

---

**Vers une précision de la prévision des rendements cotonniers (*Gossypium hirsutum*) au Bénin : Cas d'étude dans le Département modèle agro météorologique GeoWRSI et du NDVI.**

**Auteur :** Tossou, Fakorédé

**Promoteur(s) :** Tychon, Bernard

**Faculté :** Faculté des Sciences

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

**Année académique :** 2017-2018

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/5557>

---

*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



Vers une précision de la prévision des rendements cotonniers  
(*Gossypium hirsutum*) au Bénin : Cas d'étude dans le Département de  
l'Alibori à partir du modèle agro météorologique GeoWRSI et du  
NDVI.

Mémoire présenté  
en vue de l'obtention du Grade de Master de Spécialisation en Gestion des Risques et des  
Catastrophes

par :

**F. H. G. Ephrem TOSSOU**

Promoteur : **Pr Bernard TYCHON**

Directeur d'UR Sphère, ULiège (Belgique)

Co-promoteurs : **Dr Bakary DJABY**  
**Dr Yvon C. HOUNTONDI**

Centre Régional AGRHYMET (Niger)  
Université de Parakou (Bénin)

Année Académique 2017-2018

Septembre 2018



**Faculté des Sciences**  
**Département des Sciences et Gestion de l'Environnement**

Vers une précision de la prévision des rendements cotonniers (*Gossypium hirsutum*) au Bénin : Cas d'étude dans le Département de l'Alibori à partir du modèle agro-météorologique GeoWRSI et du NDVI.



**Mémoire présenté**  
**en vue de l'obtention du Grade de Master de Spécialisation en Gestion des Risques et des**  
**Catastrophes**

par :

**F. H. G. Ephrem TOSSOU**

Promoteur : **Pr Bernard TYCHON**

Directeur d'URS Sphère, ULiège (Belgique)

Co-promoteurs : **Dr Bakary DJABY**

Centre Régional AGRHYMET (Niger)

**Dr Yvon C. HOUNTONDI**

Université de Parakou (Bénin)

Année Académique 2017-2018

Septembre 2018

**Copyright ©:** Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique\* de l'Université de Liège" (\* Dans ce cas, l'autorité académique est représentée par le(s) promoteur(s) membre(s) du personnel enseignant de l'ULG).

« Le présent document n'engage que son auteur »

**Auteur :** *Ephrem F.H. G. TOSSOU*  
tossouephrem@gmail.com

## **Avant-propos**

Dans un contexte de changements globaux marqués par des avatars climatiques, qui affectent de plus en plus les pays de l'Afrique de l'Ouest et surtout le Bénin, la vulnérabilité des populations rurales, particulièrement pauvres s'est accrue ces dernières décennies. En dépit de ce que la tendance actuelle est de se tourner vers une diversification agricole, comme stratégie d'adaptation il n'en demeure pas moins que les activités agricoles restent dominées par des cultures de rente. Ces dernières constituent la principale source de revenus des populations rurales du Bénin (60% d'actifs agricoles en 2012 d'après le MAEP) et le maillon essentiel de l'économie du pays.

Dans ce contexte la mise à disposition d'outils de prévision des rendements et de production pourrait constituer un atout non négligeable dans la réduction de la vulnérabilité de ces populations. Ces dits outils associés à d'autres indicateurs objectivement choisis pourraient servir de moyens d'aide à la décision en matière de la gestion de politiques et de développements agricoles.

Le présent Travail de Fin d'Etude s'inscrit dans le cadre de la formation de Master de Spécialisation en Gestion des Risques et des Catastrophes. Nous nous proposons d'apporter une modeste contribution à l'équation de la prévision des rendements cotonniers au Bénin.

## Dédicace

*A ma tendre mère Assiba Rosine GBENAFI TOSSOU*

*A ma chère épouse Anne E. TOSSOU-BOCO TOSSOU*

## Remerciements

J'adresse toute ma gratitude :

- à l'Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur – Commission de la Coopération au Développement (ARES-CCD) de la Belgique, qui m'a octroyé la bourse de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes ;
- au Professeur Bernard Tychon, qui m'a guidé tout au long de ce travail et qui n'a cessé d'être à mon écoute pour toutes les fois où j'ai sollicité son aide. Veuillez recevoir mes sincères remerciements ;
- au Docteur Bakary Djaby, qui m'a donné la main dans l'utilisation de nouveaux outils dans les prévisions de rendements agricoles dans le centre AGRHIMET à travers le projet ECOAGRIS et m'a recommandé à d'autres institutions ;
- au Docteur Yvon Carmen HOUNTONDJI, initiateur de la présente étude, et qui m'a recommandé pour cette formation ;
- au Professeur Pierre OZER, coordonnateur du programme Master de Spécialisation en GRC, vous êtes exceptionnel, vos explications et vos conseils m'ont été très utiles pendant mon séjour en Belgique. Trouvez à travers ces lignes mes chaleureux remerciements ;
- au Professeur André OZER, qui comme un patriarche n'a pas cessé de m'écouter, de me prodiguer de sages conseils et de partager avec moi ses expériences. A vous, mes hommages, révérences et infinis remerciements ;
- à mes enfants Fabiola et Eyitayo que ce travail soit un modèle à dépasser ;
- à mes frères et sœurs, (Flore, Clarisse, Isabelle, Iphigénie, Anselme et Espérance), pour vos soutiens indéfectibles et francs de tous les jours, retrouvez votre joie à travers ce travail. Que Dieu nous unisse d'avantage ;
- aux experts, M. IBRAHIM, Dr ISSA, M. KOUADIO du Centre de Recherche AGRHYMET de Niamey au Niger et Dr HERVE du Centre Commun de Recherche d'Ispra en Italie. Toutes mes considérations ;
- Je ne saurais oublier tous ceux qui m'ont aidé tout au long de cette formation et durant ce travail de fin d'études. Je suis particulièrement redevable aux chercheurs du laboratoire « Eau, Environnement et Développement du campus d'Arlon » Que Dr Denis, M. Salami et M. Sié retrouvent en ces lignes l'expression de nos remerciements.

## Table des matières

Avant-propos .....	iv
Dédicace .....	v
Remerciements .....	vi
Liste des sigles.....	ix
Liste des figures.....	x
Liste des photos.....	x
Liste des tableaux .....	x
Listes des graphiques.....	xi
Résumé .....	xii
Abstract .....	xii
Introduction .....	1
CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE-THEMATIQUE ET OBJECTIFS .....	2
1. Cadre géographique.....	3
1.1 Problématique.....	3
1.2 Contexte géographique.....	4
1.3. Milieu naturel .....	5
1.4. Caractéristiques sociodémographiques .....	7
2. Filière coton au Bénin .....	8
2.1. Historique de la filière coton au Bénin.....	8
2.2. Evolution des rendements du coton au Bénin .....	10
2.3. Caractéristiques botaniques et agronomiques du coton.....	11
2.4. Précisions terminologiques et revue de la littérature.....	14
2.5. Revue de littérature. ....	16
3. Objectifs de l'étude .....	18
3.1. Objectif principal.....	18
3.2. Objectifs spécifiques : .....	18
3.3. Questions de recherche et hypothèses .....	19
3.4. Hypothèses .....	19
CHAPITRE II : DONNEES ET METHODES .....	20
1. Types de données .....	21
1.1. Données météorologiques. ....	21
1.2. Données historiques des rendements du coton et son prix d'achat. ....	21
1.3. Données d'enquêtes de terrain.....	22
1.5. Données issues du bilan hydrique dans GeoWRSI. ....	22
1.6. Données du NDVI dans Spirits .....	24
1.4. Traitements des données.....	25

2. Outils, logiciels et modèles exploités. ....	26
2.1. GeoWRSI. ....	26
2.2. SPIRITS ....	26
2.3. CGMS Statistical Tool, Logiciel R. Core Team, 2017, SPSS et CAPI.....	27
2.4. ARCGIS 10.4.1 ....	28
3. Méthodologie de traitement et d'analyses des résultats. ....	28
3.1. Justification du choix du Département, de la Commune d'étude et de la période. ....	28
3.2. Méthodes. ....	28
4. Approches statistiques. ....	30
4.1. Exploration des variables explicatives ....	30
4.2. Notion de régressions ....	30
4.3. Validation croisée des modèles ....	31
4.4. Variables de modélisation et leurs caractéristiques. ....	32
CHAPITRE III : ANALYSE DES RESULTATS.....	33
1. Résultats ....	34
1.1. Analyse descriptive des déterminants du rendement.....	34
1.2. Calibration en fonction des échelles spatiales (Communes, Département).....	37
1.3. Validation croisée pour Alibori et Banikoara.....	38
1.4. Perception des acteurs de la filière du coton au Bénin. ....	43
2. Analyse des résultats ....	47
2.1. De l'utilisation des outils de prévisions.....	47
2.2 Des tendances des prix du coton ....	49
2.3. De l'incidence de la production agricole sur l'économie des ménages : HEA (Household Economy Analysis) ....	50
2.4 Sécurité alimentaire <i>versus</i> production cotonnière.....	50
2.5 De l'incidence des changements climatiques sur la production du coton. ....	51
Conclusions et Perspectives. ....	52
Références Bibliographiques.....	54
Webographie ....	56
ANNEXES ....	57

## Liste des sigles

AFD	: Agence Française de Développement
AGRHYMET	: Centre Régional de formation et d'application en Agrométéorologie et Hydrologie opérationnelles
AIC	: Association Interprofessionnelle du Coton.
AMS	: AgroMetShell.
ARES	: Académie de Recherche et d'Enseignement Supérieur.
CAPI	: Computer Assister Personnel Interviewing.
CCD	: Commission à la Coopération au Développement.
CCR	: Centre Commun de Recherche
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en recherche Agronomique pour le Développement.
DSA	: Direction des Statistiques Agricoles.
ECMWF	: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
ECOAGRIS	: Système Régional Intégré d'Information Agricole de la CEDEAO.
FAO	: Food and Agriculture Organization.
FEWSNET	: Famine Early Warning System Network
GeoWRSI	Geospatial Water Requirement Satisfaction Index
GIEC	: Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
HEA	Household Economy Analysis
ICAC	: Independent Commission Against Corruption.
INSAE	: Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique.
MAEP	: Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche.
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
OCDE	: Organisation de Coopération et de Développement Economique.
RGPH4	: 4 <sup>eme</sup> Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RMSE	: Root Mean Square Error.
RUM	: Regional Unmixed Mean
SAP	: Système d'Alerte Précoce
SPIRITS	Software for the Processing and Interpretation of Remotely sensed Image Time Series
UE	: Union Européenne
USGS	: United States Geological Survey

## Liste des figures

Figure 1 : Méthodologie générale de prévision des rendements à partir des données météorologiques, agro météorologiques et du NDVI, Source : Tychon (2012) .....	17
Figure 2 : Bilan hydrique dans GeoWRSI,.....	22
Figure 3: Wrsi et ses facteurs explicatifs, adapté du centre AGRHYMET 2018 et FEWSNET 2013..	23
Figure 4 : Méthode générale de la prévision du rendement du coton.....	29

## Liste des photos

Photo 1 : Phase de floraison .....	12
Photo 2 : Ennemie du cotonnier .....	12
Photo 3 : Phase de maturité .....	12
Photo 4 : Feu de tige de coton .....	14
Photo 5 : Cendre de fumure organique.....	14
Photo 6 : Labour attelée.....	14

## Liste des tableaux

Tableau I : Décades par phase de la culture du coton .....	24
Tableau II : Synthèse de l'échantillonnage .....	30
Tableau III : Outputs de la modélisation .....	32
Tableau IV : Différentes calibrations des modèles.....	37
Tableau V : Modèles. (Rt = Rendement).....	38
Tableau VI : RMSE et rendements estimés et observés en 2016 au Département de l'Alibori. ....	39
Tableau VII : RMSE et rendements estimés et observés en 2016 de la Commune de Banikoara. ....	39
Tableau VIII: Résidus entre les rendements estimés et observés. ....	43
Tableau IX : Taux des ménages agricoles. ....	44
Tableau X : Taux des chefs ménages femmes et hommes. ....	44
Tableau XI : Perception des producteurs sur l'évolution du rendement. ....	44
Tableau XII : Raisons principales de la baisse des rendements. ....	45
Tableau XIII : Souhait d'avoir les assurances pour couvrir leurs activités. ....	45
Tableau XIV : Autres activités agricoles que le coton. ....	46
Tableau XV: Comparaison de certains outils utilisés.....	48

## Listes des graphiques

Graphique1: Variation de la pluie et des rendements du coton de 2002 à 2016 à Alibori.....	34
Graphique2 : Variation de rendement et de superficie de 2002 à 2016 à Alibori .....	35
Graphique3 : Variation de la production et des rendements du coton de 2002 à 2016 .....	36
Graphique4 : Variation du prix national et du rendement du coton de 2002 à 2016.....	36
Graphique5 : Evolution des rendements observés et estimés en 2016 .....	40
Graphique 6 : Modèle1 de l'Alibori .....	40
Graphique 7 : Modèle 2 de l'Alibori .....	40
Graphique 8 : Modèle 3 de l'Alibori .....	41
Graphique 9 Modèle 1 de Banikoara .....	41
Graphique 10 Modèle 2 de Banikoara .....	41
Graphique 11 : Modèle3 de Banikaora. ....	42
Graphique12 : Autres productions agricoles. Sources Sorties SPSS.....	46
Graphique 13: Tendances des prix mondiaux et nationaux du coton de la période 2002 à 2016. ...	49

## **Résumé**

L'étude couvre la période 2002-2016 et son objectif est de contribuer à l'amélioration des statistiques sur la production du coton à travers des méthodes de prévisions des rendements dans le Département de l'Alibori au Bénin. Les sorties des programmes, de GeoWRSI et SPIRITS, ont permis d'avoir des résultats qui après validation nous ont conduit à sélectionner les meilleurs sur la base de la faiblesse des valeurs de la racine carrée quadratique de l'erreur moyenne de prédiction (RMSE). Il ressort de nos résultats que le modèle de prédiction des rendements du coton à l'échelle Départementale (Alibori) semble mieux prédire les rendements qu'à l'échelle Communale (Banikoara).

Par ailleurs, le prix d'achat comme variable explicative est négativement corrélé avec le rendement mais ne l'influence pas autant. Il apparaît toutefois dans le modèle de la Commune de Banikoara. Nos enquêtes de terrain révèlent que la filière de coton est confrontée à des problèmes qui sont d'ordre structurels et organisationnels. Aussi, le changement climatique affecterait gravement les rendements cotonniers selon les acteurs de la filière.

***Mots clés : Coton, Prédiction, Rendement, NDVI, GeoWRSI, SPIRITS, Bénin.***

## **Abstract**

The study covers the period 2002-2016 and its objective is to contribute to the improvement of cotton production statistics through yield forecasting methods in the Department of Alibori in Benin. The outputs of the programs, GeoWRSI and SPIRITS, made it possible to have results which after validation had lead us to select the best ones on the basis of the weakness of the Root Mean Square Error (RMSE). Our results show that the model for predicting yields of cotton at the departmental level (Alibori) seems to better predict yields than at the municipal level (Banikora).

In addition, the purchase price as an explanatory variable is negatively correlated with the yield but does not influence it as much. However, it appears in the model of Banikoara Commune. Our field surveys reveal that the cotton sector is facing problems that are structural and organizational in nature. Also, climate change would seriously affect cotton yields according to the actors in the sector.

***Keywords: Cotton, Forecast, Yield, NDVI, GeoWRSI, SPIRITS, Benin.***

## **Introduction**

L'agriculture continue d'être le principal secteur dont dépend la survie de la majorité de la population africaine. Ce secteur emploie plus de 60% des actifs et contribue pour environ 35% au PIB de la majorité des pays africains et plus de 40% dans les pays les moins avancés d'Afrique souligne Guèye (2006). Au Bénin le secteur agricole représente le moteur essentiel du développement économique et social, la majorité de la main d'œuvre, ajoute Lebailly (2006). La production du coton est le fait de millions de petites exploitations réparties sur le terroir de milliers de villages dispersés sur de vastes étendues. AIC (2010). Au cours de ces quatre dernières décennies, la culture du coton a joué un rôle majeur dans le développement agricole des zones tropicales et tout particulièrement en Afrique Kpenavoun (2000). En effet, cette culture a permis aux paysans d'obtenir des revenus, d'améliorer ainsi leur niveau de vie et de contribuer à la modernisation des infrastructures utilisées par les populations. Ces importants avantages reconnus pour le coton en Afrique le sont évidemment pour le Bénin, qui détenait d'ailleurs le record en progressions avec le plus fort taux d'accroissement 300% entre 1990 et 2002 de la production cotonnière de tous les pays de l'ouest et du centre de l'Afrique. Mais ce taux d'accroissement a connu par la suite une baisse importante en passant à 200% entre 2003 et 2007. Matthess *et al.* (2005). Ainsi, les problèmes de faiblesse de productivité constatés malgré l'existence de technologie plus performante, la diminution des parts de marché, les problèmes d'ordre institutionnels, environnementaux, climatologiques et surtout prévisionnels sont des difficultés constatées ces dernières années et qui forcent à une étude minutieuse sur les rendements cotonniers, notamment leurs prévisions pour l'aide à la prise de décisions. Ce travail est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre présente les cadres théorique-thématique et objectifs, le deuxième traite des données et méthodes et le troisième chapitre aborde l'analyse des résultats.

