642 sur des périmètres de dizaines d'hectares. Le mode de définition de l'échantillon a été établi comme suit selon la méthode préconisée par Rea L.M. et al., 1997 (Pires, 1997).

D'abord, la population cible est exclusivement composée de producteurs qui ont pour activité principale et souvent exclusive l'agriculture.

Pour déterminer l'exactitude nécessaire et suffisante pour atteindre les objectifs de l'enquête, deux paramètres doivent être considérés : la marge d'erreur et l'intervalle de confiance.

La marge d'erreur représente la fourchette de certitude à l'intérieur de laquelle les réponses obtenues sont exactes. Elle a été fixée à 10 %.

L'intervalle de confiance est la probabilité que l'échantillon de personnes interrogées ait une influence sur les résultats de l'enquête. Nous l'avons fixé à 90%

L'échantillon est calculé avec la formule suivante (GRET, 2012) :

$$n = \frac{tp^2 \times P(1 - P) \times N}{tp^2 \times P(1 - P) + (N-1) \times y^2}$$

Avec :

- n : taille de l'échantillon.
- N : taille de la population cible (nombre de ménages, d'usagers, etc.), réelle ou estimée.
- P : proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle. Elle est fixée à 0,5 par défaut, ce qui permet d'avoir le plus grand échantillon possible.
- tp : intervalle de confiance d'échantillonnage.
- y : marge d'erreur d'échantillonnage.

Suivant cette méthode, 61 producteurs ont été interrogés pour recueillir les informations suivantes :

- Leurs caractéristiques sociales des producteurs.
- Leur niveau de connaissance de l'assurance agricole.
- Leur perception sur les niveaux de rendement et la pluviométrie.
- Les facteurs de perte de production.

- Les pratiques culturelles liées notamment à l'utilisation d'engrais, les cultures pratiquées selon les saisons, la durée du cycle cultural.
- Leur affiliation à des organisations paysannes ou à des Systèmes Financiers Décentralisés.
- La disposition à payer une assurance pour leurs récoltes.
- La pratique de l'élevage, la composition du cheptel et les facteurs de mortalité du bétail.

Les enquêtes ont été menées en adéquation avec les règles épistémologiques recommandées (Vilatte, 2007) (Franklin, Walker, & Statistique Canada, 2010). La collecte de ces informations permet au-delà des modélisations d'indices d'identifier les besoins exprimés par les exploitants et de les mettre en relation avec des produits d'assurance existants ou à penser.

Cette activité permet d'avoir une approche sociologique qui peut être un complément pertinent aux méthodes probabilistes. En effet, il ne sert pas d'envisager le rôle important de l'assurance sans pour autant s'intéresser aux bénéficiaires que sont les producteurs.

Section V : Choix des cultures concernées

La présente étude porte sur les cultures de l'arachide, du mil, et du sorgho. Le choix de ces cultures s'explique principalement pour les raisons suivantes :

-le poids de ces cultures sur l'agriculture de la zone d'étude. Il s'agit des cultures principales pratiquées dans la région de Fatick (voir chapitre 1). Ces céréales servent à la nourriture des habitants, l'arachide étant utilisée comme une culture de rente. Leur impact est donc déterminant pour la survie des populations locales.

-Il s'agit de cultures qui dépendent fortement des conditions météorologiques et pour lesquelles la mise en place de l'assurance indicielle climatique est possible.

-Le grand nombre de petits producteurs concernés par ces cultures et dont la sécurité alimentaire dépend largement des productions réalisées.

-Des expériences d'assurance agricole sur ces cultures ont été mises en place par la compagnie, ce qui permet de les interroger et de les analyser de manière critique tout en proposant les meilleures options possibles.

Par ailleurs, des statistiques agricoles officielles sur le rendement des cultures concernées (mil, arachide et sorgho) dans la région de Fatick de 1986 à 2017 ont été fournies par la DAPSA (Direction de de l'analyse, de la prévision et des statistiques agricoles). Ces données ont été renseignées sur le logiciel statistique CMGS en vue de déterminer la tendance des rendements par département et d'élaborer des modèles de prévisions.

Section VI : Intérêt et justification de la méthodologie

Les produits d'assurance actuellement commercialisés s'appuient pour la plupart sur des indices pluviométriques qui reposent sur la base de mesures au sol. Des expérimentations ont été faites sur des indices de pluviométrie à partir de données fournies par satellite. Des données RFE (Rainfall estimate) sont collectées par CNAAS et des indices sont construits sur cette base.

Quid des indices de végétation obtenus par télédétection ? La mise en place de l'assurance indiciaire va nécessiter des installations de stations pluviométriques par l'assureur, ce qui représente un coût important en terme d'investissement pour l'assureur au lancement du produit. Ensuite, si l'objectif est d'étendre et de vulgariser l'assurance indiciaire à grande échelle, il faut développer des systèmes de couverture plus souples et moins coûteux. C'est dans cette optique, que nous avons testé et proposé un produit d'assurance qui reposerait sur des indices gratuits accessibles à partir de la télédétection notamment le NDVI et qui pourrait être ajusté en fonction des pertes. Les indices ont été conçus de manière à capter le mieux possible les pertes de production et de pouvoir déclencher des indemnités.

Enfin, une fois ces indices retenus suivant les différentes méthodes proposées, il sera question de confectionner un produit d'assurance agricole à l'échelle d'un département pour une culture donnée. De manière simple, la conception d'un produit d'assurance doit tenir compte de la prime, du nombre d'assurés, des capitaux garantis et de la sinistralité.

Chapitre IV : L'assurance, véritable outil de résilience aux chocs climatiques et à l'insécurité alimentaire ?

Nous présenterons dans ce chapitre les différents résultats obtenus à travers les simulations réalisées. Ensuite, nous proposerons des modèles d'estimation de rendement assuré, de calculs des primes d'assurances et des indemnités à verser aux producteurs. Enfin des recommandations et perspectives en vue de la performance du système d'assurance seront formulées et dégagées.

Section I : Présentation des résultats

Les résultats obtenus concernent principalement les modèles d'estimation des rendements et de détermination des indices mais aussi le calcul des paramètres techniques de l'assurance tels que les primes, indemnités et capitaux assurés.

I- Sur les modèles d'estimation de rendement et des indices

Des simulations opérées sur CGMS ont permis de prévoir (simuler) les rendements pour l'année-cible. 2017 est pris comme année cible dans la simulation dans CST puisqu'il s'agit de la dernière année connue avec toutes les informations nécessaires disponibles (rendement,

météo, indices de végétation). Sur la base des prévisions, le logiciel permet d'identifier et de sélectionner les variables les plus pertinentes. Mais aussi pour mieux apprécier les caractéristiques de chaque modèle, notamment sa robustesse et sa capacité prédictive, les données suivantes ont été comparées : R^2 , RMSE, RRMSE (Bronne et al., 2008). Le rendement prévu pour une année donnée est le rendement simulé à partir de l'équation du modèle ressorti par CGMS pour l'année. Nous l'appellerons pour la suite $Y_{\text{année}}$.

Nous présentons ci-dessous les résultats obtenus pour chaque département.

Département de Fatick

Tableau 12 : Modèles de rendement dans le département de Fatick

	Variables du modèle	R^2	RMSE en kg/ha	RRMSE	CULTURE	DEPARTEMENT
Modèle sur base indices de végétation	VAV	45,18	260,21	30,59%	Arachide	FATICK
Modèle sur base indices agrométéorologiques	Cr1a-WEXf-TWR	43,84	273,96	40,46%	Arachide	FATICK
Modèle mixte	ETAf-TWR-VMX-AUP	71,65	207,64	35,91%	Arachide	FATICK
Modèle sur base indices de végétation	AUP-RSD	58,8	141,22	15,86%	Mil	FATICK
Modèle sur base indices agrométéorologiques	TWR-WEXf-ETAr-WEXt	84,81	94,96	12,50%	Mil	FATICK
Modèle mixte	DDN-TWR-RSD-AUP	71,8	136,57	17,73%	Mil	FATICK
Modèle sur base indices de végétation	AUP-RSD	57,43	165,71	18,38%	Sorgho	FATICK
Modèle sur base indices agrométéorologiques	WDEFv-WDEFi-TWR	69,48	144,24	13,78%	Sorgho	FATICK
Modèle mixte	AUP-WDEFi-TWR-VAV	85,77	107,15	10,41%	Sorgho	FATICK

Dans le département de Fatick les résultats obtenus appellent les commentaires suivants.

- Pour la culture de l'arachide la combinaison de variables agrométéorologiques et des variables phénologiques permet d'obtenir le meilleur modèle avec un R^2 de 71,65. Les variables pertinentes sont l'évapotranspiration au stade final, le besoin total en eau, la valeur maximale de NDVI, et l'augmentation de NDVI la plus importante sur deux périodes subséquentes. Cependant, l'erreur de prédiction ressortie par le modèle reste relativement importante (35,91%), ce qui aura une incidence dans la

détermination des produits d'assurances. Par contre, on remarque que les modèles sur base exclusive d'indices de végétation ou d'indices agrométéorologiques n'offre pas suffisamment de précision pour être utilisé dans une optique d'assurance (R^2 trop faible et RRMSE important)

- Par contre, pour la culture du mil, l'emploi exclusif de variables agrométéorologiques a pour conséquence de définir le meilleur modèle pour le rendement de l'année cible. Le modèle le plus pertinent permet d'avoir un R^2 de 84,81 avec une erreur prédictive de seulement 12,5%. Les variables les plus corrélées avec le rendement pour la culture du mil sont le besoin total en eau, l'excès en eau et le déficit en eau en phase initiale. Ce modèle rappelle l'importance de l'eau et donc de la pluviométrie pour un bon développement de la culture du mil dans le département de Fatick. Par ailleurs, l'intégration des variables phénologiques permet cependant d'avoir toujours un modèle pertinent ($R^2=71$) mais qui se situe bien en deçà des résultats obtenus sur la base exclusive des indices agrométéorologiques.
- Les résultats des simulations pour la culture du sorgho sont plutôt bons quelque soient les variables employées. Toutefois, le modèle le plus pertinent repose sur la combinaison des variables agrométéorologiques et phénologiques. Avec un R^2 de 85,77 et une erreur de prédiction de 10%, ce modèle repose sur les variables suivantes : le déficit initial en eau, le besoin total en eau, la moyenne de NDVI et la croissance de NDVI la plus importante.