## **CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE-THEMATIQUE ET OBJECTIFS**

# 1. Cadre géographique

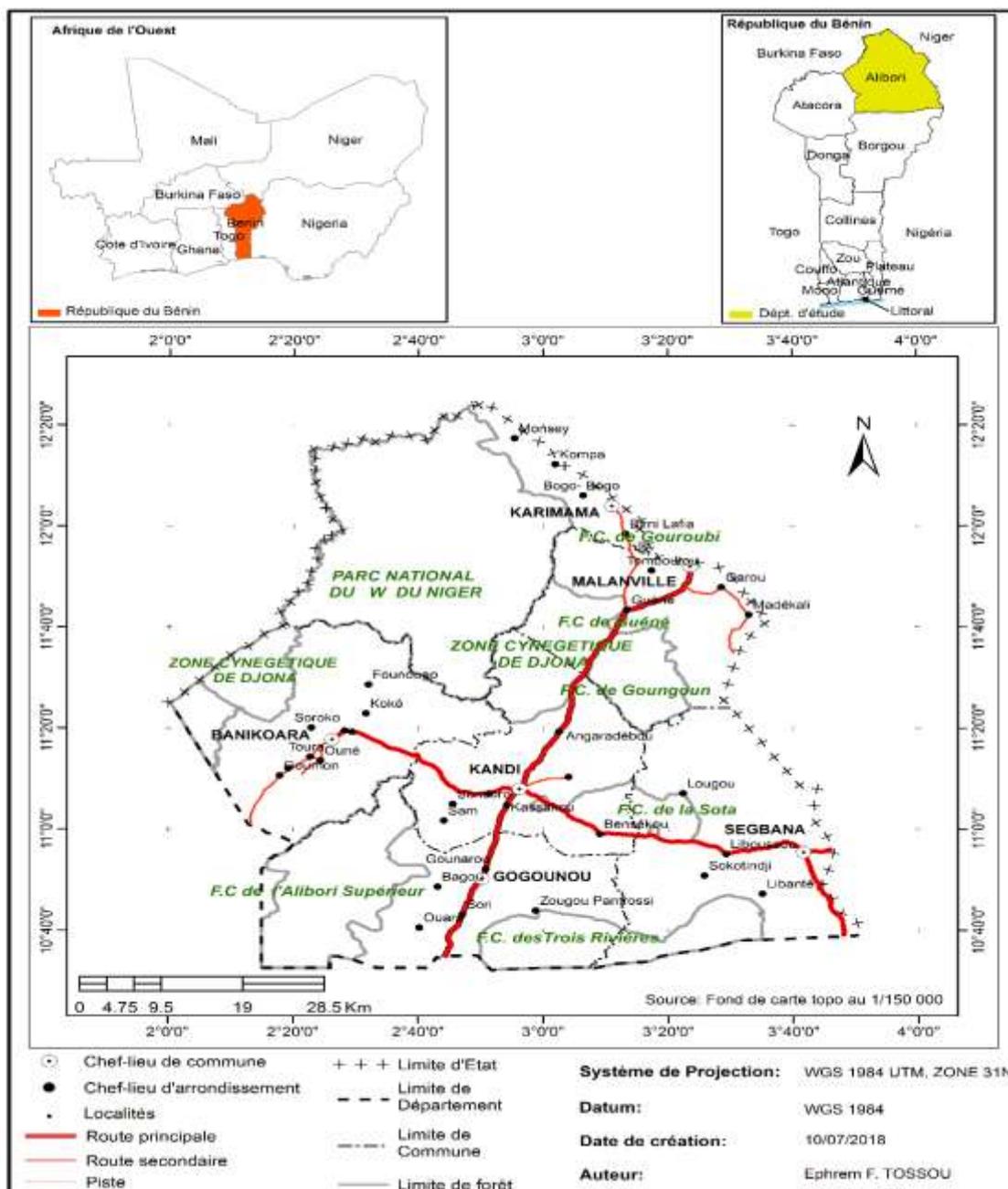
## 1.1 Problématique

La filière cotonnière béninoise constitue pour plusieurs raisons la principale source de croissance de l'économie nationale car représentant 14% du Produit Intérieur Brut, (PIB), 80% des recettes d'exportations, 45% des rentrées fiscales hors douane, 60% du tissu industriel, sources directes de revenus monétaires pour 325000 exploitations agricoles, des revenus pour plus de trois millions d'individus et contribuant à la réalisation de nombreuses infrastructures sociocommunitaires (AIC, 2005). Elle reste la filière la mieux organisée du pays et à travers laquelle les intrants sont fournis de façon officielle par rapport aux autres spéculations agricoles. La filière cotonnière est ainsi une des filières prioritaires qui bénéficie des soutiens de la part des pouvoirs publics à cause de son importance et de nombreux avantages qu'elle procure Matthes *et al.* (2005). Mais il est remarqué ces dernières années une chute drastique de la production due à un dysfonctionnement organisationnel de la filière faute de spéculation prévisionnelle et autres, Toucourou (2012). Cette tendance à la baisse s'est fortement renforcée par la campagne agricole 2005-2006 où seulement le tiers de la prévision a été obtenue. AIC (2010), cité par Toucourou (2012). Cette prévision devient plus préoccupante avec la chute vertigineuse des cours mondiaux du coton et l'irrégularité des subventions accordées aux paysans des pays d'Europe, des Etats-Unis d'Amérique et de la Chine. A cela s'ajoutent les problèmes structurels liés à la mauvaise gestion de la filière du coton au Bénin Gnanglè *et al.* (2006). Du coup la prévision des rendements du coton à chaque début de campagne agricole doit être une condition *sine qua non* pour les prises de décisions. C'est l'un des problèmes récurrent auquel est confrontée cette filière mettant en adversité tous les acteurs, sur le plan national et international, car les écarts considérables à la baisse et la hausse sont observés entre le tonnage placé et le tonnage vendu. Plusieurs campagnes peuvent être citées. Mais la pire est celle de 2011-2012 où un écart important a provoqué la crise généralisée de la campagne 2012-2013. Cette situation contraint l'Etat à prendre en main la gestion de la filière et a ainsi résilié l'accord-cadre entre lui et l'Association Interprofessionnelle de Coton AIC. La filière souffre d'un outil adéquat pour la gestion et la maîtrise des prévisions cotonnières sur toute l'étendue du territoire national du Bénin. Nous pouvons constater que c'est encore un problème de prévision qui se pose ici. Elle se fonde seulement sur les superficies emblavées et les rendements de la campagne antérieure, n'intégrant pas les facteurs climatiques, météorologiques, agro-météorologiques, etc. Dans la même ligne, elle fait noter des écarts importants entre les rendements observés et les rendements estimés. Pour remédier à cette

situation, l'AIC a introduit le GPS dans la prise des surfaces emblavées après les semis afin d'avoir les données précises. Une légère amélioration entre les prévisions et les réalisations fut, mais pas convaincante. Pour maintenir et renforcer cette amélioration afin de réduire de façon durable ces différences de prévisions et de réalisations de la production cotonnière, il est urgent d'intégrer les facteurs biophysiques. Comme beaucoup de recherches précédant notre travail, nous essayerons d'intégrer, en plus de ces données biophysiques, le prix proposé aux producteurs. Cette approche nous permettra de jauger l'influence de celui-ci sur la prévision cotonnière dans le Département de l'Alibori et la Commune de Banikoara ; Commune représentative des autres Communes en dehors du Département de l'Alibori. La production de ce Département représente plus de 43% de la production nationale et elle occupe plus 75% de sa population (AIC, 2008). Le Département de l'Alibori depuis des décennies est qualifié de tous les noms relatifs à la production du coton, tantôt, « berceau de l'or blanc, tantôt basin cotonnier du Bénin ». Ceci augure que la production du coton profite à ce Département et permet aux producteurs d'avoir un pouvoir économique. Mais selon le dernier recensement de 2013, trois personnes sur quatre sont pauvres sur le plan dimensionnel (INSAE, 2013), donc n'ayant pas un pouvoir d'achat digne de ce nom.

## **1.2 Contexte géographique**

Situé entre 11°19' de latitude Nord et 2°55' de longitude Est, l'Alibori est un Département du Nord-Est Bénin. Il est limité au Nord par la République du Niger, au Nord-Ouest par la République du Burkina Faso, à l'Est par la République Fédérale du Nigeria, à l'Ouest par l'Atacora et au Sud par le Département du Borgou. D'une superficie de 26 242 km<sup>2</sup> (23% du territoire national, INSAE, 2013), l'Alibori est subdivisé en six (6) Communes regroupant deux pôles agro écologiques : zone1 (Malanville, Karimama) et Zone2 (Sègbana, Gogounou, Banikoara et Kandi). Il est composé de 41 arrondissements, 229 villages et quartiers de villes. (Résultats du RGPH4 fait par l'INSAE en 2013)

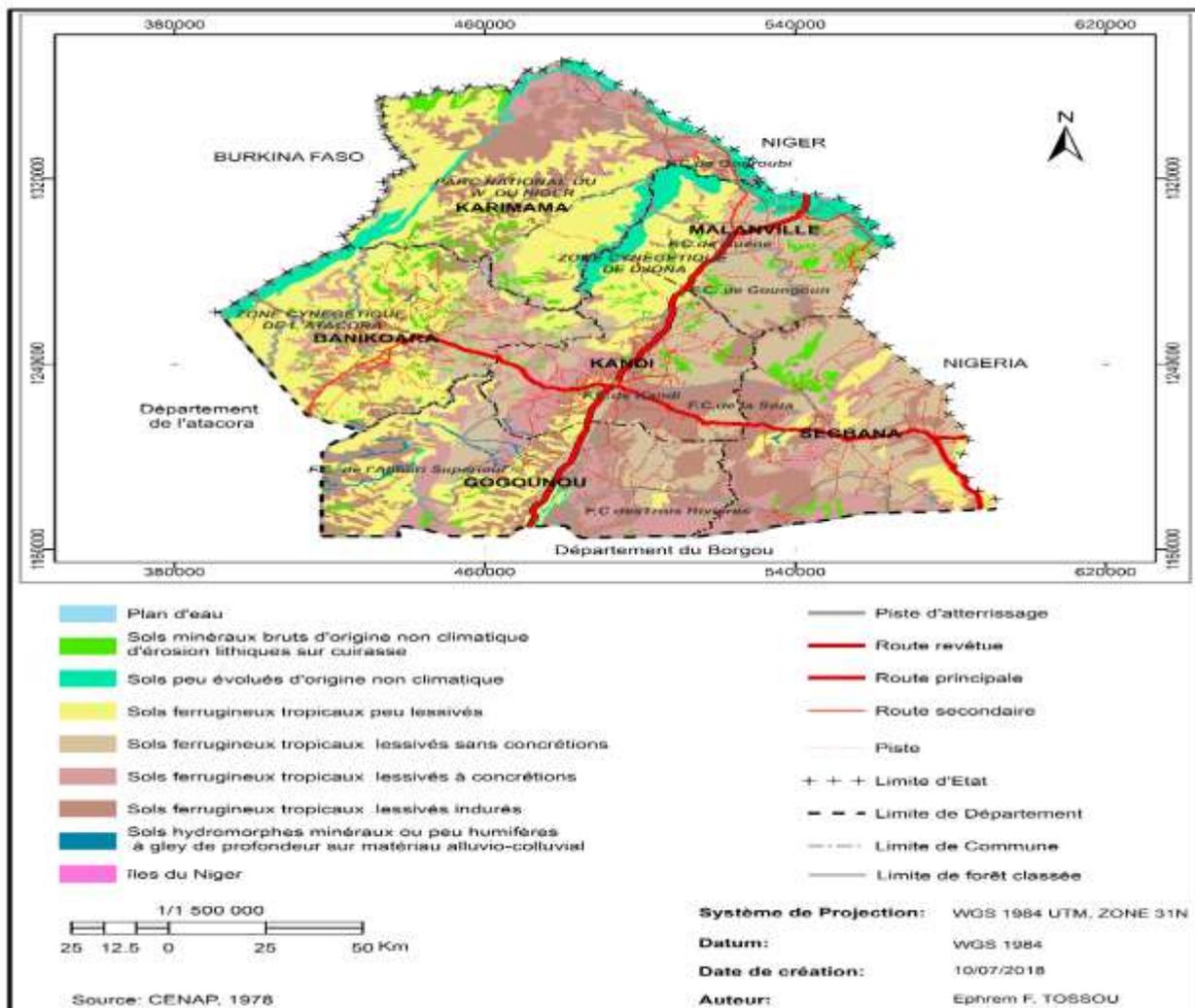


Carte 1 : Situation géographique du Département de l'Alibori au Bénin

### 1.3. Milieu naturel

L'Alibori s'étend sur deux zones agro-écologiques : la zone de l'Extrême – Nord et la zone cotonnière du Nord Bénin. Le climat dans la zone évolue du type soudanien dans sa partie Sud vers le type soudano sahélien dans sa partie Nord. L'Alibori ne connaît qu'une seule saison de pluie qui dure entre 5 à 6 mois avec une pluviosité oscillant entre 700 et 1100mm. Cette pluviométrie donne naissance à deux types de végétation : une savane arbustive clairsemée, dominée par des épineux dont l'*Acacia seyal* et l'*Acacia siebenona* au Nord ; et une savane

arborée herbeuse fortement dégradée au Nord du Département de l'Alibori. On y trouve des arbres d'intérêt socio-économique comme *Parkia biglobosa* (nééré), *Butyrospermum paradoxa* (karité) et *Adansonia digitata* (baobab) qui sont des essences protégées. Les galeries forestières longent les cours d'eau et les vallons. Ces forêts sont peuplées d'essences telles que le caïlcédrat (*Khaya Senegalensis*), le faux acajou (*khaya grandifolia*), et le lingue (*Afzélia africana*). Le relief est dans son ensemble formé de plateaux parfois modelés dans une série sédimentaire du crétacé ou de plateaux couronnés de buttes cuirassées qui descendent vers le fleuve Niger et de collines de grès ferrugineux. Les cours d'eau qu'on y trouve sont principalement les affluents du côté Béninois du fleuve Niger, il s'agit de l'Alibori, du Mékrou et de la Sota. Les atouts touristiques sont fournis par le parc W du Niger et doublés de la zone cynégétique de la Djona où l'on peut chasser et photographier une faune variée pendant la saison touristique. On y rencontre trois types dominants de sols : les sols ferrugineux sur socle cristallin ; les sols alluviaux très fertiles de la vallée du Niger et les sols argileux, limoneux noirs de bas-fonds. On n'y retrouve aussi les marécages très fertiles où se font la riziculture, le maraîchage et la culture de l'igname.



Carte 2 : Pédologie du Département de l'Alibori au Bénin

#### 1.4. Caractéristiques sociodémographiques

Les caractéristiques sociodémographiques du Département de l'Alibori sont diversifiées. Avec une population de 867463 habitants et une superficie de 26242 km<sup>2</sup> soit une densité de 33 habitants au km<sup>2</sup>, c'est donc le Département moins peuplé, comparé aux autres Départements du Bénin. La population est à plus de 60% agricole et la culture du coton constitue la part essentielle dans ce Département, comparé aux autres Départements. On y rencontre couramment comme ethnies: les Bariba et apparentées qui sont les plus représentées avec 37,1% ; les Peulh sont dans une proportion de 26,5% ; et les Dendi et apparentées minoritaires avec 20,1%. Sur le plan religieux, l'Islam vient en tête avec 81,3% de sa population, suivi du Catholicisme (8,6%). (RGPH4, 2013, INSAE).

## **2. Filière coton au Bénin**

### **2.1. Historique de la filière coton au Bénin.**

La filière du coton au Bénin a suivi plusieurs étapes dans son évolution, partant du temps de la colonisation à nos jours. Le coton est à l'origine une culture traditionnelle qui fournissait la matière première pour la fabrication d'étoffes locales. Sa zone principale de production était le centre et le nord du Bénin. Un début d'organisation de la filière apparut avec la mise en place de trois usines d'égrenage en 1920 et ensuite avec l'entrée de la Compagnie Française pour le Développement des Textiles (CFDT) en 1952 selon Mathess *et al.* (2005) et Toucourou (2012). Les différentes étapes se résument comme suit :

#### ✓ Période de 1960 à 1972

La CFDT est appuyée par une nouvelle société française la SATEC (la Société d'Aide Technique et de Coopération) qui se chargeait du suivi de la filière. A l'indépendance en 1960, la Caisse Territoriale de Stabilisation (CTS) fut remplacée par le Fonds de Soutien et de Stabilisation (FSS) des prix des produits à l'exportation.

#### ✓ Période révolutionnaire de 1972 à 1978

Pendant cette période, on assiste à une nationalisation des principaux secteurs d'activités par le nouveau pouvoir militaire. Ainsi, la Société Nationale pour le Coton (SONACO) repris alors à la CFDT ses fonctions. La commercialisation fut confiée à la Société de Commercialisation et Crédit Agricole du Dahomey (SOCAD) et c'est ainsi que la CFDT et la SATEC furent dissoutes. En 1975, la SONACO disparaît au profit de la Société Nationale de Commercialisation et d'Exportation du Bénin (SONACEB) et on assiste à la mise en place dans les six Départements du Bénin des Centres d'Actions Régionales pour le Développement Rural (CARDER) assurant les fonctions de vulgarisation, de mise en place des intrants et d'achat du coton graine. C'est ainsi qu'on assiste à une chute de la production du coton. Cette chute est liée à une augmentation de l'exode rural et à un désintérêt des agriculteurs vis-à-vis de la culture cotonnière au profit du vivrier.

#### ✓ Période de 1978 à 1989

La politique économique du gouvernement révolutionnaire ayant échoué, il est décidé d'accroître la production du coton. Des mesures d'incitation ont été instaurées à travers des projets de développement rural. Les résultats furent positifs. Mais en 1983, la Société Nationale pour la Promotion Agricole (SONAPRA) fut créée en remplacement à la SONACEB. La réussite de cette politique a engendré une crise cotonnière car la production a dépassé les

capacités d'égrenage des usines entraînant la mouille et l'abandon d'importantes quantités de coton graine.

✓ Période de la libéralisation de 1990 à 1999

Suite à la crise cotonnière de 1987, l'Etat a restructuré le fonctionnement des services publics de la filière en cédant à la SONAPRA la fonction d'égrenage et d'approvisionnement d'intrants agricoles du CADER. Conformément à la Lettre de Déclaration de Politique de Développement Rural (LDPDR) de 1991 et au Programme d'Ajustement Structurel (PAS), l'Etat commence à partir de 1992 à libéraliser la filière. Et en 2002, tout le secteur fut confié aux privés. L'activité d'égrenage a été ouverte dès 1994 aux acteurs privés qui détiennent huit usines sur les dix-huit que compte le pays, représentant une capacité d'environ 47%. Malgré ces avancés, la fixation du prix d'achat du coton graine était une prérogative de l'Etat. Dans la même période, l'Etat et les partenaires au développement ont à travers le Projet de Restauration des Services Agricoles (PRSA, 1992) organisé les transferts des compétences aux organisations paysannes et contribué à la création en 1994 de la FURRO- Fédération Nationale de Producteurs. A partir de 1999, les principaux acteurs de la filière que sont les producteurs, les égreneurs et les distributeurs d'intrants, mettent en place l'Association Interprofessionnelle du Coton (AIC) pour prendre en charge les fonctions critiques de la SONAPRA.

✓ De 2000 à Mai 2006

Les réformes apparaitront à la suite d'un séminaire sur la libéralisation de la filière coton, organisé en mai 2000. De ce séminaire, il est ressorti deux options à savoir :

- Filière privée intégrée au niveau national avec une intégration verticale et des modes de gestion interprofessionnelle forte.
- Filière privée au niveau régional.

Le choix de la première option a été suivi par la création de la Centrale de Sécurisation de paiement et de Recouvrement (CSPR), qui assure l'organisation des activités commerciales du coton graine en se basant sur les principes suivants :

- Un prix unique de cession des intrants coton aux producteurs sur toute l'étendue du territoire national.
- L'obligation aux producteurs de vendre toute la production aux sociétés d'égrenage installées sur le territoire national
- L'obligation aux égreneurs d'acheter toute la production cotonnière.

Le fonctionnement de ce schéma met en exergue les différentes familles professionnelles de la filière coton, les accords et conventions qui les régissent. Mais cette organisation a connu de nombreuses difficultés qui ont entraîné la naissance de nouvelles structures au sein des différents groupes professionnels que sont les producteurs, les égreneurs, et les distributeurs d'intrants.

✓ 2006 à 2016

Face à cette situation se caractérisant par une multiplicité d'organisations professionnelles découlant de la dissidence au sein des organisations de producteurs, des distributeurs d'intrants et des égreneurs, l'Etat a engagé une procédure de restructuration du mode de représentation des différents acteurs au sein de l'interprofession.

L'objectif de cette structuration est de redonner confiance aux producteurs du coton béninois, d'enrayer progressivement les dysfonctionnements enregistrés au sein de la filière et d'accroître la production de coton graine. Mais très tôt, ces différentes structures ont été rendues inactives grâce aux diverses réformes introduites dans la filière par l'AIC en Avril 2010 et qui ont conduit à la mise en place des Coopératives d'Assainissement et de Relance de Coton (CVPC), au cours de l'exécution du Projet d'Assainissement et de Relance de la Filière Coton au Bénin (PARFCB). Mais malheureusement, à cause des mauvaises pratiques et des écarts des prévisions des rendements constatés par le gouvernement d'alors, l'AIC, la structure faitière de la gestion de la filière coton a été dissoute. La situation actuelle est donc celle de l'Etat qui intervient dans la gestion de la filière à travers ses structures déconcentrées telles que les Centres Régionaux pour la Promotion Agricole CeRPA, la SONAPRA, etc.

✓ Période de 2016 à nos jours

Dès l'arrivée du nouveau gouvernement après les élections de 2016, la filière a pris encore une autre relance. Toutes les autres structures qui ont été dissoutes par le gouvernement d'alors, ont été rétablies et continuent de gérer la filière coton. Ainsi l'AIC, a repris la gestion de la filière avec de nouvelles réformes sur le plan organisationnel afin d'atteindre le bon score en matière de volume et de bons rendements.

## **2.2. Evolution des rendements du coton au Bénin**

Le rendement et la qualité représentent de nos jours deux éléments clés de la compétitivité du coton. Le premier par son augmentation, assure un revenu important pour l'agriculteur. Le deuxième permet de mieux positionner la fibre sur un marché mondial de plus en plus exigeant à cause de l'abondance et de la diversité des provenances de l'offre. Des années 60 au début

des années 80, l'évolution du rendement du coton-graine montre une situation en dents de scie. Il est observé ensuite une progression à plus de 1500 kg/ha ; une progression due à une plus grande concentration des services d'encadrement et une plus grande utilisation d'intrants. Cette avancée restera cependant de très courte durée car le rendement rechute en dessous de 1000 kg/ha en 1989. Dès lors des efforts seront réalisés pour rehausser ce faible niveau, ce qui permit d'atteindre 1250 kg /ha en 1994. Mais depuis cette année on observe une tendance baissière généralisée du rendement de coton-graine qui se situe aujourd'hui à moins de 1500 kg/ ha en moyenne. L'évolution des rendements montre que le gouvernement et les gestionnaires de la filière accordent très peu d'attention à la productivité et restent plutôt accrochés au volume de production. Ceci est d'autant vrai que les plans et objectifs de production se préoccupent plus de l'envergure des superficies et des volumes de production et se soucient moins de la productivité des terres. Ceci se justifie d'autant plus qu'il existe encore d'énormes marges de progrès vu que la variété actuellement utilisée (H279-1) présente un potentiel de 3000 kg/ha en milieu contrôlé et 2000 à 2500 kg/ha en milieu réel, Fadoégnon *et al.* (2002), soit le double du rendement actuellement obtenu au niveau national. Il s'en suit qu'avec des politiques soutenues d'encadrement des producteurs et d'autres facteurs à déterminer il est possible de doubler la production sans augmenter les superficies emblavées. La faiblesse persistante de la productivité du coton perdure malgré l'existence de technologies productives mises au point par la recherche agricole et qui devraient permettre de rehausser le rendement. Il s'agit entre autre de la Lutte Etagée Ciblée (LEC), l'utilisation du coutrier pour pallier les risques pluviométriques, les techniques de gestions durables de fertilité des sols, etc., qui ont fait leur preuve et restent jusque-là peu adoptés. Comparé à la situation mondiale où le rendement est en constante progression à cause des nouvelles technologies et d'autres progrès techniques (ICAC, 2008), le rendement des pays africains stagne Dévèze *et al.* (2005) et on observe plutôt une diminution pour d'autres pays comme le Bénin. Une telle situation ne saurait avantager le pays dans un marché hautement concurrentiel. Ainsi, la productivité du coton et le rendement en coton-graine en particulier restent selon notre point de vue un enjeu majeur de compétitivité pour le Bénin, car si cette situation perdure, elle compromet la durabilité de la filière cotonnière et indirectement celle de tout le secteur agricole.

### **2.3. Caractéristiques botaniques et agronomiques du coton.**

Deux espèces originaires d'Amérique produisent l'essentiel du coton dans le monde : *Gossypium hirsutum*, vient du Mexique, fournit 90 % de la production mondiale et *Gossypium barbadense*, vient des îles Barbade, donne les plus belles fibres et assure 5 % de

la production. Les deux autres espèces domestiquées sont originaires de l'ancien monde: *Gossypium herbaceus*, originaire du sud de l'Afrique, et *Gossypium arboreum*, originaire d'Inde représentent 5 % de la production mondiale. Le cotonnier a la faculté de fleurir tout en grandissant : on dit que son cycle est à croissance continue. Cela signifie que sur un même plant, on peut trouver à la fois des boutons, des fleurs et des fruits, appelés « capsules », qui contiennent des graines. Les capsules s'ouvrent et laissent apparaître les fibres, qui forment une petite boule blanche ».



Photo 1 : Phase de floraison  
Source : CIRAD 2017



Photo 2 : Ennemie du cotonnier  
Source : CIRAD 2017

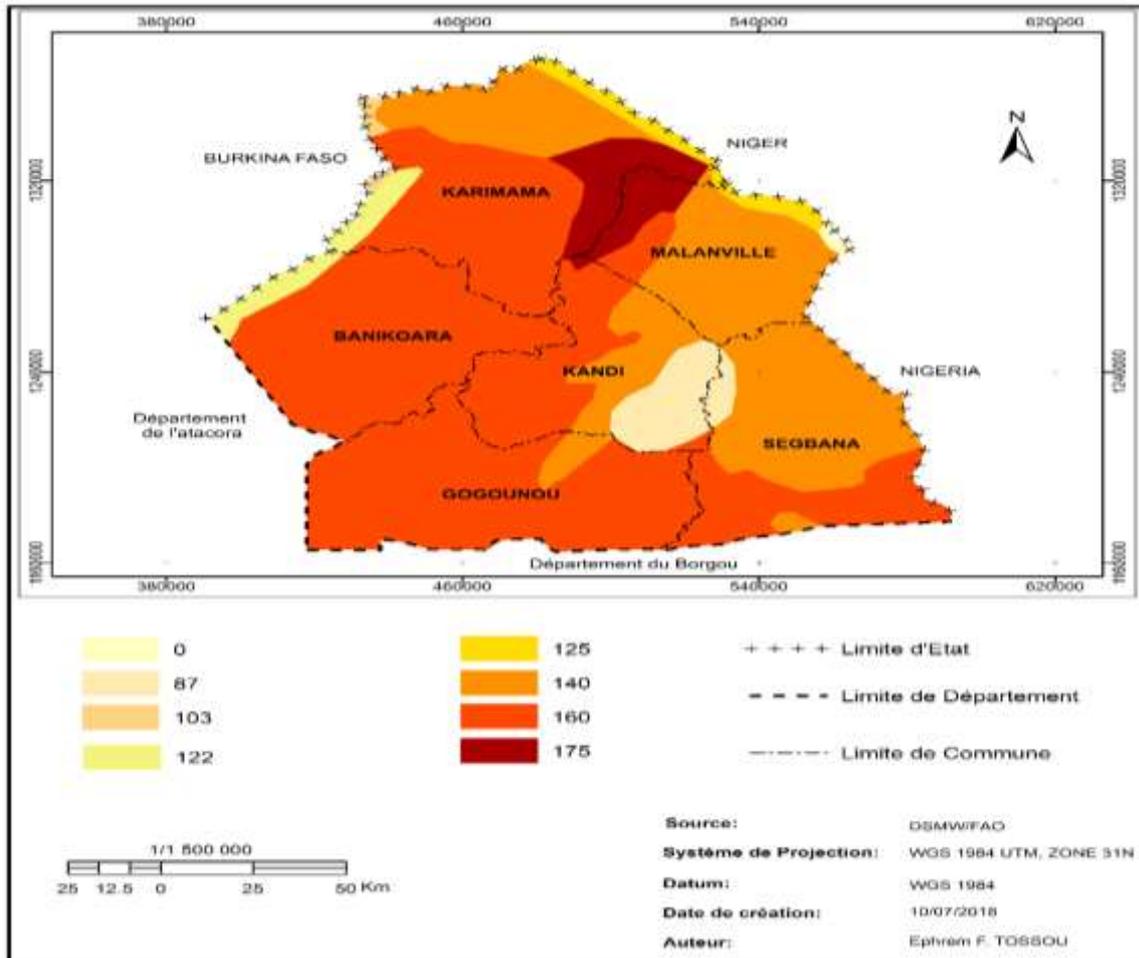


Photo 3 : Phase de maturité  
Source : CIRAD 2017

Au Bénin la variété vulgarisée depuis 2003 et cultivée par les producteurs est le H279-1 avec un potentiel de rendement de l'ordre de 2 à 3 tonnes par hectare, mais jusque-là elle fait actuellement environ une tonne et demi par hectare en milieu paysan Sekloka, (2009), Toucourou, (2012). Il nécessite un climat dont la température oscille entre 25° et 35°C. L'ensoleillement est au-delà de 12 heures et une humidité du sol favorable à une bonne production, permet une bonne ouverture des capsules à la phase finale. C'est une plante arbustive pérenne mais qui est exploitée sous forme de plante annuelle. Les fruits du cotonnier appelés capsules s'ouvrent à maturité et laissent apparaître des fibres qui recouvrent des graines et forment une petite boule blanche, le coton.

Le cotonnier évolue sur des sols homogènes peu profonds, perméables et riches en matière nutritives. Les terres trop humides ne conviennent pas à la culture du coton. De même les terres sur lesquelles l'eau stagne ne sont pas propices à sa culture Les capacités de rétention en eau des sols ont été estimées à travers les travaux effectués par Reynolds *et al.* (1999), Aissan (2014), pour les différentes cartes du monde de la FAO à travers les fonctions de pédotransfert. Ces travaux ont pour résultats de fournir à chaque type de sol de la FAO une valeur de la quantité de rétention en eau. En exploitant les Shapefiles de la capacité de rétention en eau des

différents sols du monde de la FAO, nous avons pu réaliser, la carte en rétention hydrique du Département de l'Alibori au Bénin. A travers cette carte de rétention hydrique des sols de l'Alibori, nous constatons qu'elle varie d'une zone à une autre, et se situe entre 0 à 175mm.



Carte3 : Rétention hydrique des sols du Département de l'Alibori au Bénin.

Les pratiques culturelles rencontrées dans le Département de l'Alibori sont variées. Plusieurs techniques de labours sont pratiquées, le labour au tracteur, le labour manuel, et le labour de la culture attelée. Les producteurs du coton font souvent un labour profond et une bonne préparation du lit de semis. Parfois ces derniers confectionnent des billons après un léger labour Sekloka, (2009), Toucourou, (2012). Au début d'une nouvelle campagne cotonnière, les anciennes tiges sont brûlées pour servir de fumure organique. (Photos 4 et 5).



Photo 4 : Feu de tige de coton



Photo 5 : Cendre de fumure organique



Photo 6 : Labour attelée

Au Bénin il y a trois types de semis : le semis précoce, le semis de bonne date et le semis tardif. Les périodes des différents types de semis varient selon les régions productrices de coton. Dans le Département de l'Alibori les trois types de semis se côtoient. Celui précoce commence déjà à la première décade du mois de mai et est moins pratiqué par les producteurs. Quant au semis de la bonne date, elle se situe à la première décade du mois de juin. Ceci est plus recommandé aux producteurs par le service de recherche et d'encadrement. Mais ces dernières années avec les changements climatiques que manifestent la rareté des pluies et les poches de sécheresse obligent les producteurs à la pratique du semis tardif. Le cycle végétatif se définit par la durée végétative du cotonnier et est de 5 à 6 mois pour cette variété cultivée. Ainsi le cotonnier ayant fait l'objet de semis précoce présente leurs capsules matures et ouvertes dans le mois de novembre et la récolte échelonnée commence dans le mois de novembre et étalonnées sur la période sèche avec disponibilité de la main d'œuvre (familles, salariés, manœuvres) au niveau des ménages agricoles.

#### **2.4. Précisions terminologiques et revue de la littérature.**

##### ✓ Rendement agricole

Le rendement d'une culture est le rapport entre la quantité récoltée de produits sur une surface donnée. C'est un moyen de juger l'efficacité de cette culture, en comparaison avec les rendements obtenus dans d'autres milieux ou avec d'autres techniques ou variétés Morlon et Sigaut, (2008). C'est dire que de façon empirique un rendement ne se mesure pas, il se calcule.

##### ✓ Modèle

Un modèle est une représentation simplifiée du système, sous forme mathématique ou algorithmique dans lequel les réponses produites par les sollicitations externes sont difficilement prévisibles à cause du très grand nombre de facteurs mis en jeu. De même, il est une représentation simplifiée mais organisée d'un phénomène ou d'un mécanisme réel. Il est représenté le plus souvent sous forme d'une équation mathématique qui relie les modifications

de la variable à étudier aux paramètres structurels ou conjoncturels que le concepteur retient comme essentiels. En ce sens, il est un système physique, mathématique ou logique, représentant les structures essentielles d'une réalité et capable à son niveau d'en expliquer ou d'en reproduire dynamiquement le fonctionnement Birou, (1966).

✓ Modèles de prévision des rendements

Les systèmes de prévision du rendement sont fondés sur deux approches opposées faisant appel, soit aux techniques statistiques, soit aux modèles mécanistes Saint (1994). En règle générale, selon la disponibilité des informations ou la possibilité de mettre en œuvre des études ou des méthodologies complexes, des solutions de compromis associent ces deux approches. L'objectif poursuivi est d'utiliser plus efficacement toutes les sources de données disponibles, afin d'obtenir de meilleures prévisions Saint (1994) et Genovese, (1994).

Genovese, (1994) distingue trois différents types de modèles pour analyser les cultures en vue d'en prévoir le rendement final : les modèles empiriques statistiques, fondés principalement sur l'explication d'un phénomène par des équations de régression ; les modèles heuristiques et mixtes, qui comportent de nombreuses procédures essentiellement qualitatives spécialement conçues pour une culture déterminée et les modèles déterministes et pseudo-déterministes dans lesquels une catégorie de modèles axée sur des fonctions mathématiques, modélisent des relations précises de cause à effet. Cette assertion est reprise par Tychon (2012) qui expose les points positifs et négatifs de chacune des méthodes. Ainsi pour ce dernier, la méthode de prévision des rendements utilisant la relation statistique empirique fait appel à une régression multiple et à une analyse par composante principale. Pour Tychon (2012), en plus de la simplicité de sa méthode, elle a l'avantage d'exiger un nombre limité de données et de paramètres. Toutefois sa performance reste limitée en dehors de la gamme de valeurs utilisées pour leur combinaison. Le modèle paramétrique mécaniste des cultures décrit le comportement de la culture en fonction des conditions environnementales. Il a l'avantage de prendre en compte l'environnement de la plante mais se révèle complexe. Quant au modèle non paramétrique il fonctionne essentiellement à partir des méthodes pratiques fournissant une estimation qualitative des effets du climat sur la croissance des cultures.

## 2.5. Revue de littérature.

- ✓ Principaux paramètres entrant dans la prévision des rendements agricoles.

Tychon, (2012) pour sa part, propose que le rendement soit fonction de quatre types d'indicateurs et peut s'établir comme suit : Rendement = fCAL (4 types d'indicateurs). Les quatre types d'indicateurs à prendre en compte sont : les tendances, les données météorologiques, les modèles agro météorologiques et la télédétection. La méthode de prévisions des rendements agricoles proposée par Tychon, (2012) a été avancée une douzaine d'années plus tôt par Oger *et al.* (2000). En effet, ces auteurs, lors de l'étude intitulée « Estimation et prévision des rendements agricoles à l'échelle de la Belgique à l'aide d'un système intégré combinant les modèles agro météorologiques et la télédétection » et sont arrivés à la conclusion selon laquelle l'estimation finale d'un rendement est obtenue en combinant les résultats de la fonction de tendance technologique avec les sorties des modèles agro météorologiques et les indicateurs de biomasse issus de l'information satellitaire. Les tendances technologiques étant une combinaison de l'évolution du niveau des intrants (engrais, pesticides et autres), le développement de la technicité, de la compétence du monde agricole et la faculté d'adaptation aux nouvelles techniques et politiques agricoles. Le modèle général se présente sous la forme d'une équation qui est  $Y = constante + f_1 (tendance) + f_2 (sortie modèle f_3 agrométéo) + f_3 (indicateur de biomasse) + erreur$

Où : Y représente le rendement estimé prédit ;  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  sont les fonctions particulières ajustées aux sorties des différents sous modèles.

D'autres paramètres peuvent aussi rentrer dans l'élaboration du rendement comme du NDVI. Aissan, (2014) et Toucourou, (2012) ont montré la corrélation du NDVI respectivement dans la modélisation du rendement du sorgho dans les Départements du Borgou et l'Alibori au Bénin et la modélisation du coton dans les Départements de la Donga et de l'Atacora. Ce sont aussi les cas de Balaghi *et al.* (2012), le rendement du blé au Maroc, Kouadio (2007) pour l'arachide au Sénégal, des rendements du mil, du sorgho, du maïs et du niébé, Tychon et Rosillon, (2006), et du coton au Burkina Faso (Bronne *et al.* (2008) et Bronne *et al.* (2011)).

- ✓ Modèles d'estimation des rendements à partir des données météorologiques, agro météorologiques et du NDVI.

Le concept de base sur lequel repose cette méthode est relativement simple et a été décrit par Bronne *et al.* (2008) ; Bronne *et al.* (2011). Il a été complété par Tychon, (2012) et peut être résumé comme suit : il s'agit de rechercher un modèle de prévision des rendements d'une culture

en mettant en évidence les corrélations entre les rendements historiques de cette culture et différents facteurs explicatifs. Ceux-ci sont de différents types : météorologiques, agro météorologiques et du NDVI extrait des images satellitaires. Les facteurs météorologiques sont constitués des cumuls de différents paramètres météorologiques (pluviométrie, évapotranspiration, ensoleillement, etc.). Les facteurs agro météorologiques sont représentés par les sorties à l'instar des logiciels AgrometShell, Aquacrop, ou CGMS. Les données issues du NDVI sont les paramètres de sortie générés par les logiciels VAST ou TIMESAT ou Spirits. Un cumul des valeurs du NDVI extraites est également effectué. Les facteurs météorologiques sont cumulés sur la durée de croissance des végétaux. La représentation schématique du concept est illustrée comme suit :

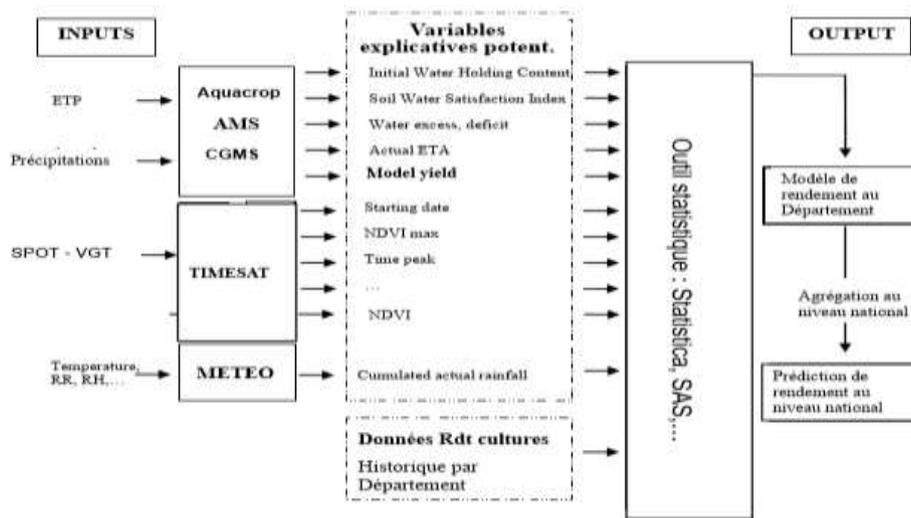


Figure 1 : Méthodologie générale de prévision des rendements à partir des données météorologiques, agro météorologiques et du NDVI, Source : Tychon (2012)

✓ Etudes antérieures avec la méthode globale.

L'utilisation d'AMS, de VAST ou de TIMESAT comme modèle de prévision, permet d'extraire respectivement les données agro météorologiques et les données du NDVI. Cela a permis aux chercheurs et plusieurs institutions d'avoir des résultats probants.

Aissan, (2014) est arrivé à travers ses modèles de prévision des rendements du sorgho à établir une bonne corrélation entre certaines variables explicatives et les données de rendements dans les différentes communes étudiées. Les meilleurs modèles trouvés se caractérisent par un coefficient de détermination  $R^2$  qui est de 0,96 dans la Commune de Banikoara et de 0,40 pour le modèle global dans le Département de l'Alibori. Le RMSE aussi est de 17,7 Kg/ha dans la Commune de Perère et 101 Kg/ha dans le Département de Borgou. Toucourou (2012) pour la prévision du coton dans le Nord-Ouest du Bénin, le Département juxtaposé au notre, a élaboré ses modèles sur deux types d'images satellitaires, brutes et lissées. Il en découle que

les résultats obtenus à partir des images lissées ont un RMSE relativement faible comparé à ceux des images brutes. Elle a trouvé pour les images lissées 14,64 kg/ha pour la Commune de Boukounbé, 11,07 kg/ha pour la Commune de Tanguiéta, 9,78 kg/ha pour Bassila et 7,66 kg/ha pour Copargo. Par contre pour les images brutes les RMSE sont respectivement pour les communes de Boukounbé, Tanguiéta, Bassila et Copargo, 14,83 kg/ha, 18,75 kg/ha, 12,21 kg/ha et 6,97 kg/ha. Elle a donc conclu que le lissage des images contribue à l'amélioration des résultats de prévision des rendements du coton. Kouadio (2007), était arrivé aux prévisions relativement bonnes des rendements de l'arachide au Sénégal à l'échelle nationale. Il avait obtenu un  $R^2$  de 0,55 et un RSME de 28kg/ha à la troisième décennie du mois d'octobre. Ses résultats obtenus à la troisième décennie de septembre sont :  $R^2 = 0,53$  et  $RMSE = 44 \text{ kg/ha}$ . Par contre Ramdé (2009), au Burkina- Faso dans l'appréciation des modèles testés a trouvé qu'aucun modèle n'est fiable pour la prévision des rendements du mil et du sorgho dans la province de Passoré. Ces modèles le sont aussi pour le sorgho dans la province de Yatenga. Les résultats d'appréciation étaient  $R^2 = 0,1963$ ,  $RMSE = 221,97 \text{ kg/ha}$ ,  $R^2 = 0,11862$ ,  $RMSE = 35,35\%$ . L'étude approfondie et minutieuse montre que les résultats issus de ces outils de prédiction ne sont pas toujours bons, ni fidèles et ni fiables. Alors que de mieux en mieux, depuis des années des outils moins encombrants capables de plus de précisions et ayant des fonctionnalités similaires à celles d'AMS, VAST, TIMESAT et WINDISP ont vu le jour. Plusieurs institutions telles que AGRHYMET à Niamey au Niger en Afrique et le Centre Commun de Recherche de l'Union Européenne d'Ispra en Italie attestent leur fiabilité. Ces nouveaux outils sont : GeoWRSI, SPIRITS et CGMST. Ils seront utilisés pour nos différents tests.

### **3. Objectifs de l'étude**

#### **3.1. Objectif principal**

Contribuer à l'amélioration de la production des statistiques du coton à travers des méthodes de prévision des rendements dans le Département de l'Alibori au Bénin.