Département de Foundiougne

Tableau 13 : Résultats des simulations pour le département de Foundiougne

	Variables du modèle	R2	RMSE	RRMSE	CULTURE	DEPARTEMENT
Modèle sur base indices de végétation	AUP-RSD	55,7	294,37	19,17%	Arachide	FOUNDIOUGNE
Modèle sur base indices agrométéorologiques	ETAr-ETAt-WEXf	51,51	316,7	21,12%	Arachide	FOUNDIOUGNE
Modèle mixte	VMX-Swi-DUP-DMX	57,2	347,16	33,45%	Arachide	FOUNDIOUGNE
Modèle sur base indices de végétation	ADN-DMN	50,92	174,15	26,28%	Mil	FOUNDIOUGNE
Modèle sur base indices agrométéorologiques	WDEFi-WDEff-ETAr	53,5	171,72	21,53%	Mil	FOUNDIOUGNE
Modèle mixte	RRG-WDEFi-TWR-ADN	68,69	142,76	20,55%	Mil	FOUNDIOUGNE
Modèle sur base indices de végétation	DMN	52,24	242,85	16,83%	Sorgho	FOUNDIOUGNE

Modèle sur base indices agrométéorologiques	WEXr-WDEFt-ETAf	47,12	274,32	19,94%	Sorgho	FOUNDIOUGNE
Modèle mixte	WDEFt-ETAf-AUP	48,29	277,27	21,69%	Sorgho	FOUNDIOUGNE

Pour le département de Foundiougne, les résultats obtenus sont les suivants.

- Pour la culture de l'arachide dans le département les résultats des modèles simulés sont assez proches avec des caractéristiques voisines en terme de R^2 et de RRMSE. Toutefois, à l'analyse des résultats, le modèle composé exclusivement d'indices phénologiques offre les meilleures performances. En effet, le résultat du modèle mixte, avec une erreur de prédiction de 33,45%, fait qu'il ne peut être retenu même si par ailleurs il présente un coefficient de détermination supérieur (57,2). Ainsi, les variables phénologiques retenues (AUP-RSD) par le modèle sélectionné présente une erreur de 19,17% pour un R^2 de 55,7. Par conséquent, pour la culture de l'arachide dans le département des produits d'assurance sur base exclusive d'indices de végétation sont envisageables.
- Relativement à la culture du mil dans la zone de Foundiougne, le modèle le plus explicatif du rendement associe à la fois des variables phénologiques et agrométéorologiques. Pour ce qui est des variables agrométéorologiques, le modèle a retenu les déficits en eau en phases initiale et finale. Les variables phénologiques pertinentes à prendre en considération dans ce modèle sont le RRG et l'ADN. Au final la combinaison de ces variables permet d'anticiper un rendement pour l'année cible avec un coefficient de détermination 68,69 et une erreur de prédiction de 20%.
- Enfin pour la culture du sorgho, à l'inverse des autres cultures, le modèle retenu est obtenu à partir des indices de végétation. La variable la plus corrélée au rendement et qui l'explique avec plus de précision étant une variable unique à savoir le DMN. Ce modèle offre des performances qui sont supérieures aux autres résultats impliquant l'emploi d'autres variables (R^2 de 52,24 pour un RRMSE de 16,83%).

Département de Gossas

Tableau 14 : Résultats des simulations pour le département de Gossas

	Variables du modèle	R2	RMSE	RRMSE	CULTURE	DEPARTEMENT
Modèle sur base indices de végétation	AUP-DUP	63,73	203,17	17,97%	Arachide	GOSSAS
Modèle sur base indices météorologiques	WDEFf-TWR-ETAf	46,87	236,31	35,62%	Arachide	GOSSAS

Modèle mixte	WEXf- VMN-DUP- AUP	64,74	187,36	17,07%	Arachide	GOSSAS
Modèle sur base indices de végétation	DMN-RSD	42,1	168,53	23,56%	Mil	GOSSAS
Modèle sur base indices météorologiques	WEXf-ETAI	53,55	151,31	29,92%	Mil	GOSSAS
Modèle mixte	ETAI-WEXf- VAV-AUP	60,01	143,41	22,53%	Mil	GOSSAS
Modèle sur base indices de végétation	AUP-VAV	68,09	183,42	18,56%	Sorgho	GOSSAS
Modèle sur base indices météorologiques	ETAt-ETAr- ETAF	59,12	216,82	21,68%	Sorgho	GOSSAS
Modèle mixte	WEXf- VMX-VAV- AUP	80,31	168,73	22,92%	Sorgho	GOSSAS

- Pour la culture de l'arachide dans le département de Gossas, la combinaison exclusive de variables agrométéorologiques n'offre pas de très bonnes sorties. Par contre, l'intégration d'autres variables phénologiques permet au final d'avoir un modèle qui présente de bonnes caractéristiques avec un coefficient de détermination de 64,74. L'erreur de prédiction de ce modèle est acceptable avec 17%. Par ailleurs, il faut noter que le modèle sur base des indices phénologiques présente également de bons résultats.
- En ce qui concerne la culture du mil, les variables les mieux corrélées au rendement sont obtenus à travers un modèle combiné qui associe des indices tels que l'évapotranspiration en phase initiale, l'excès en eau en phase finale et la moyenne de NDVI. Le rendement pour l'année cible est ressorti avec un modèle qui comporte un coefficient de détermination de 60,01 et une erreur de prédiction de 22,51%. Par contre l'utilisation exclusive des variables phénologiques ne garantit pas un modèle satisfaisant ($R^2=42$).
- Il est nécessaire pour la culture du sorgho d'employer un modèle rendement qui tient compte de l'ensemble des variables disponibles. En effet, la combinaison des variables agrométéorologiques et phénologiques permet d'avoir un modèle explicatif de rendement de la culture du sorgho pour le département de Gossas qui présente des performances statistiques appréciables. Le modèle retenu s'appuie sur quatre variables (WEXf-VMX-VAV-AUP) avec notamment un R^2 supérieur à 80 et un RRMSE de 22,92%.

II- Formulation des équations de rendement pour l'année d'assurance

A partir des différents modèles de rendements établis par département et par culture, l'assureur peut déterminer les équations de rendement pour l'année d'assurance en tenant compte des variables choisies par le modèle explicatif. Par exemple pour la culture du mil dans le département Fatick le modèle associe les variables suivantes : ETAr, TWR, WEXf, et WEXt. Sur la base des paramètres du modèle et de la tendance de la régression statistique (linéaire ou quadratique), l'équation du rendement peut être déterminée. Le résumé statistique fournit les informations nécessaires à la transcription de l'équation de rendement.

Tableau 15 : Résumé statistique des données de sortie d'un modèle

Parameter	estimate	s.e.	tvalue	t pr.	vif
Constant	-11788.283	8961.960	-1.32	0.211	*
Timetrend linear	5.367	4.514	1.19	0.256	1.673
15 ETAr	54.643	8.234	6.64	1.62E-005	5.354
21 TWR	-8.517	1.586	-5.37	1.27E-004	3.020
26 WEXf	-5.428	1.256	-4.32	8.29E-004	4.981
28 WEXt	2.739	0.506	5.41	1.19E-004	5.665

Les résumés statistiques similaires à celui présenté ci-dessus sont fournis par le logiciel CGMS pour chaque modèle. Sur cette base, il est possible de formuler le rendement sous une équation. Les différentes équations du rendement pour notre zone d'étude sont renseignées dans le tableau récapitulatif ci-dessous pour le modèle le plus performant par département et par culture. Il faut préciser que pour les régressions en modèle quadratique le manuel de CGMS recommande de tenir compte d'un offset fixé à 1965 (Goedhart & Hoek, 2019).

Tableau 16 : Formulation des équations de rendement par département et par culture

Département	Culture	EQUATION DU RENDEMENT-PAR ANNEE ; $y_{\text{année}}$
FATICK	Arachide	$-7454,72-16,879(\text{Année}-1965)-1178,636(\text{AUP})+9763,905(\text{VMX})+10,720(\text{ETAf})+9,877(\text{TWR})$
FATICK	Mil	$-11788,283+5,367(\text{Année})+54,643(\text{ETAr})-8,517(\text{TWR})-5,428(\text{WEXf})+2,739(\text{WEXt})$
FATICK	Sorgho	$4287,112-2,482(\text{Année})-452,887(\text{AUP})+3979,584(\text{VAV})-3,702(\text{TWR})-52,761(\text{WDEFi})$
FOUNDIOUGNE	Arachide	$5106,195-4,339(\text{Année}-1965)+70,894(\text{DMX})-54,644(\text{DUP})+5373,112(\text{VMX})-165,605(\text{Swi})$
FOUNDIOUGNE	Mil	$-12724815,034+12655,987(\text{Année})-3,147(\text{Année})^2-11556,164(\text{ADN})+22,487(\text{RRG})+6,602(\text{TWR})+62,916(\text{WDEFi})$

FOUNDIOUGNE	Sorgho	81025,901+41,041(Année)-21,710(DMN)
GOSSAS	Arachide	13150,162-480,788(Année-1965)+5,863(Année-1965) ² -977,007(AUP)-21,581(DUP)-4504,248(VMN) -3617(WEXf)
GOSSAS	Mil	1878,765-0,825(Année)-339,029(AUP)+1104,049(VAV) +49,839(ETAi)+6,803(WEXf)
GOSSAS	Sorgho	-25389,203+13,265(Année)-493,979(AUP)+8229,139(VAV) -5222,812(VMX)+2,603(WEXf)

Les modèles d'assurance à déterminer vont être conçus à partir des équations de rendements obtenues à partir des meilleures simulations par département et par culture. Pour chaque année d'assurance, il convient seulement de remplacer la valeur « Année » contenue dans l'équation par la valeur de l'année cible correspondante (par exemple 2019, 2020, 2021 ou 2022), l'équation elle restant inchangée.