#### **3.2. Objectifs spécifiques :**

- ✓ Proposer les modèles de prévision des rendements de la culture du coton en associant les sorties des outils de GeoWRSI, Spirits, des données météorologiques et les données historiques du rendement et le prix d'achat du coton.

- ✓ Identifier les paramètres qui influencent les rendements du coton dans le Département de l'Alibori et la Commune de Banikoara.
- ✓ Prendre la perception des acteurs (Gouvernement, société de gestion AIC et les producteurs) sur la filière coton au Bénin.

### **3.3. Questions de recherche et hypothèses**

Les modèles sortis à partir de ces différents outils, les données météorologiques et historiques permettront-ils de prévoir les rendements du coton dans l'Alibori ?

- ✓ Quels sont les paramètres les plus significatifs à prendre en compte dans la prévision des rendements dans le Département de l'Alibori et la Commune de Banikoara ?
- ✓ Quelle est la perception des acteurs de la filière du coton au Bénin ?

### **3.4. Hypothèses**

Pour essayer de répondre à ces questions, les hypothèses qui suivent ont été posées.

- ✓ Les différents paramètres du modèle impactent les rendements du coton dans l'Alibori.
- ✓ Les différents paramètres de sorties des outils GeoWRSI, SPIRITS et les données météorologiques et historiques permettent de développer des modèles de prévision des rendements de la culture du coton.
- ✓ La perception des acteurs permet d'identifier les problèmes qui minent cette filière au Bénin.

## **CHAPITRE II : DONNEES ET METHODES**

## **1. Types de données**

Les données utilisées sont celles issues des traitements des différentes images satellitaires à différentes résolutions et avec différents outils tels que, GeoWRSI, Spirits, les données historiques des rendements, le prix d'achat du coton lors des campagnes agricoles et les données d'enquêtes de terrain.

### **1.1. Données météorologiques.**

Ici il s'agit des données de pluies et de l'évapotranspiration de référence. Les images satellitaires d'une résolution de 1 km de ces différents paramètres sont issues de la base de données d'ECMWF hébergée sur le site du VITO. Au total 540 images sont téléchargées. Les images décennales de 2002 à 2016 de l'Afrique ont été traitées dans SPIRITS et calibrées sur le Bénin en juxtaposant un fichier de forme pour le Bénin. L'avantage de cette méthode permet d'avoir à n'importe quel point de la zone d'étude les données pluviométriques, ce qui est très important pour nous dans cette étude. Ainsi les RUM ont été extraits selon les Shapefiles et les masques de culture selon nos unités administratives (Alibori et Banikoara), de ces paramètres issus de ces images de la météo et puis importées dans l'outil de traitement CST pour avoir certaines données et les utiliser dans R pour les différents tests de modélisation.

### **1.2. Données historiques des rendements du coton et son prix d'achat.**

Les données de rendement du coton sont exploitées de la base de données de la Direction des Statistiques Agricoles (DSA), du Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et la Pêche du Bénin (MAEP 2010). Cette direction utilise le canal des directions techniques régionales avec lesquelles elle est en relation pour obtenir ses données statistiques qui lui sont transmises via les rapports mensuels des agents. En effet le MAEP dispose au niveau national, Départemental et communal des services déconcentrés qui jouent un rôle prépondérant dans la collecte des statistiques agricoles. Ainsi le dispositif est composé des enquêteurs nationaux, Départementaux, communaux qui font la collecte des données de production et des superficies emblavées dans les différents arrondissements considérés comme des strates et autres. Pour la collecte de ces données une enquête par sondage à deux niveaux se réalise. Au premier degré, les villages sont tirés de façon aléatoire par Commune sur la base du taux de 1/10 sans remise avec probabilité proportionnelle à leur taille. Au second degré, dix exploitants sont tirés par village échantillon avec probabilité égale et sans remise. Les données sont collectées au niveau de ces exploitations par mesure parcellaire et pose des carrés de densité/rendement. Un carré est posé par spéculation au niveau de chaque producteur enquêté. La récolte des carrés est faite

par les enquêteurs et les produits issus sont pesés pour estimer le rendement. Une extrapolation est faite après les pesées pour avoir les données à l'échelle communale. Et après l'agrégation de ces données pour avoir les données au niveau régional et national (MAEP, DSA, 2017). Ainsi dans les Départements de l'Alibori, 290 exploitants sont concernés dans un échantillon de 30 villages sur 302 que compte ce Département. (MAEP, DSA, 2017). Pour vérifier la fiabilité des données nous avons comparé deux sources de données de rendements de la direction régionale des pôles agricoles de l'Alibori, au niveau de la direction des statistiques agricoles du MAEP, à la direction de l'AIC. De petits écarts de rendements furent constatés et nous avons procédé à l'harmonisation de ces données avant l'importation dans le CST et plus loin dans R.

### 1.3. Données d'enquêtes de terrain.

Ce sont les résultats obtenus (Tableaux des pourcentages, les graphiques et les histogrammes) et les différents pourcentages, après le traitement des données d'enquêtes de terrain sous SPSS.

### 1.5. Données issues du bilan hydrique dans GeoWRSI.

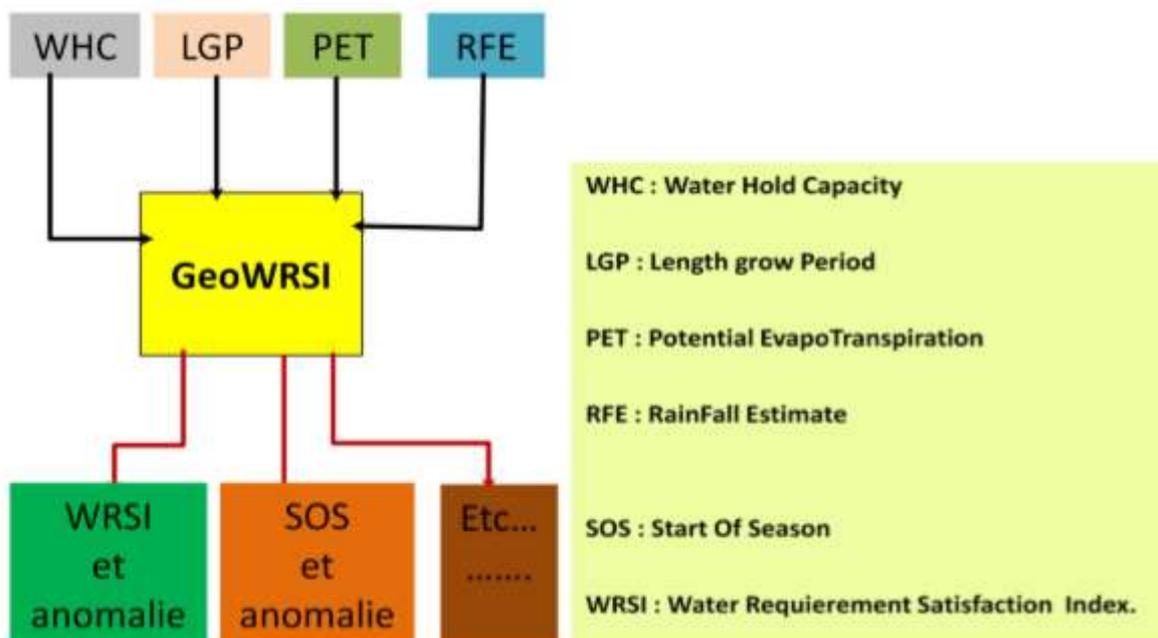


Figure 2 : Bilan hydrique dans GeoWRSI,  
Source : AGRHYMETH, 2018 et FEWSNET, 2013

Comme tout autre outil de bilan hydrique, le GeoWRSI fait le bilan hydrique de toute culture dont les caractéristiques telles que le début et la fin de saison sont connus dans une unité géographique dans le monde. Les données d'entrées sont la pluie et l'évapotranspiration

décadaires, qui sont issues de nos stations de météo, ou peuvent être téléchargées à partir des images NOAA, du site FEWSNET qui lui est directement implémenté. Ainsi nous avons plusieurs produits de sorties d'images décadaires de 8km de résolution de bilan hydrique. Ces sorties peuvent quantitativement que qualitativement servir à évaluer et à suivre l'état des cultures pendant la saison de croissance végétale. Toutes ces sorties peuvent constituer des inputs dans les tests de régression avec les rendements et les productions, pour produire des modèles de prédiction de rendement et de production. À l'origine développé par l'Organisation pour l'agriculture et l'alimentation (FAO), le WRSI une des sorties : Water Requirement Satisfaction Index a été adapté et étendu par l'USGS dans une application géo spatiale pour répondre aux exigences de surveillance de FEWS NET. Les estimations de réduction ou d'accroissement de rendement basées sur les résultats de WRSI contribuent à la préparation et à la planification de la sécurité alimentaire.

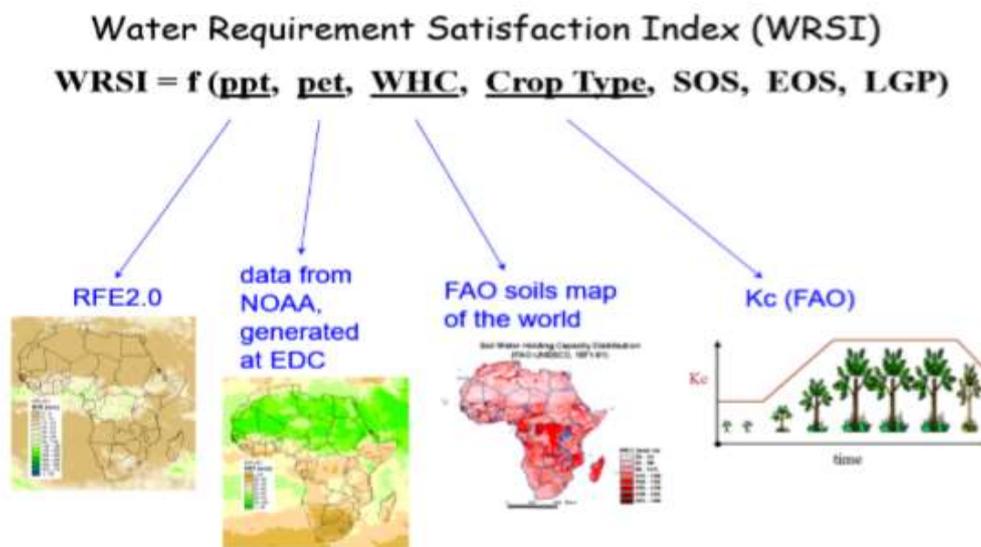


Figure 3: Wrsi et ses facteurs explicatifs, adapté du centre AGRHYMET 2018 et FEWSNET 2013.

Le WRSI est caractérisé par la disponibilité en eau et le besoin en eau d'une culture pendant sa période de croissance. Il est le rapport de l'évapotranspiration réelle saisonnière (AET) à l'exigence d'eau de la campagne saisonnière (WR)

$$\text{WRSI} = \frac{\text{AET}}{\text{WR}} * 100, \text{ avec}$$

WR = PET \* KC, PET de Penman-Monteith et KC pour équilibrer le besoin en eau de la culture au cours de la croissance de la culture. Chaque fois que la teneur en eau du sol est

supérieure au niveau d'appauvrissement maximal admissible selon le type de culture, l'AET restera le même que WR, c'est-à-dire pas de stress hydrique. La teneur en eau du sol est obtenue grâce à une équation de bilan de masse simple où le niveau d'eau du sol est surveillé dans un seau défini par la capacité de retenue d'eau (WHC) du sol et la profondeur de la racine de la culture, c'est-à-dire.

$$SW_i = SW_{i-1} + PPT_i - AET_i$$

Là où SW constitue la teneur en eau du sol, PPT est une précipitation, et i est indice du pas de temps.

✓ Cycle du coton

En général, le cycle du coton varie entre 140 à 260j (CIRAD, 2017), selon les variétés cultivées. La variété qui fait objet de cette étude dans le Département de l'Alibori est de 180jours, soit six mois répartis en décades selon les phases du cycle du coton.

Tableau I : Décades par phase de la culture du coton

Phases du cycle	Phase initiale	Phase Végétative	Phase de Maturation	Phase Finale
Décades	3	5	6	4

Source FAO (2010) et Toucourou (2012).

✓ Les sorties courantes de GeoWRSI

WRSI	:	Indice de satisfaction de l'eau requise
WRSI anomaly	:	Anomalies de WRSI
SOS	:	Début de la saison
SOS anomaly	:	Anomalies de début de saison
EOS	:	fin de la saison
% LGP	:	longueur des différents stades de croissance des cultures
Soil water index	:	Indice d'eau du sol (flétrissement, stress, satisfaction)
Total water surplus	:	Excédent hydrique total dans le sol
EOS	:	Fin de la saison

## 1.6. Données du NDVI dans Spirits

Le paramètre NDVI est très important dans la suite du travail, ainsi une analyse de nos séries d'images du NDVI de tout le continent Africain de 2002-2016 du satellite SPOT VEGETATION (2002-2013) et du PROBA-V (2014-2016), téléchargées sur le site du VITO s'impose à nous. D'après plusieurs auteurs et Djaby (2000), l'Indice de la Végétation par Différence Normalisée (NDVI) est un indice spectral particulièrement approprié pour l'étude de la végétation et est principalement basée sur la photosynthèse. Il est défini par :  $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$ , spectre de proche infra-rouge (0.61µm-0.68µm). SPOT est un satellite

d'observation de la terre mis en place par la France, la Belgique et la Suède. Il comporte plusieurs générations de satellites dont SPOT-4 qui appartient à la 2ème génération. Il est composé de VEGETATION réalisée par la société Aérospatiale à Canne. Il est constitué d'un système imageur fonctionnant dans quatre bandes spectrales à savoir : Vert (0,50 – 0,59  $\mu\text{m}$ ), Rouge (0,61 – 0,68  $\mu\text{m}$ ), Proche infrarouge (0,78 – 0,89  $\mu\text{m}$ ) et Moyen infrarouge (1,58 – 1,75  $\mu\text{m}$ ). Il utilise des optiques téles centrées assurant une résolution spatiale de l'ordre d'un kilomètre pour une couverture au sol de 2250 km de large (Source : Wikipédia 2018). Son lancement du satellite SPOT-4 a été fait le 23 mars 1998 et son exploitation a été achevée en janvier 2013. Il a été remplacé par le satellite PROBA-V qui a pour mission principale de prendre la suite de l'instrument VEGETATION, Aissan 2014.

#### ✓ Lissage temporel des images NDVI

L'objectif ici est d'appliquer le lissage afin de réduire l'effet des nuages et le bruit atmosphérique sur les images décennales. Klisch, *et al.* (2006), malgré la technique utilisée pour la création de NDVI décennal appelé « Maximum value composite », ces bruits persistent dans certaines régions ou pendant les périodes nuageuses. Plusieurs procédures ont été élaborées pour lisser la série de 10 images par jour, sur la base de la Best Index Slope Extraction (BISE26) (le Meilleur indice de pente d'extraction).

#### ✓ Paramètres de sortie de NDVI dans Spirits

Ces sorties sont les caractéristiques de l'évolution du NDVI, au cours d'une année et ce pendant la saison de croissance. Ainsi nous avons, le cumul du NDVI, pendant la période végétative, est le cumul de NDVI<sub>15\_32</sub> ; la période avant le semis, est le cumul du NDVI<sub>1\_15</sub>, le Peak, est la décennie à laquelle le NDVI atteint son maxi au cours de l'année, l'amplitude est la différence entre le niveau le plus bas et le niveau le plus haut de l'évolution du NDVI et le Peak\_Val est la valeur du NDVI lorsqu'il atteint son niveau maximal.

### **1.4. Traitements des données**

Les données de rendements historiques, de prix regroupés dans le format BBD Excel, pour être importés dans les tables Access via l'outil statistique dans R, préparées à cet effet pour la modélisation. Par contre les données des différents paramètres issus GeoWRSI et les paramètres de Spirits tels que les paramètres de la météorologie de 2002 à 2016, qui sont des fichiers text des RUM issus de Spirits, seront importés dans CST et R pour la modélisation, au niveau de la Commune et le Département.

## **2. Outils, logiciels et modèles exploités.**

### **2.1. GeoWRSI.**

Le Geospatial Water Requirement Satisfaction Index (GeoWRSI) est un logiciel géo spatial autonome à installer et gratuitement disponible. Il est mis en œuvre par l'US Geological Survey (USGS) pour l'activité du réseau de systèmes d'alerte précoce de FEWSNET (Famine Early Warning System Network). Le GeoWRSI exécute un modèle de bilan hydrique spécifique à une culture sélectionnée par l'utilisateur dans une zone géographique dans le monde. La zone est délimitée par les longitudes et les latitudes minimales et maximales. Cet utilisateur définit les dates probables de début de saison (SOS) et de fin de saison (EOS). Il utilise comme données d'entrée les images de pluie estimée (RFE) et d'Evapotranspiration Potentielle (PET) décennales, de résolution 1km, de la capacité de rétention en eau du sol (WHC) et de la Longueur de la Période de Croissance (LGP). Il fournit en sortie plusieurs produits (décennales) de bilan hydrique (WRSI, SOS et leurs anomalies, Etc...). Ils peuvent être utilisés de manière qualitative et quantitative pour l'évaluation et le suivi de l'état des cultures pendant la saison de croissance végétale.

### **2.2. SPIRITS**

SPIRITS Software for the Processing and Interpretation of Remotely sensed Image Time Series, a été développé par VITO pour MARS /CCR. Il est un des logiciels de traitement d'images en général, mais met l'accent sur le traitement et l'analyse des images simples ou multi-temporelles, l'interprétation des images de séries chronologiques télé détectées et fournit le traitement automatisé et avancé des séries chronologiques pour de très grandes séries d'images avec une résolution temporelle d'un jour, 10 jours, un mois ou un an. Bien que SPIRITS peut être utilisé pour une très large gamme d'applications dans la surveillance environnementale, certaines de ses fonctionnalités avancées sont spécifiquement axées sur la surveillance des cultures. SPIRITS est un environnement de logiciel gratuit pour l'analyse de séries temporelles d'images dérivées par satellite dans la surveillance des cultures et de la végétation. Avec cette boîte à outils, nous pouvons traiter et examiner des séries temporelles de capteurs de basse et moyenne résolution. Il peut être utilisé pour effectuer et automatiser de nombreuses étapes de traitement spatial et temporel sur des séries temporelles et pour extraire des statistiques spatialement agrégées. Les indices de végétation et leurs anomalies peuvent être cartographiés rapidement et les statistiques peuvent être tracées dans des graphiques saisonniers à partager avec les analystes et les décideurs.

### 2.3. CGMS Statistical Tool, Logiciel R. Core Team, 2017, SPSS et CAPI

#### ✓ CGMS Statistical Tool. CST

Dans le cadre du Système Européen MARS, un outil dédié a été développé combinant ces analyses dans une seule application relativement facile à employer : le CGMS Statistical Tool (CST). Le CST nous permet de sélectionner une région, un type de récolte, une période au cours de l'année ; effectuer une analyse de séries chronologiques sur les données statistiques disponibles ; mener une analyse de régression ou d'un scénario et prévoir le rendement agricole pour l'année cible. Une composante importante pour tout système de prévision de rendement agricole régional est le ciblage et l'analyse des données statistiques et régionales sur le rendement agricole, la superficie et la production. Afin de prévoir le rendement, il est nécessaire de connaître la variabilité interannuelle de la production agricole et de déterminer si cette variabilité peut être expliquée par un ou plusieurs indicateurs. Ces indicateurs permettent de prédire le rendement agricole assez tôt dans la saison de croissance. De tels indicateurs sont souvent dérivés à partir des données météorologiques, des informations de satellite ou des modèles de simulation de récoltes. En principe ces analyses peuvent être effectuées à l'aide des outils bureautiques modernes tels que Microsoft Excel, mais il n'y a pas de « magie » en termes de statistiques. Néanmoins, la réalisation de tels exercices sous Excel exige beaucoup de temps, peut induire des erreurs et est encombrant. Par conséquent le CST rationalise le processus d'analyse et permet de stocker et de documenter les paramètres utilisés afin de pouvoir établir des prévisions par défaut.

#### ✓ Logiciel R. Core Team, 2017

Pour la modélisation du rendement du coton en fonction des variables explicatives retenues, les fonctions 'PCA' de la Librairie FactoMiner, 'lm', et 'step' du logiciel R (R core team 2017) ont été utilisées. Les variables explicatives devant servir à la construction des modèles ont été soumises à l'analyse des composantes principales avec la fonction 'PCA' pour déterminer les corrélations entre les variables explicatives et la variable réponse. Ensuite, les fonctions 'lm' et 'step' ont servi à réaliser les régressions linéaires multiples avec sélection ascendante pas à pas des variables explicatives.

#### ✓ CAPI et SPSS

Le CAPI : Computer Assister Personal Interviewions qui est utilisé, il est un mode d'administration d'un questionnaire en face à face dans le cadre duquel, l'enquêteur utilise un

ordinateur pour l'interview. Ce mode CAPI permet d'opérer une saisie directe des réponses et d'effectuer automatiquement les directions liées obtenues et d'éviter d'organiser un atelier de saisie pour gagner le temps. Nous avons utilisé l'outil statistique **SPSS**, pour le traitement des données d'enquêtes sur la perception des acteurs de la filière du coton. Les différents résultats et tableaux vous seront présentés à la partie analyse des résultats.

#### **2.4. ARCGIS 10.4.1**

Dans le cadre de cette étude la version **10.4.1** d'**ArcGIS** de l'année 2016 a été utilisée pour l'élaboration des masks crop des régions pour l'extraction des RUM dans SPIRITS et de toutes les cartes de la zone d'étude.

### **3. Méthodologie de traitement et d'analyses des résultats.**

#### **3.1. Justification du choix du Département, de la Commune d'étude et de la période.**

- ✓ Période de 2002 à 2016.

C'est pendant cette période qu'un gouvernement béninois a battu son record en matière de réformes dans la filière du coton. Elle est la période la plus longue sur ces vingt dernières années et vérifie les conditions précitées pendant laquelle on peut faire une bonne prévision.

- ✓ Département de l'Alibori.

Selon l'AIC en 2010, le Département de l'Alibori est depuis longtemps et toujours le premier des Départements producteurs du coton au Bénin. Il est appelé le bassin cotonnier du Bénin avec un apport de plus de 60% de la production nationale sur les douze Départements que compte le Bénin. C'est un Département phare pour la production cotonnière.

- ✓ Commune de Banikoara.

Selon l'AIC en 2010, elle est leader en production cotonnière. Elle a été ces dernières années première en matière de production cotonnière sur le plan Départemental et national.

#### **3.2. Méthodes.**

Dans le cadre de l'élaboration de la prévision des rendements dans la Commune Banikoara et le Département de l'Alibori, les données météorologiques, agronomiques et les données de télédétection (SPOT Végétation et Proba-V) sont des variables explicatives du rendement du coton dans une régression linéaire multiple. Les variables explicatives sont issues des traitements des différentes images dans les logiciels GeoWRSI et SPIRITS. Le traitement statistique sera fait avec les logiciels CST et R. Les régressions linéaires multiples seront alors

réalisées pour les différents tests. La figure suivante montre les différentes étapes pour l'élaboration de la méthode de prévision des rendements dans le cadre de cette étude.

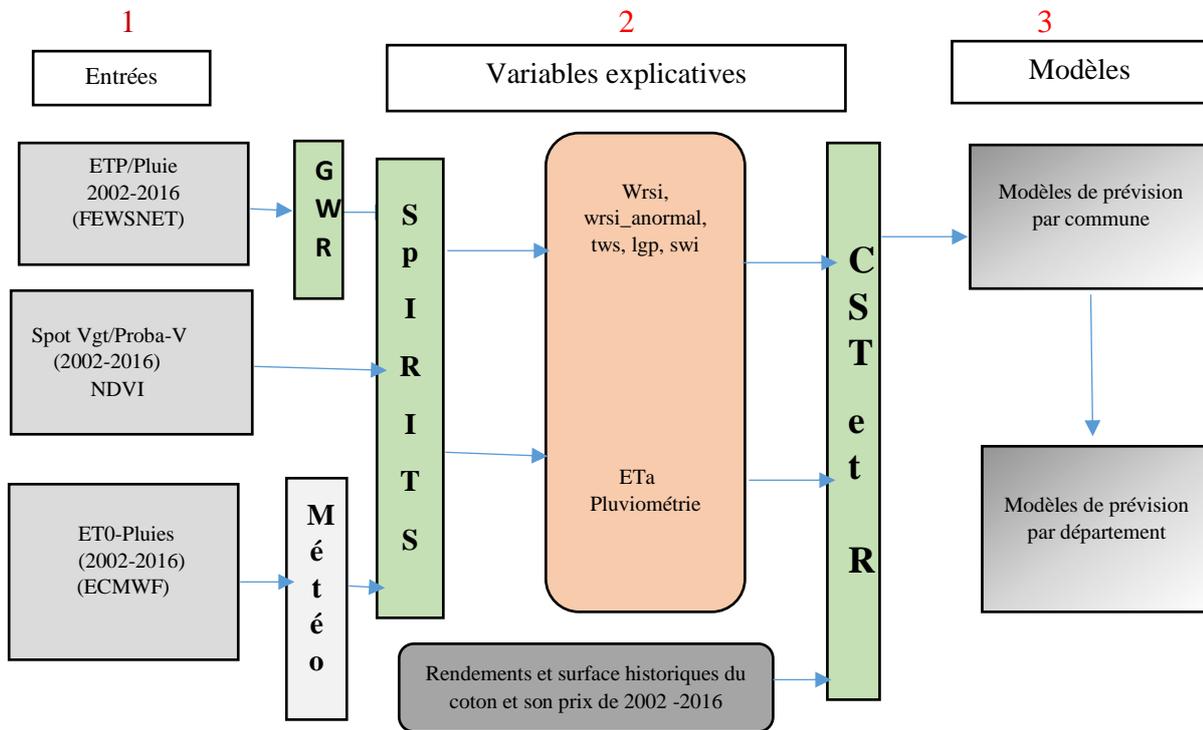


Figure 4 : Méthode générale de la prévision du rendement du coton.

Nous avons pris quelques informations auprès des institutions telles que : le Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP), les experts de la Direction des Statistiques Agricoles (DSA), et de l'Association Interprofessionnelle de Coton (AIC) et les producteurs au niveau des ménages agricoles. Dans ce cas, une enquête de terrain a été réalisée à travers deux zones agro écologiques de Département de l'Alibori. En tenant compte du temps qui nous est imparti dans la réalisation de ce travail, avons retenu un échantillon de 100 ménages agricoles répartis à travers dans les différentes Communes échantillonnées du Département de l'Alibori. Sur cette base, nous avons essayé de faire un échantillonnage à trois niveaux : le premier sur le plan Départemental, prenant en compte les Communes échantillonnées, le deuxième niveau est celui des arrondissements/ villages/ quartiers échantillonnés et le troisième le nombre de ménages agricoles échantillonnés. Ainsi les enquêtes sont réalisées dans 77 ménages agricoles au niveau de cinq arrondissements de la Commune de Banikoara. Elles sont réalisées dans 9 ménages agricoles au niveau de trois arrondissements de la Commune de Segbana et dans la Commune de Malanville dans 14 ménages au niveau de trois arrondissements. Au total l'enquête de terrain s'est déroulée dans trois Communes échantillonnées de l'Alibori (Banikoara, Segbana et Malanville) sur les six Communes, onze arrondissements échantillonnés et cent ménages répartis dans les différents arrondissements/ quartiers/villages.

Tableau II : Echantillonnage des ménages

Communes Echantillon	Arrondissements Echantillon	Ménages Agricoles Echantillon
Banikoara	Founougo	28
	Kokey	12
	Toura	14
	kokibourou	5
	Banikoara	18
<b>Total<sub>1</sub></b>	<b>5</b>	<b>77</b>
Segbana	Liboussou	3
	Sokotindji	2
	Segbana	4
<b>Total<sub>2</sub></b>	<b>3</b>	<b>9</b>
Malanville	Guene	6
	Tombouctou	3
	Malanville	5
<b>Total<sub>3</sub></b>	<b>3</b>	<b>14</b>

Source : Nous-mêmes terrain Mai 2018

#### 4. Approches statistiques.

##### 4.1. Exploration des variables explicatives

C'est pouvoir détecter les variables explicatives qui pourront servir pour la modélisation, tout en répondant à certains critères statistiques, notamment, la non nullité de leur variance ou écart-type. De même, nous tiendrons aussi compte de la corrélation entre les variables explicatives elles-mêmes et entre elles et la variable endogène le rendement. La corrélation est un processus qui consiste à vérifier, l'existence ou non d'une relation entre deux ou plusieurs variables. Une étude de corrélation sera faite au niveau de toutes les variables explicatives qui seront sélectionnées pour prédire le rendement. Dans la suite, nous définirons le coefficient de détermination de sélection des variables vu aussi leur importance du point de vue agronomique.

##### 4.2. Notion de régressions

Nous distinguons la régression simple et la régression multiple. La régression multiple avec sélection ascendante sera utilisée. Elle est une méthode mathématique et statistique qui va produire l'équation de la relation entre la variable à expliquer et les variables explicatives. Dans le cadre de notre étude, la régression pas à pas est utilisée pour sélectionner les variables pertinentes pour l'élaboration des différents modèles. La régression multiple avec recherche exhaustive vient à la suite de la régression multiple pas à pas. Elle permet de trouver les

meilleurs sous-ensembles de modèles avec la recherche exhaustive des variables prédictives retenues à la suite de la régression multiple pas à pas.

### 4.3. Validation croisée des modèles

La validation croisée est une méthode d'estimation de la fiabilité d'un modèle fondé sur une technique d'échantillonnage. On distingue trois techniques de validation croisée à savoir « holdout method » ou « tests et validation » « k-fold cross-validation » et « Leave-one-out cross validation » (LOOCV).

- ✓ La méthode de « holdout method » ou « tests et validation », à diviser l'échantillon par la taille  $n$  en échantillon d'apprentissage (>60% de l'échantillon de test). Le modèle est bâti sur l'échantillon de test. L'erreur est estimée en calculant l'erreur quadratique moyenne de l'échantillon test.
- ✓ Dans la seconde, on divise  $k$  fois l'échantillon, puis on sélectionne un des  $k$  échantillons comme ensemble de validation et les  $(K-1)$  autres échantillons, constituent l'ensemble d'apprentissage. On calcule comme dans la première méthode l'erreur quadratique moyenne. Puis on répète l'opération en sélectionnant un échantillon de validation parmi les  $(k-1)$  échantillons qui n'ont pas encore été utilisés pour la validation du modèle. L'opération se répète ainsi  $k$  fois pour qu'en fin de compte chaque sous-échantillon, ait été utilisé exactement une fois comme ensemble de validation. La moyenne des  $k$  erreurs quadratiques moyennes est enfin calculée pour estimer l'erreur de prédiction
- ✓ La troisième méthode est LOOCV. Elle est un cas particulier de la deuxième méthode où  $k=n$ , c'est-à-dire que l'on apprend sur  $(n-1)$  observations puis on valide le modèle sur la  $n$ ème observation et l'on répète cette opération  $n$  fois.

Cette dernière méthode sera adoptée dans ce travail. L'objectif étant d'estimer le taux d'erreur de chaque modèle afin de proposer le meilleur modèle pour l'Alibori et Banikoara. Ainsi l'erreur quadratique moyenne est ce taux et est appelée RMSE. Le modèle le plus efficace est celui qui son RMSE faible. Dans notre cas le modèle que nous devons choisir doit, non seulement avoir le RSME le plus faible, mais il doit aussi vérifier les conditions suivantes : au plus cinq variables dans le modèle, un coefficient de corrélation élevé, peut-être supérieur ou égal à 0.5 et les variables obtenues dans le modèle doivent avoir un sens agronomique

#### 4.4. Variables de modélisation et leurs caractéristiques.

Tableau III : Outputs de la modélisation

Outils	Outputs	Caractéristiques
<b>GeoWRSI</b>	Wrsi (1, 2, 3, 4)	Indice de satisfaction de l'eau requise à chaque phase phénologique
	Wrsi_a (1, 2, 3, 4)	Anomalies de WRSI à chaque phase phénologique.
	Swi (1, 2, 3, 4)	Indice d'eau du sol à chaque phase phénologique.
	Twsi (1, 2, 3, 4)	Excédent hydrique total dans le sol à chaque phase phénologique
	Lgp (1, 2, 3, 4)	Longueur de chaque phase phénologique de la culture.
<b>Spirits</b>	NDVI <sub>d15-32</sub> NDVI <sub>d1-15</sub>	Cumul de la valeur du NDVI au cours de la phase de croissance. Cumul de la valeur du NDVI avant le semis
	Amplitude	Différence entre la valeur maximale et minimale du NDVI au cours de la saison.
	Peak-val	Valeur maximale du NDVI au cours de la saison.
	Peak	Décade à laquelle le NDV atteint son maximum au cours de la saison.
<b>Météo</b>	Pluie (1, 2, 3, 4)	Cumul de hauteurs de pluies (ECMWF) à chaque phase phénologique
	Pluied1-15	Cumul de hauteurs de pluies (ECMWF) avant le semis du coton
	ETA (1, 2, 3, 4)	Evatranspiration maximale à chaque phase phénologique, $ETA=ETm=ET0*KC$
<b>Autres</b>	Prix	Prix unique d'achat du coton au kg à chaque campagne.
	Années	Année à prédire (2002-2016)

1= Phase initiale, 2 = Phase végétative 3= Phase de maturation 4 = Phase finale

Source : Nous-mêmes terrain Mai 2018

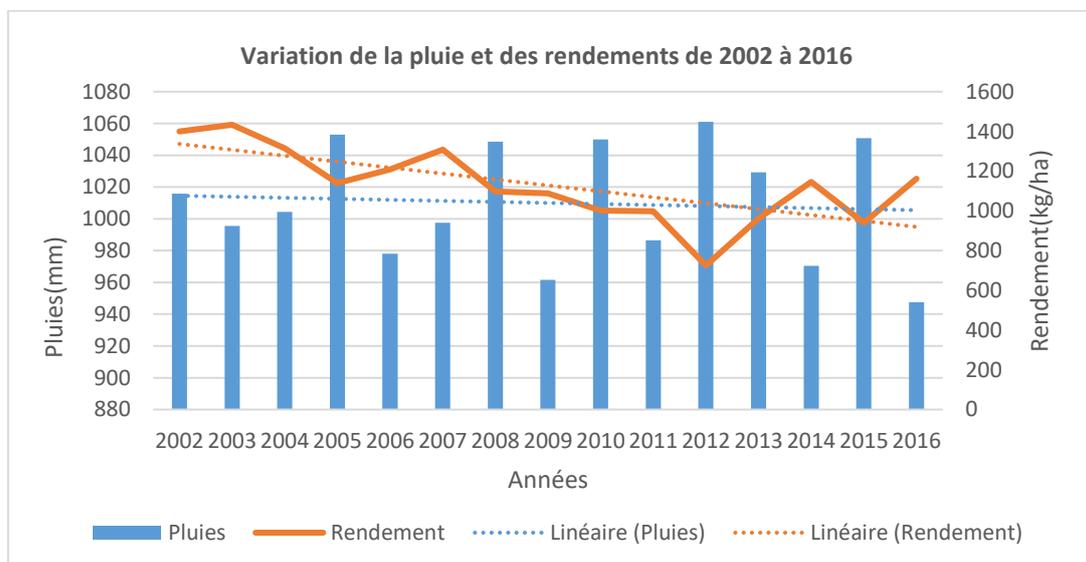
## **CHAPITRE III : ANALYSE DES RESULTATS**

## 1. Résultats

### 1.1. Analyse descriptive des déterminants du rendement.

#### ✓ Pluies et rendements

De 2002 à 2016, les hauteurs de pluie varient d'une année à une autre, mais n'ont jamais atteint les hauteurs de 1100 mm. Les années 2005, 2010, 2012, 2015 sont les années où les hauteurs de pluie sont très importantes et sont respectivement (1053, 1061, 1050 et 1051 mm). On a aussi enregistré les niveaux des hauteurs de pluie les plus bas, les années 2006, 2009 et 2016. En général la tendance des hauteurs de pluie est à la baisse. Le rendement du coton qui fait l'objet de cette étude aussi varie d'une année à une autre au cours de la période 2002 à 2016. Le rendement n'a jamais atteint 1500 kg/ha alors que la capacité productive de cette variété de coton produit est 2000 kg à 3000 kg à l'hectare. (AIC, 2010). L'année 2003 a enregistré le meilleur rendement de 1434 kg/ha et l'année 2012 le plus faible rendement de 725 kg/ha. Globalement la pluie et les rendements du coton ont une tendance à la baisse pendant la période de 2002-2016. La tendance des rendements (en rouge) et celle des hauteurs (bleu), traduisent la tendance baissière des pluies et des rendements..

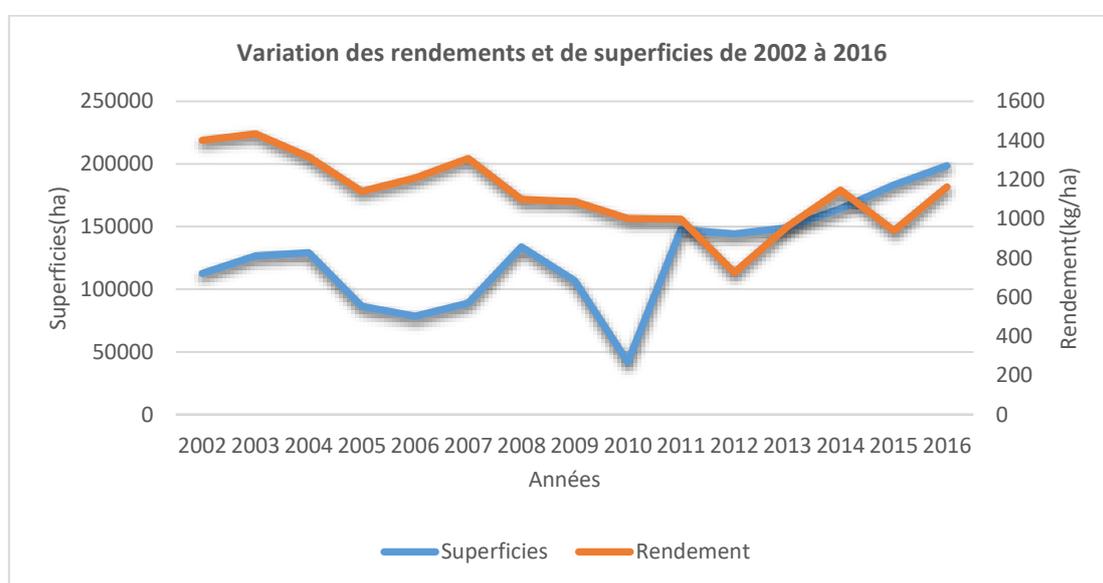


Graphique 1: Variation de la pluie et des rendements du coton de 2002 à 2016 à Alibori

#### ✓ Superficies emblavées et rendements

Entre 2002 et 2004, la superficie emblavée a augmenté de 112638 ha à 129185 ha, de 2005 à 2006, elle a chuté passant de 86253 ha à 78492 ha, puis après elle remonte en 2008 à une superficie 133784 ha avant de chuter encore considérablement en 2010 où elle a atteint une

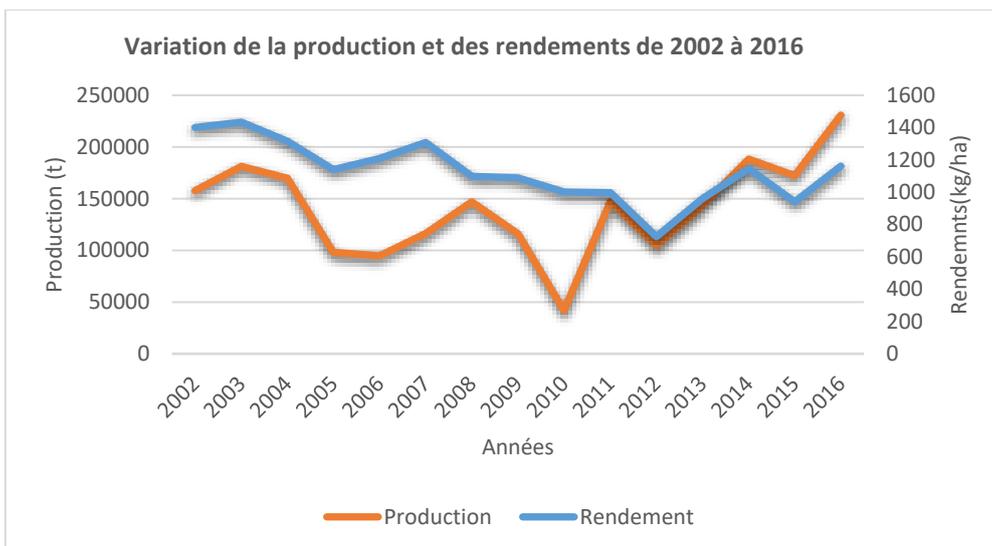
valeur de 41848 ha, la plus faible superficie emblavée au cours de la période 2002 à 2016. Elle est remontée en dents de scies jusqu'à atteindre son pic au cours de cette période en 2016 avec une superficie maximale de 198525 ha. Par contre le rendement a gardé sa tendance baissière constatée plutôt. Il a augmenté sensiblement, de 2002 à 2003, passant d'une valeur de 1400 kg/ha à 1434 kg/ha. Après cette tendance à la hausse, il gardera une tendance oscillante jusqu'en 2012 où il atteindra sa plus petite valeur de 725 kg/ha au cours de la période de 2002 à 2016. En 2016 où on a enregistré la plus grande valeur de superficie emblavée, le rendement est de 1163 kg/ha. Ce rendement est plus faible que celui de 2002 où on a enregistré une superficie de 112638 ha inférieure à celle de 2016 et un rendement plus important de 1400hg/ha.