III- Estimation du rendement assuré

Une fois les équations de rendement formulées, l'assureur peut soit déterminer les valeurs seuils des variables explicatives soit fixer le rendement seuil qui sera l'objet de l'assurance. En pratique, il est plus simple de fixer les valeurs de rendement que les valeurs des indices notamment pour les équations de rendement à plusieurs variables.

Pour rappel, l'assurance indicielle telle qu'elle est pratiquée actuellement est basée sur la détermination de valeurs pertinentes telles que la pluviométrie pour déclencher des indemnités : on parlera d'assurance indicielle indirecte. Le schéma proposé par ce travail est la mise en place d'un régime d'assurance indicielle mixte qui associe à la fois le rendement et les indices.

Nous rappelons que le rendement calculé à partir du modèle pour une année cible est noté $Y_{\text{année}}$. Le rendement assuré par l'assureur pour une année donnée est noté $Y_{\text{assuré}}$. D'où la relation idéale suivante :

$$Y_{\text{assuré}} = Y_{\text{année}} \times (1 - \text{RRMSE})$$

Par prudence, l'assureur cherchera à minimiser l'incertitude relative à la prévision pour l'année cible et ressortie par le modèle simulé.

Cependant, $Y_{\text{année}}$ est souvent déterminé en fin de campagne agricole (fin septembre) lorsque tous les indices sont connus alors que l'assureur a besoin de fixer un rendement seuil qui fera l'objet de couverture avant le début de la campagne. Cette contrainte rend cette formule inopérante dans la majeure partie des cas, à l'exception des indices précoces.

Dès lors, il est possible pour l'assureur d'envisager une couverture pour l'année N sur la base de la moyenne des rendements officiels sur les trois derniers exercices dans un département et pour une culture donnée. Nous appellerons cette valeur Y_{moyen} :

$$Y_{\text{moyen}} = \text{Rendement officiel N-1} + \text{Rendement officiel N-2} + \text{Rendement officiel N-3} / 3$$

Cette valeur permet d'avoir une meilleure idée sur les tendances de la culture sur une zone déterminée. Elle sera retenue pour la suite des calculs.

En conséquence le rendement assuré sera déterminé de la manière suivante :

$$Y_{\text{assuré}} = Y_{\text{moyen}} \times (1 - \text{RRMSE})$$

Par exemple, pour Fatick-Mil, le rendement moyen au cours des trois dernières années est de 945 kg/ha et le RRMSE du modèle retenu de 12,45%. Par conséquent, pour la culture du mil dans le département de Fatick :

$$Y_{\text{assuré}} = 945 \text{ kg/ha} \times (1 - 12,5\%) = 826,9 \text{ kg/ha.}$$

Pour ce cas précis, le rendement à couvrir par la compagnie sera de 826,9 kg/ha. Les rendements assurés pour les autres cultures ont été obtenus suivant le même principe et résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Synthèse des rendements assurés par département et par culture

DEPARTEMENT	CULTURE	Rendement moyen Y_{moyen} kg/ha	RRMSE	Rendement assuré $Y_{\text{assuré}}$ kg/ha
FATICK	Arachide	1033	35,91%	662,0
FATICK	Mil	945	12,50%	826,9
FATICK	Sorgho	723	10,41%	647,7
FOUNDIOUGNE	Arachide	1032	33,45%	686,8
FOUNDIOUGNE	Mil	959	20,55%	761,9
FOUNDIOUGNE	Sorgho	1233	16,83%	1025,5
GOSSAS	Arachide	834	17,07%	691,6
GOSSAS	Mil	686	26,62%	503,4
GOSSAS	Sorgho	683	22,92%	526,5

Une fois le rendement assuré fixé par l'assureur, il est possible de le traduire en valeur monétaire. Nous appellerons $C_{\text{assuré}}$, le capital garanti par l'assureur et qui sera l'indemnité maximale à payer en cas de sinistre.

La fixation du capital assuré se fera de la manière suivante :

$$C_{\text{assuré}} = Y_{\text{assuré}} \times \text{Superficie cultivée} \times \text{Prix officiel du kg}$$

A titre illustratif un exploitant agricole qui pratique la culture du sorgho dans le département de Foundiougne sur une superficie de 5 hectares aura un capital assuré décliné comme suit :

Calcul du rendement assuré $Y_{\text{assuré}}$:

$$Y_{\text{assuré}} = \gamma_{\text{moyen}} \times (1 - \text{RRMSE}) = 1\,233 \text{ kg/ha} \times (1 - 16.83\%) = 1\,025,5 \text{ kg/ha}$$

$$C_{\text{assuré}} (\text{pour 1 ha}) = 1\,025,5 \text{ kg/ha} \times 1 \text{ ha} \times 300 \text{ FCFA}^5 = 307\,646 \text{ F CFA}$$

$$C_{\text{assuré}} (\text{pour 5 ha}) = 307\,646 \text{ F CFA} \times 5 \text{ ha}, \text{ soit un capital garanti de } 1\,538\,229 \text{ F CFA}$$

Par ailleurs, par simplification, l'assureur peut recourir à la méthode forfaitaire pour la détermination du capital assuré : dans ce cas, l'assuré fixe librement le capital qu'il souhaite faire assurer.

IV- Détermination des indemnisations

Contrairement au régime d'indemnisation en assurance indicielle qui repose sur des paiements à différentes phases de la culture (semis, floraison...), le schéma proposé dans le cadre du présent travail repose sur le versement d'une prestation financière unique en fin de campagne. La fin de la saison pour les cultures étudiées est fixée à la 27 décade de l'année. Plusieurs éléments sont à connaître pour le calcul des indemnisations :

- Les valeurs des variables explicatives du modèle retenu par l'assureur en fin de campagne à la décade 27 de l'année (fin septembre). Dès lors, pour l'année assurée, il faut réaliser de nouveaux bilans hydriques et calculer les données phénologiques à partir d'une image satellite selon les modalités déjà décrites.
- Le rendement seuil assuré fixé en début de campagne.
- Le prix du kg au producteur fixé par l'Etat et disponible auprès de l'Agence statistique et des organismes comme la FAO.
- Les charges d'exploitation investies par le producteur. En effet, l'indemnisation ne porte pas sur tout le chiffre d'affaires potentiel à réaliser par l'exploitant mais une partie, puisque celui-ci a mobilisé des ressources fixes et variables pour réaliser ce chiffre d'affaires.
- La franchise de l'assureur : c'est la part de l'indemnité qui reste à la charge de l'assuré. Elle n'est cependant pas obligatoire dans un contrat d'assurance.

Pour la détermination des indemnisations, il faut tenir compte des hypothèses suivantes:

Si $Y_{\text{année}} - Y_{\text{assuré}} > 0$, alors il n'y a pas d'indemnisation de la part de l'assureur. Nous rappelons que le rendement de l'année $Y_{\text{année}}$ doit être calculé en fonction de l'équation du rendement.

Par contre, si $Y_{\text{année}} - Y_{\text{assuré}} < 0$, alors le rendement prédit par le modèle est inférieur au rendement seuil assuré, l'exploitant a subi une perte et sera indemnisé sur la base de la

⁵ (ANSD, 2018a) Bulletin Mensuel des statistiques économiques

relation ci-dessous. Nous appelons I l'indemnité qui sera ainsi calculée et P la perte de rendement subie par l'exploitant, soit $P = Y_{\text{assuré}} - Y_{\text{année}}$, avec $P > 0$.

$I = P \times \text{Superficie cultivée} \times \text{prix officiel du kg-charges d'exploitation-franchise}$

Par exemple, pour un exploitant en arachide à Foundiougne assuré pour 500Kg/ha sur une superficie de 5 ha, le modèle a prévu un rendement de 300 kg/ha pour l'année cible. Les charges d'exploitation à l'hectare sont de 10 000 F CFA pour une franchise de 25 000 F CFA. Le prix du kg est fixé à 500 F CFA.

$P = 500 - 300 = 200$ kg/ha soit la perte estimée par le modèle.

$I = (200 \text{ kg/ha} \times 5 \text{ ha} \times 500 \text{ F CFA}) - (10.000 \text{ F CFA} \times 5 \text{ ha}) - 25 000 \text{ FCFA} = 375 000 \text{ F CFA}$.

L'assuré recevra de la part de l'assureur un versement de 375 000 F CFA.

V- Calcul des primes

La prime est la contrepartie financière exigée par l'assureur à l'assuré pour la couverture d'un risque. La prime pure correspond au coût du risque. Au plan actuariel, la prime pure est obtenue par la formule suivante :

Prime pure = coût moyen d'un sinistre (c) x fréquence (p), avec

$c = \text{Coût total des sinistres} / \text{Nombre de sinistres}$

$p = \text{Nombre de sinistres} / \text{Nombre d'assurés}$.

Cette formule suppose l'indépendance entre les risques. Or, en assurance agricole, les risques sont covariants et donc fortement dépendants. Une sécheresse dans un département affecte l'ensemble des assurés de la même zone. Dès lors, l'estimation de la prime doit tenir de ces particularités. Par conséquent, la méthode utilisée ne peut pas tenir compte de l'indépendance des risques et du nombre d'exploitants assurés puisqu'il s'agit d'un paramètre inconnu. Dès lors, la compensation entre assurés n'est pas intégrée dans le schéma de détermination de la prime. En effet, le niveau de risque est fonction du capital assuré et des rendements historiques : des exploitants d'une même zone peuvent payer des primes différentes. Le modèle de tarification est un modèle individuel consistant à estimer le coût de chaque sinistre en fonction de sa probabilité d'occurrence. Les différentes étapes nécessaires au calcul des primes obtenues sont décrites ci-après :

-la détermination du nombre d'évènements indemnisables : il s'agit de faire le décompte sur la période de référence 1986-2017, du nombre de fois où le rendement officiel de l'année cible (Y_{officiel}) a été inférieur au rendement seuil assuré ($Y_{\text{assuré}}$). Ceci permet de savoir le nombre d'évènements considérés par l'assureur comme étant des sinistres subis par l'exploitant et où par conséquent un processus d'indemnisation doit survenir. Par exemple, pour la culture de l'arachide à Fatick, 13 cas d'évènements indemnisables par l'assureur

(sinistres) ont été notés avec un rendement officiel inférieur au rendement assuré de 662 kg/ha au cours de la période de disponibilité des données de rendement (1986-2017).

Donc : Evènements indemnisables décomptés = Nombre de fois ($y_{\text{officiel}} < y_{\text{assuré}}$),

-la détermination de la probabilité d'occurrence d'un sinistre inférieur au rendement assuré s'obtient par la formule suivante :

$P = \text{Evènements indemnisables décomptés} / \text{Nombre d'années de la période de référence}$

Par exemple, pour l'arachide dans le département de Fatick la probabilité de survenance d'un sinistre avec un seuil assuré fixé à 662 kg/ha est de 40,63% (=13/32). Pendant la période de référence (32 années), les évènements indemnisables décomptés sont au total de 13. En conséquence, la probabilité pour l'assureur d'observer un rendement inférieur à 662 kg/ha est de 40,63%. Il est clair qu'en fonction du capital assuré fixé par l'exploitant, la probabilité d'occurrence d'un sinistre sera recalculée sur la base des données historiques de rendement pour la culture et le département. Le calcul des probabilités en assurance est une discipline particulière et peut souvent faire recours à des lois statistiques complexes : loi de Bernoulli, loi binomiale, loi de Poisson, etc. Ces méthodes n'ont pas été employées.

-le calcul des pertes de rendement indemnisables. Ce calcul ne concerne que les évènements considérés comme indemnisables et déjà décomptés. Il s'agit de faire la différence entre le rendement assuré et les rendements officiels enregistrés par les services agricoles pour les années considérées comme sinistrées par l'assureur. Il est possible pour l'assureur d'estimer les pertes sur la base d'une moyenne ou celle de la perte maximale historiquement enregistrée. Il est cependant plus prudent pour l'assureur en raison de la volatilité des rendements d'estimer la prime en fonction du sinistre maximum. Les modalités de calcul sont décrites ci-après :

Perte moyenne=Cumul des pertes de rendement indemnisables/nombre d'évènements indemnisables décomptés, ou alors,

Perte maximale=Maximum de perte indemnisable enregistrée sur une année au cours de la période de référence.

-Sur la base des pertes de rendement (moyenne ou maximum), l'assureur peut estimer le coût financier en utilisant le prix du kg pour la culture perdue. Pour la simulation, nous estimons le prix du kg à 300 F.

Coût financier du sinistre par ha= Perte de rendement* prix du kg

-la prime pure par ha est donnée par la relation suivante :

Coût financier du sinistre x Probabilité d'occurrence.

En fonction du coût de sinistre retenu par l'assureur, la prime pure varie. La prime obtenue à partir des pertes moyennes de rendement est appelée prime 1, celle à partir de la perte maximale observée prime 2.

Les résultats obtenus sont ainsi déclinés.

Tableau 18 : Détermination des primes d'assurances

Département	CULTURE	Rendement assuré $\gamma_{\text{assuré}}$ - kg/ha	Nombre d'évènements indemnisables sur la période 1986-2017 : $\gamma_{\text{officiel}} < \gamma_{\text{assuré}}$	probabilité d'occurrence d'un sinistre	perte moyenne en kg/ha	perte maximale en kg/ha	Perte financière moyenne F CFA	Perte financière maximale F CFA	prime 1 F/ha	prime 2 F/ha
Fatick	Arachide	662,0	13	40,63%	185,00	503,00	55 000	150 900	22 547	61 303
Fatick	Mil	826,9	24	75,00%	239,31	545,90	71 793	163 770	53 845	122 828
Fatick	Sorgho	647,7	17	53,13%	236,69	542,70	71 007	162 810	37 722	86 493
Foundiougne	Arachide	686,8	2	6,25%	168,80	250,80	50 640	75 240	3 165	4 703
Foundiougne	Mil	761,9	11	34,38%	116,21	322,12	34 863	96 636	11 984	33 219
Foundiougne	Sorgho	1 025,5	23	71,88%	203,28	470,50	60 984	141 150	43 832	101 452
Gossas	Arachide	691,6	17	53,13%	196,70	610,16	59 010	183 048	31 349	97 244
Gossas	Mil	503,4	14	43,75%	106,39	326,40	31 917	97 920	13 964	42 480
Gossas	Sorgho	526,5	10	31,25%	273,80	426,50	82 170	127 950	25 678	39 984

Ce tableau appelle les commentaires suivants :

- Les primes obtenues sur la base du sinistre moyen sont moins élevées que les primes calculées à partir du sinistre maximal
- La prime de l'assureur est fortement dépendante de la probabilité d'occurrence d'un sinistre en fonction du seuil de rendement assuré. Par exemple pour Fatick Mil où la probabilité de sinistre est de 75% avec un rendement assuré de 826,9 kg/ha la prime est très importante et hors de portée du petit producteur. Par conséquent, il convient pour l'assureur de revoir si nécessaire à la baisse le seuil de rendement assuré pour proposer une prime plus accessible. En conséquence, il revient à l'assureur d'ajuster les différents paramètres de la prime afin d'obtenir un montant acceptable pour les assurés.
- Par rapport aux zones d'études, les départements de Gossas et Foundiougne offre des résultats satisfaisants en terme de primes notamment pour les cultures d'arachide et de mil. Les niveaux de primes ressortis par les estimations actuarielles offrent de bonnes couvertures qui restent relativement accessibles aux exploitants. Par contre, dans ces deux départements, le risque est plus important pour la culture du sorgho, ce qui se manifeste par des primes beaucoup plus élevées. Pour ce qui du département de Fatick, les primes moyennes par producteur restent onéreuses pour l'ensemble des cultures. Cependant, il est toujours possible à l'assureur de réduire les primes en diminuant le rendement assuré ou en fixant une franchise par exemple. Les résultats obtenus pour la culture du mil à Fatick ou le sorgho à Foundiougne incitent à ajuster à la baisse le rendement assuré et à le ramener à des seuils qui seraient plus conformes au faible niveau de revenus des populations rurales.
- Le modèle proposé tient compte de l'ensemble des facteurs de perte de production. En effet, un exploitant peut perdre tout ou partie de sa récolte pour des raisons non liées aux variabilités climatiques. La démarche permet donc d'élargir le champ des événements couverts par l'assurance et susceptibles de déclencher des prestations financières pour les paysans. Il peut s'agir par exemple de maladies des cultures ou d'invasions acridiennes.
- Enfin, il convient de rappeler que l'assurance agricole bénéficie d'une subvention de 50% sur les primes de la part de l'Etat. Par conséquent, l'exploitant n'aura à sa charge que la moitié de la prime calculée par l'assureur.

VI- Les résultats de l'enquête de terrain : pour une meilleure compréhension des besoins exprimés par les bénéficiaires de l'assurance

La connaissance des besoins des populations cibles constitue l'un des points les plus importants de l'enquête de terrain puisqu'elle permet de recenser les principales préoccupations des producteurs mais également de mesurer leur intérêt pour des solutions d'assurance.

A- Difficultés rencontrées et facteurs de pertes de production

Les difficultés recensées auprès de producteurs et qui entravent leurs capacités de production sont nombreuses. Nous les classons par ordre d'importance

1- Le manque d'eau

Il s'agit du premier facteur de perte de production relevé par les exploitants interrogés. Ce problème a été mentionné par 90% des répondants. Il émane selon eux de l'arrêt précoce des pluies et du déficit pluviométrique qui en résulte. Cette difficulté affecte les agriculteurs qui pratiquent les grandes cultures en hivernage. La plupart des produits actuels d'assurance agricole sont centrés autour de la couverture de ce risque.

2- Les ravageurs et les maladies des cultures

Les ravageurs et les maladies de cultures constituent également un important facteur de perte de récolte selon les enquêtés et contribue à la vulnérabilité des populations rurales. 85% des personnes interrogées l'ont mentionné dans les facteurs de perte. Ils apparaissent souvent en fin de récolte et détruisent le rendement escompté. Pour certains exploitants, ces phénomènes dommageables sont liés au manque d'eau, à la qualité des intrants ou au manque de moyens pour l'épandage de produits phytosanitaires. La compagnie d'assurance a proposé par le passé des couvertures incluant ces aléas mais l'expérience n'était pas très concluante. Le modèle proposé dans ce travail permet une indemnisation toutes causes confondues y compris les maladies et les ravageurs.

3- Les excès de chaleur et les vents violents

La réalisation de ces événements peut entamer la bonne fin de la production. 35% des personnes interrogées l'ont repris parmi leurs facteurs de perte de production. Ces risques sont cependant couverts par les produits de la CNAAS.

4- La qualité des semences

La mauvaise qualité des semences constitue un facteur de perte de production pour 30% des personnes enquêtées. Ce risque n'est pas transférable à une compagnie. Il faudrait sûrement davantage s'intéresser à la sécurisation des circuits d'approvisionnement en intrants de qualité. Les nouveaux schémas d'agriculture contractuelle peuvent représenter des pistes intéressantes à explorer.

5- Autres

La qualité du sol, l'invasion acridienne, le financement des campagnes, le manque de matériels sont également mentionnés par les répondants mais avec une fréquence moindre. Le péril acridien et les pannes de machines sont toutefois assurables.

B- Affiliation à une IMF ou une OP

Cette information a été collectée dans une optique d'utilisation comme canal de sensibilisation mais surtout de distribution des produits d'assurance. 90% des répondants sont membres d'une organisation paysanne ou ont eu à collaborer avec une institution de microfinance en vue de l'obtention d'un financement. Ces institutions peuvent servir de relais à la vulgarisation de l'assurance agricole (Banque Mondiale, 2004).

C- Disposition et intérêt à souscrire l'assurance

100% des répondants se sont dit intéressés par l'assurance agricole et disposés à la souscription de l'assurance, sous réserve pour certains de son accessibilité. (Syll & Weingartner, 2017)

En conclusion, certains facteurs de perte identifiés par les producteurs eux-mêmes peuvent être atténués par voie d'assurance. Cependant tous les facteurs de perte ne sont pas assurables à l'heure actuelle et d'autres nécessiteraient un déploiement particulier de la compagnie.