Graphique 2 : Variation de rendement et de superficie de 2002 à 2016 à Alibori

#### ✓ Production et rendement

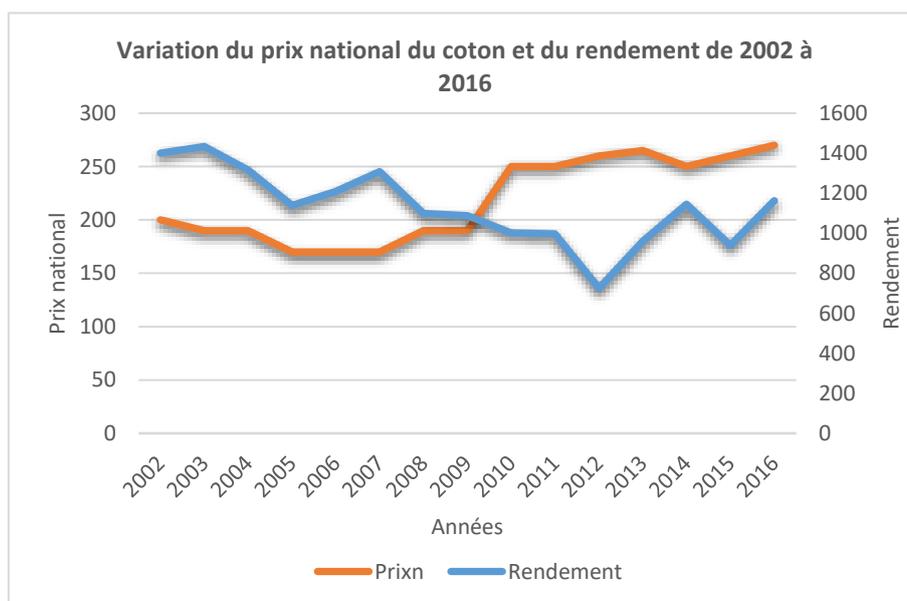
La production du coton comme son rendement ont varié au cours de la période 2002 et 2016. Le rendement a conservé sa variation précédemment constatée. La production a augmenté de 2002 à 2003 de 157701t à 181343 t, comme le rendement de 1400 kg/ha à 1434 kg/ha. Cette production a chuté jusqu'en 2006 où elle a atteint 94887t, pour remonter de nouveau de 2007 à 2008, et rechuter drastiquement en 2010 avec une faible production au cours de la période, à 41920 t. C'est la première dans l'histoire de ce Département. Et après la production a oscillé au cours du temps pour atteindre son pic en 2016 avec une production de 230820 t.



Graphique 3 : Variation de la production et des rendements du coton de 2002 à 2016

✓ Prix d'achat du coton et le rendement du coton.

Le prix national du coton a varié pendant 2002 à 2016, mais n'a jamais atteint le niveau de 300f/kg depuis que le Bénin a commencé la culture du coton. Ce prix a varié entre 170fcfa et 270fcfa. En 2002 où le prix était à 200fcfa le kg, le rendement était de 1400kg/ha, alors qu'en 2003 où le rendement est de 1434kg/ha plus élevé, le prix est bas, est de 190fcfa. Ce prix d'achat a varié dans le temps jusqu'en 2012 où le rendement est plus bas (725kg/ha). Mais le prix remonte à 260fcfa jusqu'en 2016 pour 270fcfa le kg. D'après l'équation de la droite de régression linéaire, le rendement et le prix d'achat du coton sont négativement corrélés.



Graphique 4 : Variation du prix national et du rendement du coton de 2002 à 2016

## 1.2. Calibration en fonction des échelles spatiales (Communes, Département)

Dans le tableau IV, nous avons différentes variables caractéristiques des modèles de Banikoara de l'Alibori. Pour les trois modèles de chacune des unités administratives, les coefficients de détermination  $R^2$  varient d'une unité à une autre dans le Département de l'Alibori.

Plusieurs variables explicatives apparaissent dans les différentes équations et sont différemment caractéristiques de chacun des modèles. Elles sont les suivantes :

Wrsi	:	Indice de satisfaction de quantité d'eau requise pour la culture à chaque phase
Wrsi_a3	:	Anomalies de Wrsi.
Tws	:	Excédent hydrique total dans le sol.
Amplitude	:	Différence entre les niveaux le plus bas et le plus haut du NDVI au cours de l'année.
Années	:	Année de prédiction, appelée variable technologique.
Peak_val	:	Valeur du NDVI quand il atteint son maximum.
Prix	:	Prix annuel et unique d'achat du coton au Bénin.
Eta4	:	Evapotranspiration maximale à la phase finale de la culture.
Pluie4	:	Cumul de pluie pendant la phase finale.

Tableau IV : Différentes calibrations des modèles.

Localisation	Modèles	Variables explicatives				
<b>Département</b> <b>Alibori</b>	1	Wrsi3	Peak_val	Wrsi4	Tws1	
	2	Eta4	Wrsi3	Plue4	Wrsi4	
	3	Wrsi2	Eta4	Wrsi4	Pluie4	Wrsi3
<b>Communes</b>	1	Années	Wrsi1	Amplitude	Prix	
	2	Wrsi_a3	Prix	Wrsi1	Peak_val	
<b>Banikoara</b>	3	Wrsi1	Peak_val	Prix		

Les différentes équations des modèles sont dans le tableau V, ci-après.

Tableau V : Modèles. (Rt = Rendement)

Echelle spatiale	Modèles	Modèles
<b>Département</b> <b>Alibori</b>	1	$Rt = -7254.917 -168.903wrsi3 +214wrsi4+5485.517Peak\_val+6,248tws1$
	2	$Rt = -4086.001-185.576wrsi3 -251.561wrsi4-8.492Eta4-4Pluie4$
	3	$Rt = -5157.086-31.668wrsi2-167.778wrsi3+280.937wrsi4-11.733Eta4-5.468Pluie4$
<b>Communes</b> <b>Banikoara</b>	1	$Rt = -795.7373+0.7954Années+11.5934wrsi1-3.9719PPrix+496.6740Amplitude$
	2	$Rt = -5182.90+47,553wrsi1+6892,90Peak\_val - 3.282 Prix-21.357wrsi\_a3$
	3	$Rt = -3551.170 +17.022wrsi1+5435.66Peak\_val-3.060 Prix$

En somme, les variables explicatives pour les modèles de Banikoara comme Alibori varient d'un modèle à un autre. Les sorties de GeoWRSI et SPIRITS reviennent régulièrement au niveau des différents modèles. Les variables Wrsi, Peak\_val, Prix, Années et ETA4 sont les variables explicatives qui sont récurrentes dans les modèles. Cela témoigne de leur importance et de leur lien étroit avec la variable expliquée qui est le rendement. Certaines variables sont liées négativement avec le rendement, tandis que d'autres le sont positivement. La variable explicative prix apparaît dans deux différents modèles de Banikoara, et est lié négativement avec celui-ci, pareil pour wrsi1, ETA4 et d'autres aussi au niveau des modèles de l'Alibori. Mieux, ces variables explicatives apparaissent au niveau des différentes phases végétatives de la culture au niveau de Banikoara comme de l'Alibori. Ainsi, allons estimer les taux d'erreur de chaque modèle par la méthode de validation croisée afin d'opérer le choix du meilleur modèle.

### 1.3. Validation croisée pour Alibori et Banikoara

La méthode de LOOCV dans le logiciel R, a été appliqué pour estimer les taux des erreurs de chaque modèle afin d'opérer un choix de modèle, soit au niveau Communal, soit au niveau Départemental de l'Alibori. L'erreur quadratique moyenne (RMSE), nous a permis de choisir le meilleur modèle. Les tableaux VI et VII, nous permettront de faire le choix des meilleurs modèles.

Tableau VI : RMSE et rendements estimés et observés en 2016 au Département de l'Alibori.

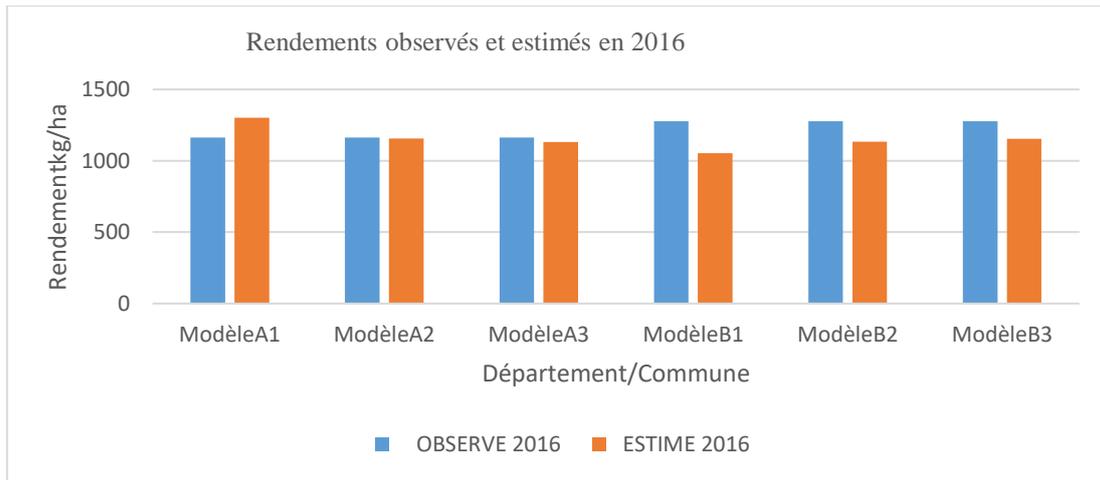
Localisation	Modèles	RMSE %	RMSE Kg/ha	Rendements Observés 2016	Rendements Estimés 2016
Alibori	1	5.6	63.68	1163	1302
	2	9.3	105.39	1163	1157
	3	8.4	95.30	1163	1131

Tableau VII : RMSE et rendements estimés et observés en 2016 de la Commune de Banikoara.

Localisation	Modèles	RMSE %	RMSE Kg/ha	Rendements Observés 2016	Rendements Estimés 2016
Banikora	1	12.50	152.7687	1278	1054
	2	9.6	116.447	1278	1135
	3	11.38	138.1127	1278	1155

Dans les tableaux VI et VII ci-dessus, trois différents modèles caractérisent la Commune de Banikoara comme le Département de l'Alibori. Dans l'Alibori, le modèle 1 a un RSME relatif faible, égal à **63.68kg/ha**, soit **5.6%** et dans Banikoara le modèle 2 a un RMSE relatif aussi faible, égal à **116.447kg/ha**, soit **9.6%**. On peut donc dire que, sur un hectare de coton récolté, il y aura, respectivement, en moyenne une marge d'erreur de **63.68kg** pour l'Alibori et **116.447kg pour Banikoara**, soit un pourcentage respectif de **6.5%** et **9.6%**, largement inférieur à **20%**, qui est le taux seuil. On conclut bien que tous les modèles soient acceptables, puisque ayant tous un RMSE inférieur à 20%, on choisit le meilleur des meilleurs modèles. Alors, le modèle 1 est le meilleur pour l'Alibori et celui 2 pour Banikoara.

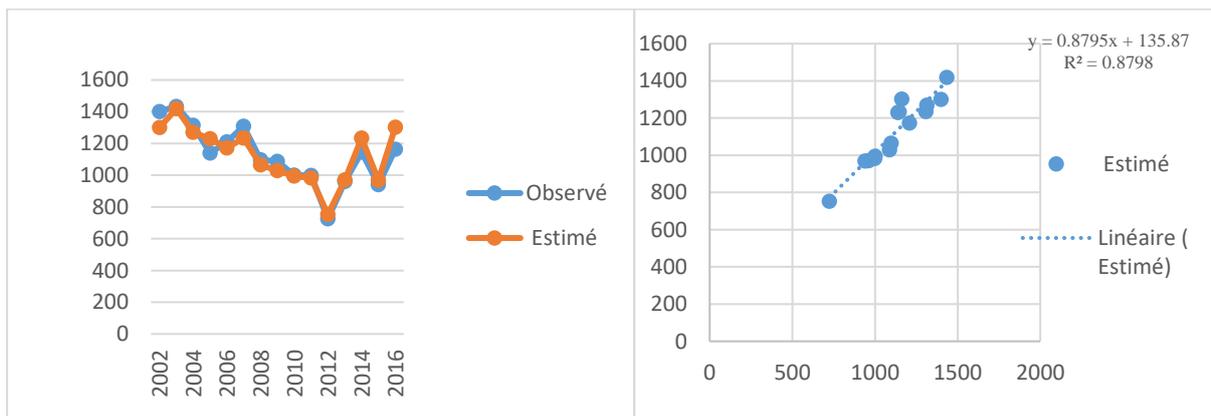
A travers ce graphique<sup>5</sup>, nous constatons qu'au niveau du deuxième et troisième modèle du Département de l'Alibori, (Modèles A2 et A3), les rendements observés et estimés en 2016 sont approximativement les mêmes tandis qu'au niveau du premier modèle (Modèle A1), le rendement estimé dépasse celui observé. Pour les trois modèles de la Commune de Banikoara (Modèles B1, B2, B3), les rendements observés dépassent les rendements estimés en 2016.



Graphique 5 : Evolution des rendements observés et estimés en 2016

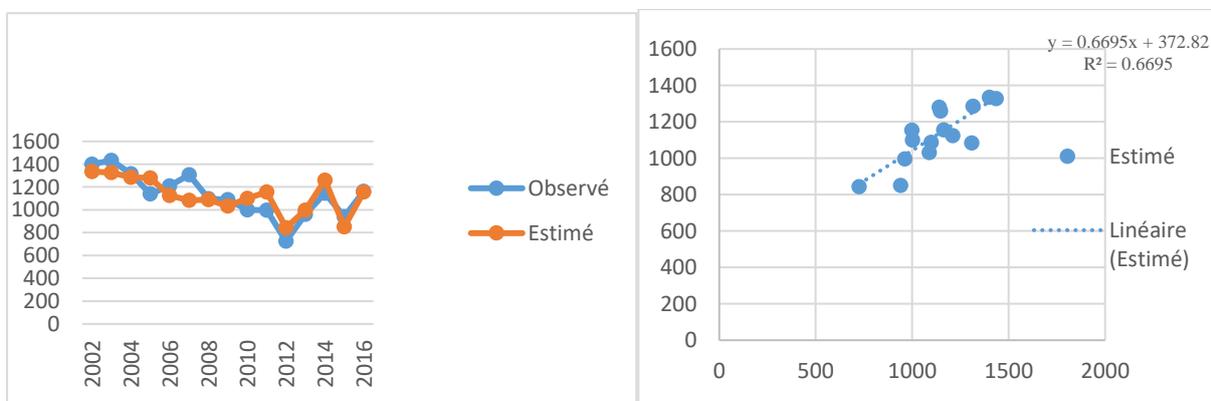
✓ Alibori

**Modèle 1 (RSME= 5.6%)** avec les paramètres prédicteurs : wrsi3, wrsi4, peak\_val et twsi1



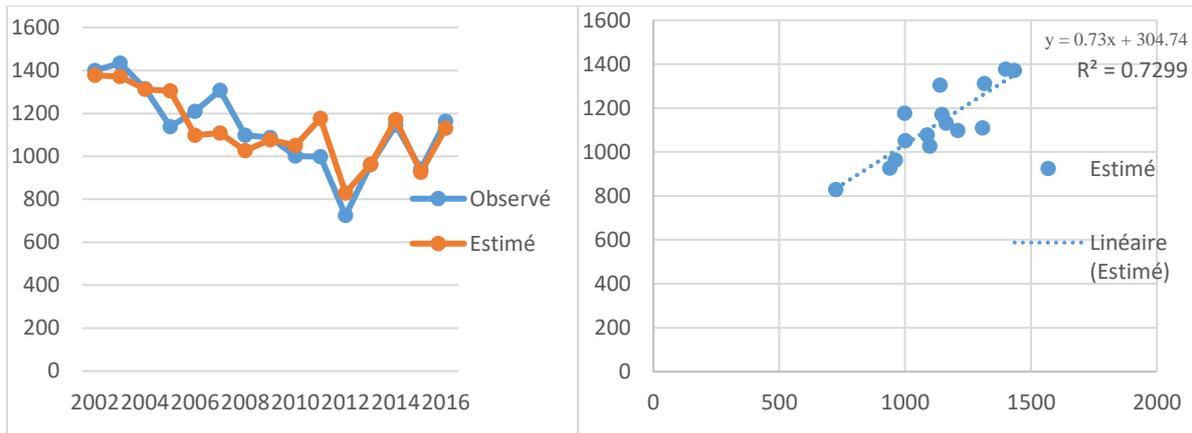
Graphique 6 : Modèle 1 de l'Alibori

**Modèle 2 (RSME= 9.3%)** avec les paramètres prédicteurs : wrsi3, wrsi4, Eta4 et pluie4



Graphique 7 : Modèle 2 de l'Alibori

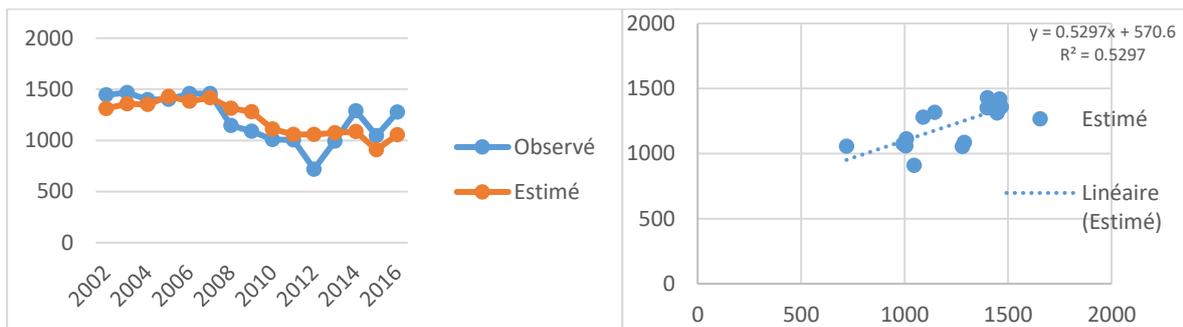
**Modèle 3 (RMSE= 8.4%)** avec les paramètres prédicteurs wrsi2, wrsi3, wrsi4, Eta4, pluie4



Graphique 8 : Modèle 3 de l'Alibori

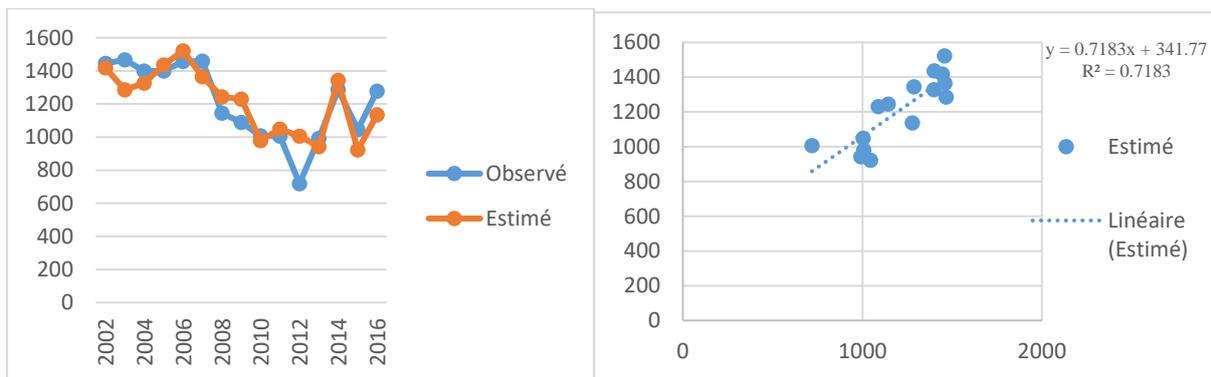
✓ Banikoara

**Modèle1 (RMSE=12.59%),** paramètres prédicteurs : années, wrsi1, prix, amplitude



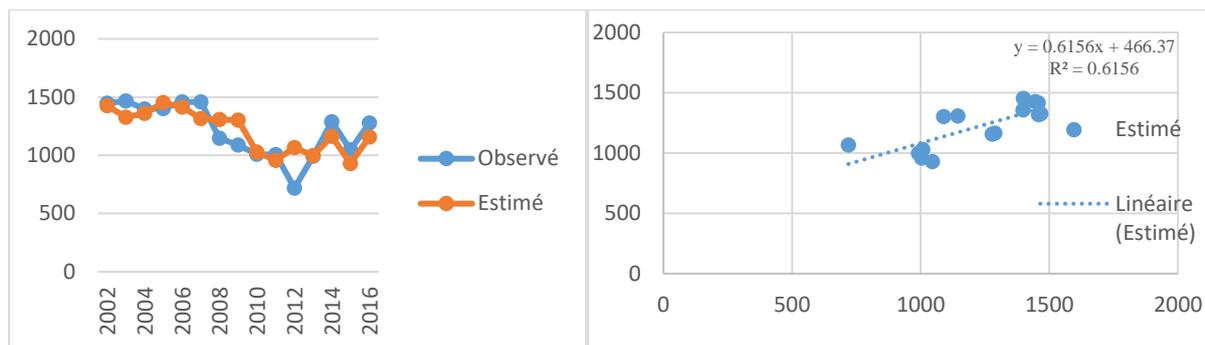
Graphique 9 Modèle 1 de Banikoara

**Modèle2 (RSME= 9.6%),** paramètres prédicteurs: wrsi1, peak\_val, prix, wrsi\_a3



Graphique 10 Modèle 2 de Banikoara

**Modèle3 (RMSE= 11.38%),** paramètre prédicteurs, wrsi1, peak\_val, prix



Graphique 11 : Modèle 3 de Banikaora.