VII- Prise en compte du risque de base et analyse de la relation Modèle prédictif-pertes de production réelles

La viabilité et la pérennité à long terme de tout système d'assurance agricole repose sur la capacité des indices à relever les pertes réelles subies par les producteurs (Carter, de Janvry, Sadoulet, & Sarris, 2015). Pour l'assureur d'abord, la précision des indices a pour avantage d'éviter de déclencher des indemnisations qui ne coïncideraient pas avec des pertes de rendement effectives. En effet des pertes non dues peuvent lourdement grever la trésorerie de l'assureur et entraîner des déficits. D'un autre côté, pour l'assuré des pertes de production non captées par les indices de l'assureur peuvent entraîner une défiance vis-à-vis du produit et un rejet de l'assurance (Cummins & Mahul, 2009). Dès lors il est important pour l'assureur de résoudre ou au moins minimiser ces difficultés : c'est le risque de base (Stoppa & Dick, 2018).

Même si les modèles de prévision de rendement ont été sélectionnés sur la base des meilleurs critères statistiques, il peut toujours survenir une année exceptionnelle ou des événements non pris en compte par le modèle. D'ailleurs, l'incertitude relative à la prédiction est réduite à travers le rendement assuré fixé par l'assureur. La réduction du risque de base constitue à elle seule une problématique majeure dans l'assurance des petites exploitations. Toutefois, il est possible de le prendre en considération à travers les stratégies suivantes :

- Ajuster les pertes. Par exemple, à travers des sondages et des enquêtes en fin de campagne, l'assureur peut avoir une idée sur les tendances générales de la production

dans la zone concernée et moduler ses indemnités en fonction des paramètres ressortis.

- Valider et corriger s'il y a lieu les modèles de prévision de rendement en fonction des résultats obtenus par le produit d'assurance.
- S'appuyer sur le réseau rural notamment les coopératives ou autres associations paysannes pour créer des fonds de gestion du risque de base (Sow ; 2016). Cette démarche permettra d'identifier en concertation avec les exploitants les victimes de pertes non captées par le modèle et de pouvoir apporter les correctifs s'il y a lieu. A l'inverse, les sinistres enregistrés et ne correspondant pas à des pertes effectives pourraient ne pas être indemnisés.
- Investir dans l'acquisition de données statistiques plus fines sur les rendements et nécessaires à l'élaboration des modèles.
- Continuer à observer la capacité prédictive du modèle par comparaison au rendement officiel publié par les services agricoles

Section II : Recommandations et perspectives

Le recours à la stratégie de transfert des risques par l'assurance à grande échelle nécessite la prise en considération des caractéristiques socio-professionnelles des populations bénéficiaires ainsi que de leurs perceptions pour la formulation de produits d'assurance adaptés.

I- Prise en compte des caractéristiques socio-professionnelles et de la perception des producteurs

La moyenne d'âge des personnes interrogées tourne autour de 38 ans (minimum 25-maximum 56 ans). 15% des répondants sont des femmes, 35% sont des jeunes âgés de 35 ans au plus. Sur le plan de la scolarité, seuls 25% des répondants ont un niveau de scolarité qui, en général, ne dépasse pas le primaire. 50% déclarent être agriculteur de manière exclusive, le reste combinant l'agriculture avec d'autres activités (commerce, maçon, transport) pour 30% de l'échantillon. Le nombre moyen de personnes à la charge des répondants est de 19.

Dans le cadre du résultat de nos enquêtes, 95% des personnes interrogées ont déclarées n'avoir aucune connaissance sur l'assurance. Elles n'en avaient même jamais entendu parler auparavant. Ce constat résume parfaitement la méconnaissance des produits d'assurance agricole par le public cible. En plus, l'opinion sur l'assurance de manière générale (notamment automobile qui est obligatoire) est généralement négative. En conséquence, il apparaît que des efforts de diffusion à grande échelle de l'assurance doivent être entrepris ou renforcés.

Ensuite les observations auprès des populations cibles ont montré que les exploitants n'ont pas toujours une bonne compréhension des risques auxquels ils font face. Par exemple pour le cas de leur perception sur la pluviométrie, beaucoup estimaient que les pluies ont fortement diminué au cours des trois dernières années, ce qui occasionné selon les interrogés

d'importantes pertes de rendement. Alors que l'analyse des données pluviométriques relevées à la station de Foundiougne par exemple a montré que les précipitations des dernières années étaient à un niveau supérieur par rapport à la moyenne de la décennie.

En définitive, l'impact de l'assurance sur les populations exposées à l'insécurité alimentaire passe par des stratégies efficaces à l'attention des exploitants afin de leur permettre de se familiariser avec l'assurance agricole, ses différents produits et de pouvoir développer des schémas endogènes de protection qui prennent en considération les opportunités offertes par l'assurance.

Cet état de fait est confirmé par les volumes de souscription réalisés par la compagnie : sur une population agricole nationale estimée à 70%, moins de 200 000 producteurs sont actuellement assurés (CNAAS ;2018).

II- Repenser les stratégies de distribution

La diffusion à grande échelle de l'assurance dans le monde rural passe par la mise en place de stratégies de distribution innovantes et adaptées à la population cible. A cet effet, nous formulons les propositions ci-après.

Modèles individuels

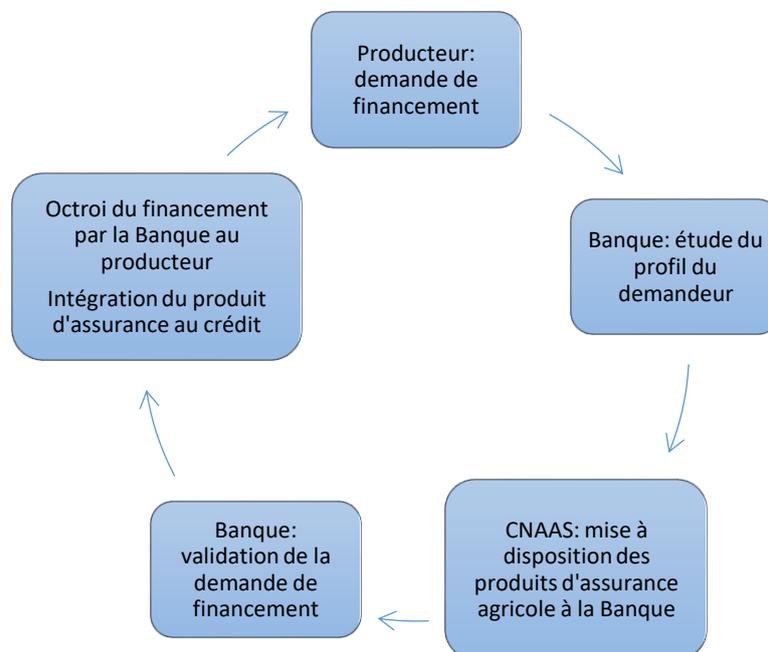


Figure 17 : Modèle simple de distribution des produits d'assurance

Dans ce schéma, la prime est directement collectée par la banque et reversée à la CNAAS. En cas de sinistre, l'indemnité serait versée à la banque qui récupère le montant du prêt et transfère le reliquat éventuel au producteur. Ce dernier sera toujours en mesure de souscrire

une nouvelle demande auprès de la banque en cas de survenance d'un événement assuré. Le schéma reste sensiblement le même en phase de paiement d'indemnité.

Pour une réussite de ce modèle, une attention particulière doit être portée sur :

- les événements couverts par l'assurance
- le niveau de primes et leur accessibilité pour le producteur
- le paiement rapide des indemnités
- le préfinancement de la prime par la banque par intégration au prêt global.

Ce modèle est en cours d'expérimentation auprès de la CNAAS. Nous proposons d'envisager un autre modèle plus avancé et inclusif.

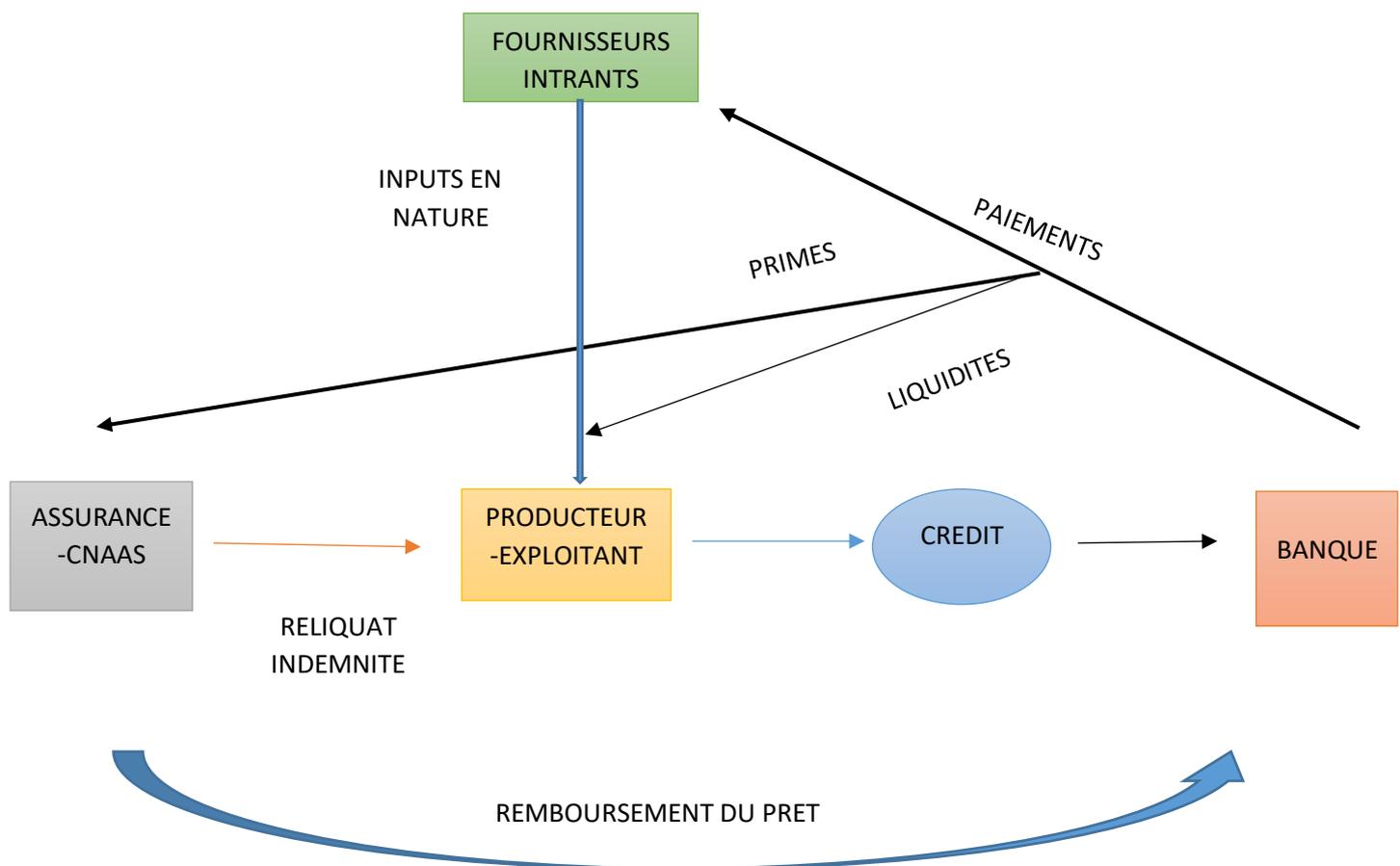


Figure 18 : Modèle avancé de distribution des produits d'assurance (Adapté de B Chaouch)

Ce modèle permet d'absorber les risques inhérents au premier modèle. La mauvaise qualité des semences, facteur majeur de perte de production serait atténuée à travers un dispositif de fourniture de semences certifiées.

Le modèle présente certains avantages : organisation des filières de production et de commercialisation, gestion mutualisée des risques agricoles, durabilité, pérennité ...

Modèles collectifs

Alors que dans le premier schéma, la banque est au cœur du dispositif (approche top down), le second lui mise davantage sur l'organisation des producteurs (approche bottom-up). L'idée est de s'appuyer sur les organisations communautaires de gestion existants ou à mettre en place pour favoriser les souscriptions en assurance agricole. Nous proposons d'utiliser ce réseau associatif local à des fins de promotion de l'assurance, de collecte des primes et de répartition des indemnités perçues (Churchill & International Labour Office, 2009). Ces associations peuvent constituer un levier important de mobilisation dans la stratégie d'intervention dans la mesure où elles regroupent l'ensemble des producteurs d'un site donné : il n'y a donc pas de sélection adverse pour l'assureur, ce qui a un impact à la baisse sur le coût de l'assurance. Ils peuvent aussi être des instruments de gestion du risque de base en cas d'assurance indicielle.

Dans la zone d'étude, plusieurs types de regroupement ont été mis en place : des associations hydro-agricoles, des sections villageoises, comités de gestion, ... Aussi, dans certaines zones les producteurs sont organisés en GIE ou associations.

Dans ce cas précis, la coopérative au-delà de ses prérogatives habituelles pourraient avoir en charge la gestion de l'eau, l'approvisionnement en intrants, la perception de redevance forfaitaire ou de cotisations...L'existence de ces fonds issus de ces activités peut permettre à la coopérative de (pré)financer à un coût préférentiel les charges liées à l'assurance et d'étaler le remboursement jusqu'à la commercialisation des produits. De fait, la coopérative souscrirait directement des assurances pour le compte de ses adhérents. Il s'agirait d'une police d'assurance unique pour le compte de l'ensemble des exploitants du périmètre et pour des événements spécifiques.

A titre d'exemple, une prime de 10 000 F pour une campagne peut être indexée suivant un modèle économique à définir sur la facturation de l'eau ou le financement/remboursement des intrants, ce qui fait que le producteur ne le percevrait pas de manière négative comme une charge additionnelle. Ces montants prélevés serviraient à alimenter un fonds pour la souscription des assurances pour l'ensemble des intervenants, le tout dans une démarche de communication avec les bénéficiaires pour leur adhésion. (Schéma 1).

En cas d'indisponibilité de ces ressources, notamment pour le démarrage, la coopérative pourrait bénéficier d'un financement de la part de la banque dans le cadre de ses investissements productifs (achats de semences, matériels d'irrigation...) (Schéma 2) :

Schéma 1 : Modèle autofinancé

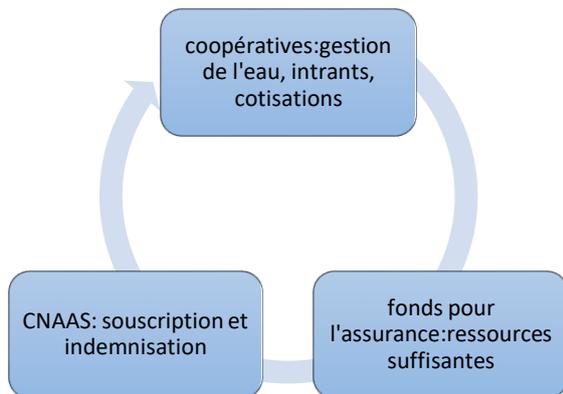


Figure 19 : Modèle autofinancé

Schéma 2 : Modèle avec une banque

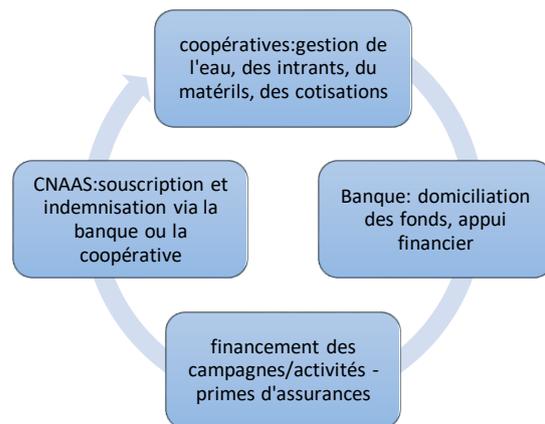


Figure 20 : Modèle avec une banque

Ce modèle s'apparente au modèle avancé, mais où le producteur pris individuellement est ici remplacé par la coopérative en tant qu'instance collective. Ce système aurait pour avantage de mettre l'organisation dans une meilleure position en matière de négociation aussi bien vis-à-vis de la banque que de la compagnie d'assurances. Par exemple, il serait possible d'envisager le couplage de l'assurance agricole avec les remises d'intrants par la coopérative. Ce système a l'avantage d'être plus inclusif dans la mesure où l'ensemble des bénéficiaires pourrait être couvert.

Toutefois, l'enjeu majeur réside dans la constitution et l'animation de ces organisations paysannes. Le mode de gouvernance doit être défini avec précaution en vue d'une large adhésion des bénéficiaires. Aussi, une attention particulière devra être portée sur le modèle économique en vue de la viabilité du système. La question centrale ici est l'alimentation continue de la coopérative en ressources financières durables et pérennes (assurer la continuité des revenus et de l'exploitation de la coopérative) (Banque Mondiale, 2004).

III- L'intégration de l'assurance dans le dispositif GRC et de lutte contre l'insécurité alimentaire

La contribution de l'assurance aux solutions de résilience des populations vulnérables aux chocs climatiques et à l'insécurité alimentaire passe nécessairement par l'intégration de la discipline dans le dispositif GRC mis en place à différentes échelles.

Depuis 2008 de nombreuses initiatives ont été mises en place par l'Etat pour favoriser le rôle de l'assurance dans la prise en charge des risques agricoles. En dehors de la création d'une compagnie nationale, le Sénégal fait désormais partie d'un pool d'assurance de risques climatiques au niveau africain. Ce dispositif innovant permet à l'Etat de disposer de ressources additionnelles importantes pour faire face aux calamités. En effet, les indemnités perçues sont utilisées pour la distribution de vivres de soudures aux populations vulnérables. Les fonds

reçus sont gérés par le SECNSA et la Direction des Assurances selon un chronogramme et des procédures bien établies.

A l'échelle nationale et donc à niveau micro, les exploitants individuels et les groupements paysans découvrent de plus en plus les avantages associés à une couverture d'assurance agricole. Cependant, il est important pour l'atteinte des objectifs fixés que les axes suivants soient repensés.

Surmonter les réticences d'ordre culturel et sociologique : certaines croyances culturelles constituent un frein à l'essor de l'assurance de manière générale et de l'assurance agricole en particulier. Les faibles taux d'adhésion ou le développement lent de la branche s'expliquent en partie pour ces raisons. Il est donc de nécessaire dans le cadre des actions de communication d'identifier ces difficultés et d'y apporter les réponses appropriées notamment par une approche coût/bénéfices pour le paysan. De plus, le niveau d'information sur l'assurance agricole reste assez faible dans le monde rural d'où l'impérieuse nécessité pour l'assureur de communiquer davantage et mieux en s'appuyant notamment sur des relais communautaires.

Élargir l'offre de couverture à la maladie des cultures : L'analyse de l'offre d'assurance proposée par la compagnie par rapport aux besoins exprimés par les exploitants de la zone d'étude démontre une certaine inadéquation des produits. Le problème principal relevé par les paysans à l'origine de pertes importantes ne fait actuellement pas l'objet de garantie de la part de l'assureur : il s'agit de la maladie des cultures. L'intérêt de la démarche proposée dans le cadre du présent travail est qu'il tient compte des pertes de rendement toutes causes confondues (climatiques et non climatiques). Cet élargissement des couvertures peut constituer un effet d'appel dans le développement des volumes de souscriptions

La diligence dans le paiement des indemnités aux producteurs : la réputation de l'assureur se mesure à sa capacité de faire face de manière rapide aux engagements souscrits envers les assurés. De plus, dans l'optique d'une lutte efficace contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté, les indemnités prévues doivent être mises à disposition afin de soulager rapidement la détresse des populations. La CNAAS doit améliorer ses efforts en vue de l'accélération de la cadence de règlements.