✓ Modèles validés

• **Alibori – Modèle**

$$Rt = - 7254.917 -168.903wrsi3 +214wrsi4+5485.517Peak\_val+6.248tws1$$

✓ Commentaire de l'équation du Département de l'Alibori.

Le modèle sélectionné pour le Département de l'Alibori a quatre variables explicatives que sont : le wrsi3, le wrsi4, le peak-val et le twsl. Seul le wrsi3 est corrélé négativement avec le rendement, tandis que les autres le sont positivement. Le wrsi3 est corrélé négativement à la phase de floraison avec le rendement, l'interprétation est que, si le rendement augmente le wrsi3 diminue à la phase 3 et inversement. Or en cette phase si le WRSI3 diminue de façon considérable, on assistera au stress hydrique de la culture. La logique du modèle du bilan hydrique utilisé qu'est le GeoWRSI est mise en évidence car il y a le stress hydrique. Toutefois cela n'est pas absolu car c'est un modèle comportant plusieurs variables explicatives qui s'interagissent. Ce modèle pourra être mis à la disposition des décideurs politiques, les acteurs de la filière et même, les producteurs pour son exécution à chaque début de campagne, à quelques jours de la récolte. Cette démarche leur permettra d'anticiper sur l'état des rendements pour la campagne en cours afin de prendre les décisions adéquates à tous les niveaux. Mais la limite de cette démarche se situe au niveau de la disponibilité des données aux différentes dates pour la réalisation de ces modèles.

• **Banikoara - Modèle2**

$$Rt = -5182.90+47.553wrsi1+6892.90Peak\_val - 3.282 Prix-21.357wrsi\_a3$$

✓ Commentaire de l'équation de la commune de l'Alibori.

Le modèle de rendement de la Commune de Banikoara comporte quatre variables explicatives. Le prix et le *wrsi\_a3* sont négativement corrélés celui tandis que le *wrsi1* et le *peak\_val* le sont positivement.

Tableau VIII: Résidus entre les rendements estimés et observés.

Années	Rt_O_A	Rt_E_A	Résidus A	RMSE%	Rt_O_B	Rt_E_B	Résidus B	RMSE%
2002	1400	1300	100	5.6	1446	1417	-29	9.6
2003	1434	1419	15		1467	1284	-183	
2004	1315	1269	46		1399	1326	-73	
2005	1139	1229	-90		1400	1435	35	
2006	1209	1175	34		1457	1521	64	
2007	1308	1234	74		1459	1364	-95	
2008	1098	1065	33		1145	1243	98	
2009	1088	1029	59		1089	1229	140	
2010	1001	993	8		1008	979	-29	
2011	998	981	17		1005	1047	42	
2012	725	752	-27		719	1006	287	
2013	961	970	-9		992	941	-51	
2014	1148	1233	85		1288	1343	55	
2015	940	969	-29		1046	921	-125	
2016	1163	1301	-138		1278	1135	-143	

*Sources Nous-mêmes, Aout 2018*

**Rt\_O\_A= Rendement observé à Alibori, Rt\_E\_A = Rendement estimé à Alibori et Résidus A = Rt\_O\_A - Rt\_E\_A**

**Rt\_O\_B= Rendement observé à Banikoara, Rt\_E\_B= Rendement estimé à Banikoara et Résidus B= Rt\_O\_B-Rt\_E\_B.**

#### **1.4. Perception des acteurs de la filière du coton au Bénin.**

- ✓ Producteurs du coton dans le Département de l'Alibori.

Dans le Département de l'Alibori, les enquêtes du terrain nous ont donné les résultats suivants : sur les cents ménages agricoles échantillonnés, 98 avouent être des ménages agricoles et ont fait l'entretien avec nous, par contre deux ménages ne le sont pas

Tableau IX : Taux des ménages agricoles.

	Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Oui	98	98,0	98,0
	Non	2	2,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0

*Source : Sorties SPSS.*

Les chefs ménages agricoles hommes sont 93% avec un âge variant entre 16 et 72 ans tandis que les femmes chefs ménages agricoles sont 7% avec un âge variant entre 18 à 63 ans.

Tableau X : Taux des chefs ménages femmes et hommes.

	Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Masculin	93	93,0	93,0
	Féminin	7	7,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0

*Source : Sorties SPSS.*

Par rapport à la question sur l'évolution du rendement, à 100% les producteurs reconnaissent qu'il y a des problèmes qui minent la filière. Les 77% des producteurs du coton reconnaissent la tendance à la baisse du rendement du coton et les 23% ont dit autres choses ou se sont abstenus. Les raisons principales justifiant cette baisse de rendement ont été diverses et varient d'un producteur à un autre. (Résultats voir le tableau XI)

Tableau XI : Perception des producteurs sur l'évolution du rendement.

	Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Oui	23	23,0	23,0
	Non	77	77,0	100,0
	Total	100	100,0	100,0

*Sources : Sorties SPSS.*

Environ 80% des producteurs ont déclaré que les changements climatiques sont à la base de cette baisse de rendement du coton. Ils sont suivis de 9% qui ont déclaré la pauvreté des sols. Les arguments tels que : la diminution des superficies emblavées, l'impossibilité de choix de graines de semis et les problèmes liés aux fertilisants (cherté, mauvaise qualité, non disponibilité) ont été donnés par le reste des producteurs. Quant au prix d'achat du coton, il est fixé par le gouvernement béninois à chaque début de campagne agricole, les producteurs ne sont pas associés à la fixation du celui-ci. La connaissance du prix (motivant) à chaque début de campagne les amène à prétendre maximiser leur gain en augmentant les doses des fertilisants et assurer un bon entretien des champs de coton. Les 94% des producteurs reconnaissent que

l'avenir de cette filière est hypothéqué à cause de la fluctuation des prix et l'évolution des rendements en dent de scies. Les producteurs reconnaissent être aussi confrontés aux problèmes de sécheresses, d'inondation, de vol, d'incendie de déforestation, de manque d'encadrements et surtout de manque de terres fertiles pour labourer les champs. Ils désapprouvent aussi la mauvaise politique de la gestion des intrants et les fertilisants. Ces produits sont non seulement de mauvaises qualités mais aussi reviennent à un coût très onéreux. Ils sont fournis à crédits pour être remboursé la fin de la campagne. Parfois il y a des débiteurs à chaque fin de campagne et ils sont tenus de rembourser. Ce remboursement se fait en bradant leur patrimoine foncier et même en vendant leur autre production agricole. Le remboursement n'est jamais reporté sur d'autres campagnes agricoles qui s'annoncent aussi peut-être hypothéquées.

Tableau XII : Raisons principales de la baisse des rendements.

	Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Pas d'intrants en quantité	2	2,0	2,04
	Qualité des intrants	2	2,0	4,08
	Cherté des intrants	2	2,0	6,12
	Pauvreté des terres	9	9,0	15,3
	Conditions climatiques	77	77,0	93,87
	Superficie emblavée en diminution	4	4,0	97,96
	Pas de choix de graines de semis	2	2,0	100,0
	Total	98	98,0	100,0
Manquante	Système manquant	2	2,0	
Total	100	100,0		

*Source : Sorties SPSS*

Ils ne bénéficient d'aucun système, 99% des producteurs ont manifesté le désir ardent d'être assurés. (Résultats, le tableau XIII).

Tableau XIII : Souhait d'avoir les assurances pour couvrir leurs activités.

	Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Oui	99	99,0	99,0
	Non	1	1,0	100,0
	Total	100	100,0	

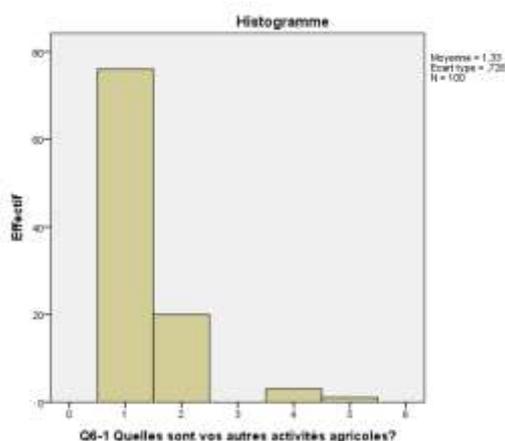
*Source : Sorties SPSS*

Les producteurs ont déclaré ne pas avoir facilement accès aux structures de crédits agricoles. En effet, celles-ci appliquent des taux de remboursement très onéreux. Ainsi, ils se trouvent abandonnés à leurs faibles moyens qui ne s'amenuisent qu'au jour le jour. Les 90% des producteurs sont dans la production du coton par manque de débouchés pour l'écoulement des autres produits vivriers tels que le maïs, le sorgho, le riz et le soja. Au niveau du coton l'Etat leur donne la garantie de pouvoir acheter tout leur coton à la fin de chaque campagne. De ce fait, ils n'ont pas les soucis d'écoulement comme pour les autres spéculations.

Tableau XIV : Autres activités agricoles que le coton.

	Effectifs	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
1-Maïs	76	76,0	76,0	76,0
2-Sorgho	20	20,0	20,0	96,0
4-Riz	3	3,0	3,0	99,0
5-Soja	1	1,0	1,0	100,0
Total	100	100,0	100,0	

Sources : Sorties SPSS



Graphique12 : Autres productions agricoles. Sources Sorties SPSS

La production de maïs est en première position avec 76%, suivi de sorgho avec 20%, le riz avec 3% et enfin le soja est de 1%.

### ✓ Acteurs institutionnels impliqués dans la gestion de la filière

Ils reconnaissent à l'unanimité et confirment les difficultés énumérées par les producteurs. C'est pourquoi ils s'organisent pour trouver les solutions qui s'imposent. Par exemple pour les experts de l'AIC les réformes sont en cours dans le secteur de la production du coton. Bientôt la variété cultivée actuellement sera substituée par une autre variété assez productive. Cette dernière a un cycle de croissance plus court et résiste plus aux effets notamment la sécheresse

qui est sévit dans la zone. Pour ces experts, les effets liés aux risques climatiques ne sont pas négligeables. Ils cherchent les solutions comme les mesures d'adaptations durables. Ils ont avoué proposer ses différents projets à l'exécutif pour les intégrer dans sa politique de gestion de la filière agricole au Bénin. Enfin nous avons pu atteindre nos objectifs. Les modèles de prévision des rendements pour l'Alibori et Banikoara, ont été obtenus avec les différents paramètres pertinents issus des sorties de GeoWRSI et de SPIRITS (Objectifs 1 et 2). Nous avons atteint aussi l'objectif 3 à travers les résultats de cette partie sur la perception des acteurs sur la filière coton au Bénin. Ainsi abordons la partie analyse des résultats. Elle abordera les

## **2. Analyse des résultats**

Ainsi avons nous fait la prévision du rendement du coton avec de nouvelles approches comparativement à ceux utilisés précédemment. Nous avons par ailleurs utilisé une variable explicative qu'est le prix d'achat proposé aux producteurs à chaque début de campagne. Ce prix fait le souci crucial et permanent des producteurs du coton au Bénin et surtout dans ce Département leader en production cotonnière et pour finir et on a eu quelques résultats sur la perception des acteurs de la filière.

### **2.1. De l'utilisation des outils de prévisions.**

D'un outil à un autre, il y a une complémentarité mais ne fonctionnent pas de la même manière et ne fournissent pas les produits de mêmes caractéristiques à la sortie. Toutefois ils ont des points de ressemblances. Selon les différents experts du centre AGRHYMET et du CCR d'Ispra, il faut éviter de tourner les modèles avec beaucoup d'inputs. Car un très grand nombre de variables explicatives agissent sur la précision des modèles. De ce point de vue, certains outils doivent être abandonnés au profit d'autres. Le CST est un bon outil statistique car il utilise à la fois deux entrées : l'une sert d'importation des RUM et l'autre, avec ses tables Access prend les données historiques de rendements et de surfaces emblavées via les tables Excel montées à cet effet. Il est peu connu des chercheurs et du public. En effet, il est encore à titre expérimental, il planque et est très souvent dysfonctionnel. Il présente des soucis de messages de violation Access et l'on doit tout le temps faire recours à son concepteur. Celui-ci n'accepte de vous dépanner qu'à condition que vous soyez d'un centre de recherche qui héberge les projets de l'Union Européenne en matière de sécurité alimentaire et ceci après un temps relativement long. Compliqué d'accès, il reste cependant facile d'utilisation et fournis des propositions de résultats avec leurs caractéristiques. Le temps est venu pour délaisser certains outils au profit d'autres. Ces outils nous ont permis de réaliser nos modèles sur le Département de l'Alibori et dans la

Commune de Banikoara. Les sorties de GeoWRSI, comme celles de SPIRITS apparaissent dans les différents modèles, avec les relations de corrélation positive et négative. Pour les sorties de GeoWRSI du bilan hydrique, la variable explicative WRSI est plus pertinente car régulièrement présente dans les différents modèles et ceci dans les différentes phases phénologiques, suivie d'autres variables telles le TWS et le WRSI\_a. Cette variable explicative doit être suivie car un bon rendement du coton dépend de sa quantité et de sa qualité. Au niveau de SPIRITS c'est le Peak\_val, valeur du NDVI lorsqu'il atteint son maximum dans la période de croissance. Il est un indice puissant caractéristique de l'état de la végétation qui a été utilisé tout le long de ce travail afin d'approcher de façon plus précise la prévision des rendements du coton dans le département de l'Alibori. Cette variable n'est pas aussi des moindres, elle nous aide dans son évolution de caractériser les rendements.

Tableau XV: Comparaison de certains outils utilisés

Caractéristiques	TFE	Avant	Input	Output	Efficacité	Remarques
Bilan hydrique	GeoWrsi	AMS	Mêmes	Pas même choses et même, d'autres sorties supplémentaires	GeoWRSI	AMS Révolu
Analyse du NDVI	SPIRITS	VAST TIMESAT WINDISP VGTEXtract	Mêmes	Pas même	SPIRITS	SPIRITS très bon, nouveau Mais ne fournit pas les paramètres phénologiques
Analyses statistiques et régressions multiples	CST R	STATISTICA SAS JUMP	Mêmes	Même	CST R	CST, récent mais réservé à une institution, très sensible, méconnu.

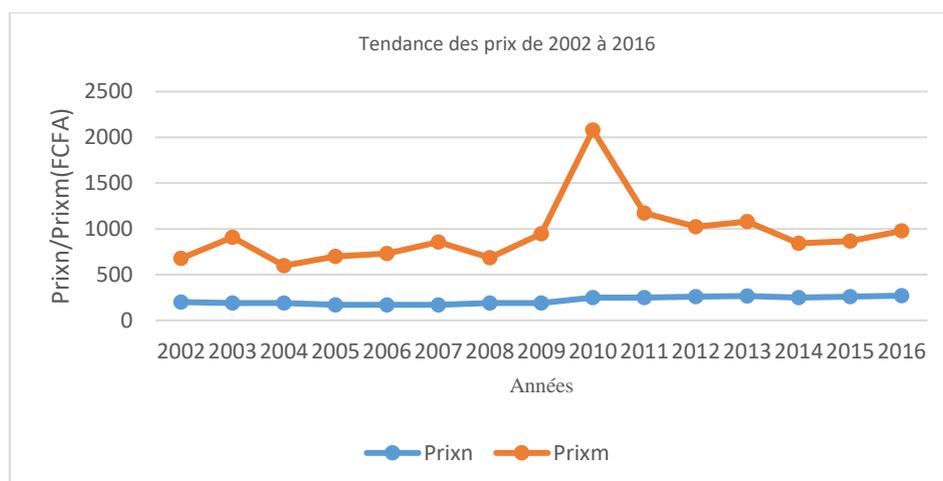
### **Sources : Sorties SPSS**

Aussi, nous avons voulu constater l'influence du prix d'achat du coton chaque année en l'introduisant dans la modélisation et nous constatons qu'il apparait dans le modèle validé de la Commune de Banikoara, mais corrélé négativement avec le rendement. On peut dire que ces deux variables évoluent dans le sens inverse. Ce qui nous rappelle la théorie de l'offre et de la demande sur le marché en économie. Au niveau du Graphique 4 de variation des rendements avec le prix, nous avons constaté aussi que les années 2010 et 2012 où les rendements du coton

sont bas au Bénin à cause des inondations, le prix d'achat du coton a augmenté. Ceci traduit la règle économique selon laquelle, plus un produit est rare, plus il a de la valeur monétaire. Or les producteurs ont déclaré que, quand le prix du coton est fixé au début des campagnes et sont meilleurs, ils augmentent les doses des fertilisants et les traitements pour les champs du coton afin de prétendre maximiser leur gain à la fin de la campagne ignorant d'autres aléas. Cependant, selon le modèle plus le rendement est bon moins le prix l'est. Mais il faut dire que, quel que soit le niveau du prix du coton lorsque les paysans ont un bon volume de production ils feront sans doute de bons bénéfices. Alors constatons l'évolution des prix sur le plan mondial.

## 2.2 Des tendances des prix du coton

D'après les courbes traduisant l'évolution des cours mondiaux du coton et ceux du Bénin, pendant la période 2002 à 2016, nous constatons que le kilogramme du coton est acheté plus cher sur le plan mondial que sur le plan national. Le prix mondial du coton traduit à 70% le prix national (Graphique13). En année 2010, comme précédemment constaté, le prix du coton sur le plan mondial comme sur le plan national a augmenté avec la chute des rendements. Par contre en 2012 le prix mondial a chuté alors que le prix national a augmenté et le rendement a chuté donc le prix est acceptable par les producteurs car meilleur. On devait s'attendre à un bon rendement mais tel n'est pas le cas. Ainsi à notre avis, on ne saurait dire que le prix influence absolument les rendements tels que le disent les producteurs car il peut y avoir d'autres facteurs qui influencent les rendements dont il faut tenir compte.



Graphique 13: Tendence des prix mondiaux et nationaux du coton de la période 2002 à 2016.

Sources : Prix national INSAE, 2017 et Prix mondial ICAC et CIRAD, 2018

### **2.3. De l'incidence de la production agricole sur l'économie des ménages :**

#### **HEA (Household Economy Analysis)**

Le Département de l'Alibori au Bénin est essentiellement agricole, la production du coton est la production dominante et la principale culture de rente qui permet aux ménages de faire des économies, elle sera suivie de la culture du maïs et l'élevage. Nos résultats d'enquête nous ont permis de constater que les bénéfices procurés par la vente du coton de la campagne passée varie entre 0 et 80.000f la tonne, or à la campagne passée de 2016 de la production cotonnière la tonne a coûté 270.000f la différence est très importante et ce qui fait que la plupart des producteurs reconnaissent que la culture du coton n'est pas assez rentable mais ils continuent parce qu'ils ont de débouchés sûres pour l'achat, la garantie de faire écouler le produit. Du coup au rang de ceux-ci on distingue des ménages très pauvres, pauvres et moyens. Dans une étude faite par le projet ECOAGRIS de l'Union Européenne dans le bassin cotonnier du Bénin en novembre 2017, les classes de ménages se définissent en cinq catégories socio-économiques, présentées comme suit : 18% des ménages sont très pauvres, 37% pauvres, 35% moyens et 10% aisés. Or dans la zone le coton est cultivé à 75% et fournit environ 43% de la production nationale. (MAEP, 2015, AIC, 2010).