Le renforcement du rôle institutionnel de l'assureur : l'assurance est caractérisée par l'inversion du cycle de production. Les primes sont collectées par avance en attendant d'éventuelles indemnités. Cette configuration de l'activité fait que l'assureur dispose d'importantes ressources financières qu'il peut orienter dans des placements financiers. Généralement, sur le marché sénégalais les fonds sont placés sur des actions ou des obligations. Il faudrait penser à une répartition de ses ressources vers le financement agricole à travers de mécanisme de crédit ou dépôt à terme auprès des institutions bancaires spécialisées dans le développement agricole. Cela pourrait constituer une autre forme de contribution à la résilience des populations rurales qui viendrait s'ajouter aux actions RSE (responsabilité sociale de l'entreprise).

Conclusion

Les petits producteurs dans les pays en développement ne peuvent pas absorber plus longtemps les impacts négatifs des dangers climatiques au moyen de leurs stratégies traditionnelles de gestion des risques. Les assurances agricoles pourraient constituer un instrument complémentaire de gestion des risques. Elles doivent cependant être adaptées aux besoins spécifiques des agriculteurs. Le développement des assurances agricoles indicelles permettra de sécuriser les revenus et de développer des systèmes agricoles. La pluviométrie n'est pas l'unique variable qui détermine les rendements et la recherche devra être plus poussée pour la mise en place d'indices de rendement.

Intégrer l'assurance agricole dans le monde rural pour face aux aléas climatiques est pertinent à plus d'un titre, mais celle-ci fait face à une faible demande volontaire de la part des exploitants et son développement vers une opération à grande échelle n'est pas garantie, même si les chiffres de la CNAAS sont en croissance continue (IPAR/USAID, 2019).

Toutefois, l'assurance agricole permet de renforcer les filières et les entreprises agricoles existantes et aide à soutenir l'expansion du financement de l'agriculture et du monde rural. Pour ce faire, il faut coupler l'assurance à d'autres activités comme l'approvisionnement en intrants, l'acquisition de matériels agricoles, le crédit etc., dans une démarche globale afin de mettre toutes les chances du côté des exploitations pour qu'elles atteignent un seuil critique acceptable (SECNSA, 2015).

Globalement, l'assurance agricole présente un grand potentiel pour les exploitations agricoles du Bassin arachidier surtout pour garantir leurs moyens de production.

Le recours combiné aux variables météorologiques et aux données fournies par les satellites permet d'affiner les modèles explicatifs de rendement et d'avoir des résultats pertinents pour l'assureur. La plupart des modèles simulés grâce aux données collectées pour les cultures du mil, de l'arachide et du sorgho dans les départements de Fatick, Foundiougne et Gossas ressortent des coefficients de détermination de l'ordre de 80 et des erreurs de prédictions inférieurs à 20%. L'utilisation de ces modèles peut constituer une base intéressante pour la détermination des capitaux garantis pour les paysans, les niveaux de primes à fixer en rapport avec les capacités financières des groupes cibles ainsi que modalités de paiement des prestations en cas de survenance d'évènements redoutés. Les simulations pour les modèles d'assurance présentent des résultats probants avec des primes abordables pour les exploitants et des capitaux couverts susceptibles de palier efficacement aux pertes induites par les variabilités climatiques.

Toutefois, au-delà des aspects statistiques, le système global de l'assurance agricole doit être repensé. Ce nouveau paradigme en matière d'assurance passe notamment à travers des stratégies innovantes à mettre en place par les assureurs au niveau de la communication mais aussi de la distribution des produits d'assurance. En effet, la compréhension et l'intégration des besoins exprimés par les populations rurales dans les stratégies doivent être les logiques

d'action qui gouvernent les interventions de l'assureur. De plus, les spécificités propres au contexte rural dans la zone d'étude doivent aussi être prises en considération.

L'assurance doit être intégrée dans une perspective globale en relation avec les banques, les coopératives, les associations villageoises (Hazell et al., 2010). Des initiatives sont déjà à l'œuvre au niveau local et national pour prévenir ou atténuer des situations catastrophiques ou des risques d'insécurité alimentaire mais elles restent insuffisantes par rapport aux possibilités offertes par la discipline d'assurance et à l'exposition croissante des populations rurales confrontées à ces phénomènes. Le chemin à parcourir reste encore long. Cependant c'est à travers pareilles actions que l'assurance pourra pleinement jouer son rôle et devenir un outil incontournable dans la stratégie de renforcement de la résilience des populations vulnérables aux chocs climatiques et à l'insécurité alimentaire.

Bibliographie

- AFD. (2011). Gestion des risques agricoles par les petits producteurs : Focus sur l'assurance récolte indicielle et le warrantage.
- ANSD. (2013). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage (RGPHAE).
- ANSD. (2017). Sénégal—Enquête nutritionnelle et de mortalité—SMART (2015).
- ANSD. (2018a). Bulletin mensuel des statistiques économiques du mois de juin 2018.
- ANSD. (2018b). Situation économique et sociale du Sénégal en 2015.
- ANSD/SRSD Fatick. (2013). Situation Economique et régionale de la Région de Fatick.
- ANSD/SRSD Fatick. (2015). Situation Economique et Sociale régionale de la Région de Fatick en 2012.
- ANSD/SRSD Fatick. (2017). Situation économique et sociale régionale 2014-Fatick (p. 118).
- ANSD/SRSD Fatick. (2018). Situation Economique et Sociale de la Région de Fatick, 2015.
- Auzias, D., & Labourdette, J.-P. (2018). SÉNÉGAL 2019 Petit Futé. Petit Futé.
- Banque Mondiale. (2004). Organisations Paysannes et Développement Rural au Sénégal.
- Banque Mondiale. (2012). Mécanisme Mondial d'assurance basé sur un indice (GIIF) Leçons, Expérience de la première décennie de mise en oeuvre et Perspectives.
- Banque Mondiale. (2014). Sénégal—Vue d'ensemble. Consulté à l'adresse <https://www.banquemondiale.org/fr/country/senegal/overview>
- Bronne, C. E., Wellens, J., Diakite, M., Traore, F., Diallo, M., & Tychon, B. (2008). Elaboration d'un modèle de prévision des rendements cotonniers dans la province du Houet (Burkina Faso). www.GE-eau.org. Consulté à l'adresse <https://orbi.uliege.be/handle/2268/172887>
- Brunet, S., Ozer, P., Minet, M., Thiry, A., & Schiffino, N. (2018). Risques, planification d'urgence et gestion de crise.
- Carter, M., de Janvry, A., Sadoulet, E., & Sarris, A. (2015). Assurance climatique indicielle pour les pays en développement : Examen des faits et propositions visant à augmenter le taux de souscription. *Revue d'économie du développement*, 23(1), 5.

- Churchill, C., & International Labour Office. (2009). Protéger les plus démunis : Guide de la micro-assurance. Genève: OIT.
- CNAAS, & Planet Guarantee. (2016, juin). L'Assurance Agricole Indicielle au Sénégal.
- Comité de la Sécurité alimentaire mondiale. (2012). S'ENTENDRE SUR LA TERMINOLOGIE (N° CFS/2012/39/4). Rome.
- Cummins, J. D., & Mahul, O. (2009). Catastrophe risk financing in developing countries : Principles for public intervention. Washington, D.C: World Bank.
- DAPSA. (2017a). Enquêtes Agricoles sur le Sénégal (2006-2015).
- DAPSA. (2017b). Enquêtes Agricoles sur le Sénégal (2006-2015).
- Dieng, O., Roucou, P., & Louvet, S. (2008). Variabilité intra-saisonnière des précipitations au Sénégal (1951-1996). 19(02), 87-93.
- Direction des Assurances. (2004). Etude sur les Risques Agricoles.
- Djaby, B. (2000). Utilisation de la télédétection pour le suivi des parcours en zone agropastorale sahélienne : Etude comparative de deux indices de végétation, le TSAVI et le NDVI. Fondation Universitaire Luxembourgeoise.
- Durant, J. F., Launois, M., Launois-Luong, M. H., & Lecoq, M. (1982). Les sauteriaux : Un mur de la fatalité sans ombre. Etudes scientifiques (Paris). Éditions et publications des pères Jésuites en Egypte.
- Eerens, H., & Haesen, D. (2013). SPIRITS: USER'S MANUAL Version : 1.1.1—February 2013. VITO/MARS/JRC.
- FAO. (1998). Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)-FAO 56.
- FAO. (2005). Assurance des récoltes dans les pays en développement.
- FAO. (2008). Introduction aux concepts de sécurité alimentaire.
- FAO. (2017). L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde : Renforcer la résilience pour favoriser la paix et la sécurité alimentaire.

- FIDA/PAM/AFD. (2017). Remote sensing for index insurance An overview of findings and lessons learned for smallholder agriculture.
- Franklin, S., Walker, C., & Statistique Canada. (2010). Méthodes et pratiques d'enquête. Consulté à l'adresse <https://central.bac-lac.gc.ca/.item?id=12-587-x2003001-fra&op=pdf&app=Library>
- GIEC. (2019). : Changement climatique et terres émergées : Rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres.
- Goedhart, P. W., & Hoek, S. B. (2019). The CGMS Statistical Tool—User Manual. 123.
- Gouvernement du Sénégal. Loi n° 2004-16 du 4 juin 2004 portant loi d'orientation agro-sylvo-pastorale. , 6176 Journal Officiel § (2004).
- Gouvernement du Sénégal. (2006). Plan national pour l'adaptation aux changements climatiques.
- GRET. (2012). Fiches techniques et méthodologiques.
- Hazell, P., Anderson, J., Balzer, N., Hastrup, A., Clemmensen, U., Hess, U., & Rispoli, F. (2010). L'assurance basée sur un indice climatique : Potentiel d'expansion et de durabilité pour l'agriculture et les moyens de subsistance en milieu rural, (PAM/FIDA). Rome.
- Hoek, S. B., Goedhart, P. W., & Akkermans, L. M. W. (2009). The CMGS statistical tool for yield forecasting.
- IEEE Geoscience and Remote Sensing Society (Éd.). (2011). Vegetation Condition Indices for Crop Vegetation Condition Monitoring. Piscataway, NJ: IEEE.
- IPAR/USAID. (2019). Note de capitalisation sur l'assurance agricole.
- Kindo, Y. (2016). Chocs pluviométriques et assurance agricole indiciaire au Burkina Faso. Université de Liège.
- Kouadio, A. L. (2007). Prévion de la production nationale d'arachide au Sénégal à partir du modèle agrométéorologique AMS et du NDVI. Université de Liège.

- Lagrande, D., & Chetaille, A. (2010). L'assurance indicielle, une réponse face aux risques climatiques ? Grain de sel, (49), 20-21.
- MAER. (2013). Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise PRACAS.
- MAER, & USAID. (2018, janvier). Note d'information sur l'Assurance Agricole au Sénégal.
- Mahul, O. (1998). Vers une redéfinition du rôle de l'assurance agricole dans la gestion des risques sur récoltes. Cahiers d'économie et sociologie rurales, INRA Editions(49), 33-58.
- Mohamed -Sallah, A.-H. (2013). Elaboration de modèles de prévision des rendements du mil au Niger selon un zonage agro-écologique. Université de Liège.
- Muller, B., Fall, M., Mahul, O., Dick, W., & Wade, I. (2010). L'assurance agricole : Un outil potentiel d'appui au développement en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. L'approche assurantielle comme réponse à l'incertitude. Présenté à Agir en situation d'incertitude, Montpellier.
- Munich Re. (2018). The natural disasters of 2018.
- Oxfam America, & PAM. (2012). 4R Rapport trimestriel Octobre—Décembre.
- PAM. (2014). Approche consolidée du PAM pour le compte-rendu des indicateurs de la sécurité alimentaire (CARI).
- Pires, A. (1997). "Échantillonnage et recherche qualitative : Essai théorique et méthodologique". 88.
- Rojas, O., Rembold, F., Delincé, J., & Léo, O. (2011). Using the NDVI as auxiliary data for rapid quality assessment of rainfall estimates in Africa. International Journal of Remote Sensing, 32(12), 3249-3265.
- Roquet, D. (2008). Partir pour mieux durer : La migration comme réponse à la sécheresse au Sénégal ? Espace populations sociétés. Space populations societies, (2008/1), 37-53.
<https://doi.org/10.4000/eps.2374>
- Roth, J., & McCord, M. (2008). Agricultural Microinsurance Global Practices and Prospects (The MicroInsurance Centre, LLC).

- Sall, M. (2015). Les exploitations agricoles familiales face aux risques agricoles et climatiques : Stratégies développées et assurances agricoles (Thesis, Toulouse 2). Consulté à l'adresse <http://www.theses.fr/2015TOU20063>
- Sandmark, T., Debar, J.-C., & Tatin-Jaleran, C. (2014). GENÈSE ET ESSOR DE LA MICRO-ASSURANCE AGRICOLE. Micoinsurance Network.
- Scolab. (2019). Coefficient de détermination – Lexique de mathématique. Consulté 25 août 2019, à l'adresse <https://lexique.netmath.ca/coefficient-de-determination/>
- SECNSA. (2013). Sénégal—Enquête nationale sur la sécurité alimentaire et nutritionnelle (2013), SMART. Consulté à l'adresse <http://anads.ansd.sn/index.php/catalog/22>
- SECNSA. (2015). STRATEGIE NATIONALE DE SECURITE ALIMENTAIRE ET DE RESILIENCE (SNSAR) 2015-2035.
- SECNSA. (2016). Enquête nationale de Sécurité alimentaire au Sénégal 2016 (ENSAS, 2016).
- SECNSA. (2017). Enquête nationale sur la sécurité alimentaire et la nutrition (ENSAN).
- SECNSA, PAM, OMS. (2014). Analyse Globale de la Vulnérabilité, de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition.
- Stoppa, A., & Dick, W. (2018). Assurance Agricole au Burkina Faso : Défis et Perspectives (p. 68).
- Swaminathan, M. S., Rahmanian, M., Bertini, C., Egziabher, T. B. G., Haddad, L., Kumar, M. S., ... Swaminathan, H. (2012). Comité directeur du Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition – (juin 2012). 119.
- Syll, M. M. A., & Weingartner, L. (2017). DISPOSITION À PAYER L'ASSURANCE AGRICOLE BASÉE SUR LES INDICES CLIMATIQUES AU SÉNÉGAL. *Revue française d'économie*, 33(3), 18-45.
- Vilatte, J.-C. (2007). Méthodologie de l'enquête par questionnaire. 56.
- Yeatman, J. (2005). Manuel international de l'assurance (2e éd). Paris: Economica.

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

Date :

Lieu :

Personne enquêtée :

Age : Sexe : Profession SM Chef de ménage Nombre de
personnes à charge Niveau de scolarité

- 1- Avez-vous déjà entendu parler de l'assurance agricole ? Oui – Non
- 2- Si oui, quel est selon vous votre degré de connaissance : Mauvais- Passable-Bon-Très bon
- 3- Avez-vous déjà été assuré par le passé ? Oui - Non
- 4- Si oui, quel est votre niveau de satisfaction par rapport aux produits ? Mauvais – Passable – Bon- Très bon
- 5- Quelles sont les cultures que vous pratiquez ?
- 6- A quelles périodes ?
- 7- Pour quelle durée de cycle cultural ?
- 8- Quelle est votre appréciation sur la pluviométrie de ces trois dernières années ?
- 9- Quelle est votre appréciation sur vos rendements au cours de ces trois dernières années ?
- 10- Quels sont selon vous, les facteurs de perte de production (par ordre d'importance)

Les intrants	Les inondations	les ravageurs	les vents violents
le manque d'eau	les excès de chaleur	les invasions acridiennes	les animaux en divagation
l'excès en eau	pluies hors saison	la qualité des sols	la santé du producteur
les feux de brousse	le stockage	les maladies des cultures	panne des équipements (forage, pompe...)
Autres	Oiseaux sauvages		

- 11- Faites vous recours à des traitements chimiques ?
- 12- Bénéficiez-vous d'un financement auprès d'une SFD ? Si oui laquelle ?
- 13- Etes-vous affilié à une organisation paysanne ? Si oui, laquelle ?
- 14- Au regard, des informations sur l'assurance, seriez-vous prêt à souscrire des produits ?
- 15- Avez-vous confiance au système d'assurance agricole ?
- 16- Pratiquez-vous l'élevage ? Si oui, suivant quel mode ?
- 17- Quelle est la composition de votre cheptel ?
- 18- Quels sont selon vous, les facteurs de mortalité de bétail

Couvert végétal	Disponibilité fourragère	Disponibilité en eau	Maladies
Autres			

Table des matières

Remerciements	i
Résumé.....	ii
Abstract.....	iii
SOMMAIRE.....	iv
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	v
Sigles et abréviations.....	vi
Introduction	1
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude : aspects géophysiques, vulnérabilités et sécurité alimentaire.....	4
Section I : Les caractéristiques principales de la région de Fatick	4
I- Données physiques et climatiques.....	4
Section II : Les activités économiques : la place prépondérante de l'agriculture	6
I- L'agriculture.....	6
II- L'élevage et la pêche.....	9
III- Les autres activités économiques.....	10
Section III : Aléas, vulnérabilités et sécurité alimentaire	11
I- La prédominance des aléas d'origine climatique	11
II- Vulnérabilité et sécurité alimentaire	13
A- Les facteurs de vulnérabilité	13
1- Une faible productivité agricole.....	13
2- Niveau élevé des prix des produits alimentaires.....	14
3- Pauvreté des ménages.....	14
4- Chocs climatiques	14
B- ETAT DE LA SECURITE ALIMENTAIRE DANS LA REGION	15
C- Résilience et stratégies des ménages.....	17
Chapitre II : Risques agricoles et assurance	17
Section I : Les risques agricoles.....	18
I- Les risques climatiques	18
II- Les risques sanitaires ou biotiques.....	19
III- Les risques anthropiques ou humains	19
IV- Les risques mécaniques.....	19
V- Les risques commerciaux	20

Section II : L'Assurance agricole au Sénégal.....	20
I- Les types d'assurance	20
II- Etat des lieux de l'assurance agricole au Sénégal.....	21
A- Les aspects institutionnels et réglementaires	21
B- Les fournisseurs de services d'assurance agricole au Sénégal	21
III- L'assurance agricole : une réponse aux variabilités climatiques	22
IV- Evolution de l'assurance agricole	24
Chapitre III : Méthodologie de l'étude	25
Section I : Utilisation des données météorologiques et traitement dans AMS	26
Section II : Traitement d'images satellitaires.....	30
Section III : Traitement statistique	33
I- Présentation de CGMS	33
II- Variables explicatives	33
III- Elaboration des modèles.....	34
IV- Calibration et validation du modèle.....	35
Section IV : Echantillonnage et enquête de terrain	36
Section V : Choix des cultures concernées	37
Section VI : Intérêt et justification de la méthodologie	38
Chapitre IV : L'assurance, véritable outil de résilience aux chocs climatiques et à l'insécurité alimentaire ?	38
Section I : Présentation des résultats	38
I- Sur les modèles d'estimation de rendement et des indices	38
II- Formulation des équations de rendement pour l'année d'assurance	43
III- Estimation du rendement assuré	44
IV- Détermination des indemnités	46
V- Calcul des primes	47
VI- Les résultats de l'enquête de terrain : pour une meilleure compréhension des besoins exprimés par les bénéficiaires de l'assurance	51
A- Difficultés rencontrées et facteurs de pertes de production	52
B- Affiliation à une IMF ou une OP	53
C- Disposition et intérêt à souscrire l'assurance.....	53
VII- Prise en compte du risque de base et analyse de la relation Modèle prédictif-pertes de production réelles	53
Section II : Recommandations et perspectives	54
I- Prise en compte des caractéristiques socio-professionnelles et de la perception des producteurs.....	54
II- Repenser les stratégies de distribution	55

III- L'intégration de l'assurance dans le dispositif GRC et de lutte contre l'insécurité alimentaire	58
Conclusion.....	60
Bibliographie	62
Annexes.....	i
Table des matières	ii