#### **2.4 Sécurité alimentaire *versus* production cotonnière.**

«La sécurité alimentaire est assurée quand toutes les personnes, en tout temps, ont économiquement, socialement et physiquement accès à une alimentation suffisante, sûre et nutritive qui satisfait leurs besoins nutritionnels et leurs préférences alimentaires pour leur permettre de mener une vie active et saine» (FAO, 2006). Elle est caractérisée par la disponibilité, l'accès, l'utilisation et la stabilité. Mieux, le CIRAD, en 2017 trouve que « le coton est une plante industrielle, ayant pour principaux débouchés les secteurs textile, alimentaire et cosmétique. Dans les régions tropicales et subtropicales, il est une composante majeure de systèmes de culture intégrant aussi des plantes vivrières. Renforcer la recherche sur les systèmes de culture à base de coton dans les pays du Sud, c'est contribuer au développement et à l'autosuffisance alimentaire des populations de ces pays ».Malheureusement au Bénin et comme l'ont confirmé les 80% des producteurs, l'avenir de cette filière est hypothéqué faute d'une bonne politique, de sa mauvaise gestion, ajouté déjà aux effets du changement climatique source de la sécheresse et donc de la baisse du rendement du coton constaté au cour de ces dernières années sur la production et plus sur les maigres bénéfices obtenus par les producteurs.

Ainsi, considérant cet état de chose, le Département court le risque de l'insécurité alimentaire, si rien n'est fait, encore que les autres spéculations telles que le maïs, le sorgho subissent aussi les mêmes effets du changement climatique ce qui peut induire sur leur rendement. On s'éloignera de l'essentiel lorsqu'on oublie les aléas auxquels les rendements sont soumis et surtout les effets des changements climatiques.

## **2.5 De l'incidence des changements climatiques sur la production du coton.**

✓ Changement climatique une évidence dans la république du Bénin.

Longtemps resté comme un sujet de haut débat au Bénin, car par rapport à la question, il avait deux camps, ceux qui soutenaient la thèse d'un changement climatique appelés les alarmistes et l'autre camp l'argument contraire, des sceptiques. Ainsi beaucoup de voix se sont levées pour prouver l'évidence du changement climatique dans le monde, en Afrique et au Bénin. En 2007 le GIEC a caractérisé le changement climatique comme la recrudescence des phénomènes extrêmes tels que les sécheresses et les inondations, la hausse des températures, la variabilité accrue de la pluviométrie et des caractéristiques des saisons, et il constitue une menace majeure pour tout l'environnement et le développement agricole mondial et surtout africain donc Béninois. Et plus tard en 2008, aussi le RNI, pose le diagnostic et les caractéristiques des effets du changement climatique au Bénin en distinguant les zones agro-écologiques qui sont plus vulnérables aux risques climatiques que sont la sécheresse, les pluies tardives et violentes et les inondations. Il apparait que les zones du centre Bénin comme celles du Nord et dont le Département de l'Alibori et la Commune de Banikoara qui font l'objet de cette étude sont plus vulnérables. Dans la même année, les travaux de Dimon viennent confirmer l'hypothèse d'une évidence d'un changement climatique auquel le Bénin est confronté, qui reste et demeure un défis du siècle et du coup les dispositions adaptatives doivent être prises le plus tôt possible pour juguler la crise. Toujours dans l'hypothèse, d'une confirmation, certains chercheurs impliquent la population qui est consciente et peut être responsable. Ainsi en 2011, Fomekong et Nogono, trouvent que le Bénin en tant qu'un pays de l'Afrique de l'Ouest où les changements climatiques sévissent, n'est guère y épargné, aux conséquences très lourdes pour la population, qui peut être directement ou indirectement responsable. Cette population Béninoise ressent ces perturbations climatiques par la rareté ou l'excès de précipitations selon Paraiso *et al.* En 2011 et Gnanglè *et al.* en 2012. Plus qu'une évidence de nos jours, le changement climatique induit sur plusieurs secteurs aux impacts très

lourds pour la population et surtout dans le domaine agricole source de revenus pour les ménages ruraux.

✓ Stratégies d'adaptation des producteurs aux changements climatiques

Dans l'Alibori et à Banikoara, les stratégies d'adaptation aux changements climatiques se font prioritairement en groupe ou de façon individuelle. D'autres font l'option des semis précoces et des variétés à cycles courts résistants aux effets du changement climatique. D'autres diminuent leurs emblavures au profit d'autres cultures telles que le maïs, le sorgho et surtout l'adoption de la culture du soja qui est une culture auparavant produite au sud du Bénin. Ils optent pour la diversification culturelle mais la culture du coton reste dominante comme culture de rente.

### **Conclusions et Perspectives.**

La présente étude s'est intéressée à la prévision des rendements dans deux régions du Bénin, le Département de l'Alibori et la Commune de Banikoara. Tout en utilisant de nouveaux outils de prévision avec les données du NDVI, l'indice caractérisant le bon état de fonctionnement de la végétation. La prévision a été faite sur une période de 15 ans (2002-2016). Les sorties de GeoWRSI, et de SPIRITS nous ont permis d'avoir des modèles efficaces et robustes. Les variables explicatives de chacun de ces outils ont été présentées dans les différents modèles obtenus. Les meilleurs modèles retenus ont leur RMSE relatif très largement inférieur au RMSE. Le modèle de l'Alibori avec un RMSE relatif de **5.7%** est meilleur que celui de Banikoara avec un RMSE relatif de **9.6%** (passant du simple au double). L'innovation de cette étude est l'introduction du prix comme variable d'entrée explicative. Nous constatons que le prix ne joue pas sur les rendements mais plutôt il est lié négativement au rendement et plus le rendement qui influence celui-ci à travers la production. Ainsi nous pouvons conclure que les modèles obtenus sont satisfaisants et efficaces et peuvent être utilisés pour les prévisions des rendements dans le Département de l'Alibori. Il faut aussi remarquer que la tendance globale du rendement du coton est baissière sur cette période de 2002 à 2016. L'évolution des rendements montre que le gouvernement et les gestionnaires de la filière accordent très peu d'attention à la productivité du coton et restent plutôt accrochés au volume de production. Ceci est d'autant plus vrai que les plans et objectifs de production se préoccupent plus de l'envergure des superficies et des volumes de production et se soucient moins de la productivité des terres due à la hauteur anormale des pluies et autres. Ceci se justifie d'autant plus qu'il existe encore d'énormes marges de progrès vu que la variété actuellement utilisée (H279-1) présente un

potentiel de 3000 kg/ha en milieu contrôlé et 1800 à 2500 kg/ha en milieu réel, soit le double du rendement actuellement obtenu au niveau national. Il s'ensuit qu'avec des politiques soutenues d'encadrement des producteurs et d'autres facteurs à déterminer, il est possible de doubler la production sans augmenter les superficies emblavées. Les acteurs de la filière du coton reconnaissent que le secteur rencontre beaucoup de difficultés. Une enquête du terrain, sur la perception des acteurs de la filière, nous a permis de savoir les difficultés auxquelles les producteurs sont confrontés et les différentes pratiques culturelles qui peuvent fausser nos prévisions. Les producteurs reconnaissent que les rendements du coton ont une tendance baissière pendant ces dernières années. Cette tendance baissière serait due aux effets du changement climatique qui depuis des décennies est devenue une évidence au Bénin. Au même moment, les fertilisants sont détournés au profit d'autres cultures telles que les cultures vivrières, ce qui fait diminuer les résultats escomptés en matière de rendement pour la culture de coton ceci est très préjudiciable à la prévision des rendements. Les mesures d'adaptation consistent à l'option de la diversification culturelle. Ils cultivent du maïs, du sorgho, du mil et du soja, la nouvelle culture qui est en essai dans le Département de l'Alibori. De même, leur production de coton est sujette d'incendie, de vol et d'inondation or ils ne bénéficient pas des systèmes d'assurance et des crédits agricoles. Les acteurs de la filière, principalement les dirigeants doivent tout faire pour y remédier. Cette étude n'a pas pris en compte certains paramètres tels que, les fertilisants, les produits de protection, la main d'œuvre et les conditions générales d'installation des cultures. Elle a été faite aussi à deux échelles spatiales, le Département et la Commune. Elle aurait pu être faite avec un plus grand nombre de départements, de communes d'Arrondissements, de villages et même les parcelles de culture afin d'avoir des possibilités de comparaison des résultats et de sélectionner les meilleurs modèles. Il serait très utile que d'autres études dans le domaine de la prévision des rendements abordent ces aspects afin de mesurer l'influence de ceux-ci sur les rendements du coton ou autre culture au Bénin.

## Références Bibliographiques

- AIC, 2005, « L'interprofession, rôle enjeux et perspectives, coton de l'Afrique de l'Ouest et du Centre » Communication présentée à la conférence de Cotonou les 10,11 et 12 Mai 2005.
- AIC, 2008, « Développement de la filière coton au Bénin dans un cadre de gestion interprofessionnelle », 35 p.
- AIC, 2010, « Manuel d'instruction au personnel impliqué dans le recensement des producteurs de coton et mesures parcellaires », 26 p.
- Aissan, R., 2014, « Elaboration de modèles de prévision des rendements du *Sorghum Bicolor* au Bénin dans les Départements du Borgou et de l'Alibori selon les communes ». Master Complémentaire en Gestion des Risques et des catastrophes, ULiège, Belgique 65 p.
- Balaghi, R, M. Jlibene, B. Tychon and H. Eerens, 2012, « La prédiction agro météorologique des rendements céréaliers au Maroc INRA, 146 p.
- Birou, A. 1966, « Modèle, Vocabulaire pratique des sciences sociales. Revue française de sociologie », 1966 : 7-40 p
- Bronne, C. E., J. Wellens, M. Diakite, F. Traore, M, Diallo and B. Tychon., 2008, « Elaboration d'un modèle de prévision des rendements cotonniers dans la province du Houet (Burkina-Faso), www.GE.eau .org 8 p.
- Bronne, C.E., J. Wellens, A. A. Midekor, M. Diakité, A. Denis and B. Tychon., 2011, « Prévision des rendements agricoles ». Guide d'utilisation 73p.
- Dévèze, J. C., et Halley DES Fontaines, D., 2005, « Le devenir des agricultures familiales des zones cotonnières africaines : une mutation à conduire avec tous les acteurs : à partir des cas du Bénin, du Burkina-Faso, du Cameroun et du Mali » Rapport provisoire AFD, 122 p.
- Dimon R. 2008, « Adaptation aux changements climatiques : perceptions, savoirs locaux et stratégies d'adaptation développées par les producteurs des Communes de Kandi et de Banikoara, au Nord du Bénin ». Diplôme d'ingénieur agronome, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 114 p.
- Djaby Bakary, 2000, « Utilisation de la télédétection pour le suivi des pâturages dans les zones sahélienne : Etude comparative de deux indices de végétation, le TSAVI et le NDVI ». Fondation Universitaire Luxembourgeoise. DEA en Science de l'Environnement. 150 p.
- Djenontin, S. N. I., 2010, « Vulnérabilité des ressources en eau face aux changements climatiques et stratégies endogènes de gestion développées dans le secteur agricole : cas des communes de Banikoara et de Malanville », Bénin, Diplôme d'Ingénieur agronome, Université de Parakou, 119 p.
- Fadoegnon, B. et Midingoyi S., 2006, « Produire du coton de meilleure qualité. Référentiel technicoéconomique de la production agricole », Rapport, ProCGRN INRAB, 28 p.
- Fomekong F., Ngono G., 2011, « Changements climatiques, production agricole et effets sur la population au Cameroun ». Communication à la sixième conférence Africaine sur la population, du 5 au 9 décembre 2011 à Ouagadougou-Burkina Faso, 4 p.
- Genovese, G., 1994, « Prévision des rendements et méthodes opérationnelles utilisant la télédétection : aperçu des méthodes et des applications opérationnelles en 1994 dans l'Union européenne » Méthodes de prévision agricole des rendements agricoles (Villefranche-sur-mer), 77-86 pp.

- GIÉC, 2007, « Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II, III et IV rapport » 130 p.
- Guèye, B. 2006, « Policy, poverty and agricultural development to support Small scale farmers in sub Saharan. Africa Reflections from West Africa » Article présenté à l'atelier sur la pauvreté à Frosundavik, Suède, 40 p.
- Klisch, A., Royer, A., Lazar, C., Baruth, B., Genovese, G., 2006, «Extraction of phenological parameters from temporally smoothed vegetation indices», Workshop proceedings: Remote sensing support to crop yield forecast and area estimates. 65 p.
- Kouadio, A. L., 2007, « Prévion de la production nationale d'arachide au Sénégal à partir du modèle agro météorologique et du NDVI », Master en Gestion des Risques et Catastrophes. Université de Liège, Belgique. 41 p.
- Kouadio, A. L., 2012, « Prévion des rendements du Blé d'hiver à échelle régionale par modélisation de la courbe de chute de l'indice foliaire ». Thèse de doctorat. Université de Liège, Belgique. Mai 2012, 187 p.
- Kpénavoun, S., 2000, «Les pratiques paysannes dans les exploitations cotonnières du Bénin. Thèse pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome », FSA-UNB, 62 p.
- Lebailly, M. Ph., 2006, «La malédiction des matières premières pour les pays en développement. Unité d'Economie et Développement rural» FUSAGx, 18 p.
- Matthess, A., Van den Akker, E.; Chougourou, D. et Midingoyi, G. S., 2005, « Compétitivité et durabilité de cinq systèmes cultureux cotonniers dans le cadre de la filière » Rapport, ProCGRN/GTZ et MAEP. 122 p.
- Monteith, J., 1972, « Solar radiation and productivity in tropical ecosystems » Journal of applied ecology, 9(3): 747-766 pp.
- Morlon, P. and F., Sigaut, 2008, « La troublante histoire de la jachère : Pratique des cultivateurs, concepts de lettrés et enjeux sociaux ». Quae/ Educagri Editions, 325 pages.
- Oger, R, D. Buffet, B. Tychon, D. Dehem and H. Eerens, 2000, « Estimation et prévision des productions agricoles à l'échelle de la Belgique à l'aide d'un système intégré » Modèle agro météorologique- Télédétection.
- PANA-Bénin, 2008, « Programme d'Action National d'Adaptation aux Changement Climatiques du Bénin » MEHU 81 p.
- Paraiso A. A., Sossou G. C. A., Daouda Iz. H., Yègbemey N. R. et Sanni A., 2012, « Perceptions and adaptations of beekeepers and honey hunters to climate change : The case of Natitingou and Tanguiéta in Northwest of Bénin ». African Crop Science Journal, 20: 523-532 pp.
- Reynold C. A., Jackso, T. J., 1999, Estimed Avallade Watter Content from the FAO SOLL MAP of the WOLD, Global Soil Profile. Database and transfer functions, 27p.
- RGPH4, 2013, « Synthèses des résultats du RGPH4 ». INSAE Bénin, 8 pages.
- RNI, 2008, « Rapport National d'Investissement au Bénin. Conférence de Haut Niveau sur l'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique : les défis du changement climatique », Syrte, Jamahiriya Arabe Libyenne : 15-17pp.

Saint, G., 1994, «Méthodes de prévision du rendement par les techniques de télédétection » Méthodes de prévision des rendements agricoles. Villefranche-sur-Mer 77-78 pages.

Toucourou, A. M. 2012, « Prévision des rendements du coton dans les Départements de l'Atacora-Donga du Bénin ». Master en Gestion de l'Environnement dans les Pays En voie de Développement, ULiège, Belgique. 62 p.

Tychon, B., 2012, « Suivi de la croissance des cultures: potentialités des modèles agro météorologiques et des systèmes d'observation de la terre ». Communication personnelle en 2012, 16 p.

## **Webographie**

[https://www.cirad.fr/var/cirad/storage/images/media/import-dossiers/images-et-fichiers-coton/coton-cours-2018/148256-1-fre-FR/coton-cours-2018\\_lightbox.jpg](https://www.cirad.fr/var/cirad/storage/images/media/import-dossiers/images-et-fichiers-coton/coton-cours-2018/148256-1-fre-FR/coton-cours-2018_lightbox.jpg). Consulté le 20/07/2018.

[https://www.cirad.fr/var/cirad/storage/images/site-cirad.fr/nos-recherches/filieres-tropicales/coton/1767-43-fre-FR/coton\\_lightbox.jpg](https://www.cirad.fr/var/cirad/storage/images/site-cirad.fr/nos-recherches/filieres-tropicales/coton/1767-43-fre-FR/coton_lightbox.jpg). Consulté 25/07/2018.

<https://www.cirad.fr/>. Consulté le 22/07/2018.

<http://www.labex-cappa.fr/sites/default/files/images/CAPPA/colloques/icac2017/banniere-ICAC2017.jpg>. Consulté le 26/07/2018.

<http://www.oecd.org/>. Consulté le 02/08/2018.

## ANNEXES

### Questionnaire de terrain

Dans le cadre de notre recherche dont les résultats peuvent conduire à l'amélioration de la production du coton, nous vous avons identifiés pour avoir votre perception sur les difficultés que rencontre la filière coton dans la Commune dans le Département de l'Alibori afin de faire des propositions adéquates aux dirigeants. Nous vous garantissons que vos réponses apportées seront traitées dans la confidentialité et l'anonymat tel prescrivent par les lois universelles de la statistique. Nous vous remercions de votre contribution à l'objet de recherche et vous prions de répondre à nos questions avec la plus grande franchise et sérénité. L'entretien ne vas durer qu'au plus 10 mn et vous êtes libre d'y participer.

#### I- Participation à l'enquête.

Acceptez-vous y participer ?.....O.....N  
Date de l'interview ...../...../.....

#### II- Identification de l'enquêté

Département.....Alibori  
Communes :.....  
Arrondissement/villages/ quartiers.....  
Nom et prénoms : .....  
Sexe.....M.....F  
Ménage agricole.....O.....N  
Ethnie/ langue parlée.....  
Numéro de téléphone

--	--	--	--	--	--	--	--

#### III- Perception sur la filière coton dans votre Département.

- 1- Que pensez-vous de la filière coton dans votre Commune?
- 2- Le nombre de producteurs augmentent- il en année en année ?
- 3- Pouvez-vous contentez de la culture du coton seulement ?

#### IV- Perception sur l'évolution du rendement dans votre Département.

- 1- Quelle est la période de semis du coton dans votre Commune?
- 2- Quelle est la période de récolte dans votre Commune?
- 3- Quelle superficie avez-vous emblavée la campagne passée ?
- 4- Le rendement était-il bon selon vos attentes ?
- 5- Si oui quelle était la raison principale ?
- 6- Si non quelle était la raison principale ?

#### V- Perception sur l'évolution des prix d'achat du coton.

- 1-Selon vous le prix d'achat du coton était-il bon la campagne passée ?
- 2- Etes-vous impliqué dans la fixation de prix d'achat ?
- 3-A quel moment de la campagne était-il fixé ?
  - Au début ?
  - A la fin ?

Au cours de la campagne ?

- 4- Etes-vous satisfait de vos revenus la campagne passée ?
  - Justifiez-vous ?
- 5- La production du coton est-elle rentable pour vous la campagne passée ?
- 6- Faites-vous des pertes au cours des campagnes ?
- 7- Si oui, comment les remboursez-vous ? Période et moyens de remboursement.
- 8- Souhaiteriez-vous avoir des systèmes d'assurance pour couvrir vos productions cotonnières ?

#### **VI-Perceptions sur les stratégies d'adaptation**

- 1- A part le coton, quelles sont vos autres productions?
- 2- Les revenus de ces activités vous permettent-ils de faire les économies ?
- 3- Vivez-vous aisément avec ces économies ?

#### **VII-Déplacements dus aux risques climatiques**

- 1-Avez-vous quitté quelle localité?
- 2-En quelle année avez-vous commencé vos activités champêtres dans le village ?  
Autre réponse que 2017 ?.....Fin de l'entretien.
- 3- Raisons principales de votre déplacement ?
- 4- Seriez-vous prêts à y retourner si les conditions ci-énumérées s'améliorent ?
- 5- Sinon pourquoi ?
- 6- Votre village est à quelle distance d'ici ?