

Caractérisation des saisons agricoles au Sahel : analyse des données agro-climatiques *versus* vécu paysan, cas de la Région de Zinder, Niger

**Moussa MALAM ABDOU^{1*}, Luc DESCROIX², Bachir ABBA¹,
Maman Bachir AMADOU BOUKARY¹ et Ibrahim MAMADOU¹**

¹ *Université de Zinder, Département de Géographie, BP 656 Zinder, Niger*

² *Institut de Recherche pour le Développement, UMR 208 PALOC MNHN/IRD, Patrimoines Locaux et Gouvernance, 75231 Paris cedex 05*

* Correspondance, courriel : moussa.malamabdou@gmail.com

Résumé

Cette étude a pour objectif de caractériser les dynamiques des saisons agricoles au Sahel au cours des soixante dernières années. Elle s'est appuyée sur l'analyse des données agro-climatiques et des enquêtes effectuées dans huit communes de la région de Zinder (Niger). Quelques indicateurs des saisons sont statistiquement déterminés et comparés aux savoirs et vécus des paysans. Les résultats ont montré que le début de saison agricole est très variable et intervient de plus en plus tardivement, contrairement à la fin qui est relativement constante. La durée des saisons se raccourcit et la fréquence d'occurrence des saisons « longues » n'est que 16 % aujourd'hui, contre 75 % avant la rupture climatique de 1967. Par ailleurs, il est montré que les paysans utilisent des indicateurs atmosphériques spécifiques (comportement des vents, couleurs des nuages) et environnementaux (migration et nidification d'oiseaux, feuillaison des espèces végétales, etc.) pour définir le calendrier agricole, prédire la productivité et anticiper la mitigation des risques en cas de présages des mauvaises récoltes. De ce fait, des approches d'adaptation fondées sur l'intégration des savoirs des paysans doivent être promues en vue d'une meilleure adhésion et diffusion de celles-ci en milieu communautaire.

Mots-clés : *changement climatique, savoir environnemental, risques agricoles, Zinder, Sahel.*

Abstract

Characterization of agricultural seasons in the Sahel : Analysis of agro-climatic data versus Farmers Knowledge, Case of Zinder Region, Niger Republic

This study aims to characterize the dynamics of the agricultural seasons in the Sahel over the past sixty years. It is based on the analysis of agro-climatic data and surveys carried out in eight municipalities in the Zinder region (Niger Republic). Some seasonal indicators are statistically determined and compared to farmers' (local) knowledge and experiences. The results show that the start of the agricultural season varies a lot and occurs more and more late, unlike the end of the season which is relatively constant. The length of the seasons is getting shorter and the frequency of occurrence of the "long" seasons is only 16 % today, compared to 75 % before the climatic break in 1967. Furthermore, it is shown that farmers use specific atmospheric (wind behavior, cloud colors) and environmental (migration and nesting of birds, leafing of plant species, etc.)

indicators to define the agricultural calendar, predict productivity and anticipate risk mitigation in the event of omens of poor harvests. As a result, adaptation approaches based on the integration of farmers' (local) knowledge must be promoted in order to improve their acceptance and dissemination in the community.

Keywords : *climate change, environmental knowledge, agricultural risks, Zinder, Sahel.*

1. Introduction

L'irrégularité des précipitations et l'inconstance des saisons agricoles constituent quelques-uns des multiples indicateurs du changement climatique actuel [1, 2]. Au Niger, comme dans beaucoup de pays où la sécurité alimentaire repose sur l'agriculture pluviale, ces manifestations demeurent une préoccupation majeure, d'autant plus qu'il existe une forte corrélation entre sécheresses et famines et, de plus en plus, entre inondations et déficits céréaliers. La relation entre la pluie et le rendement agricole est complexe et non univoque car une année pluvieuse n'implique pas systématiquement une bonne moisson agricole et vice versa [3]. Celle-ci dépend de la distribution spatio-temporelle des pluies et de leurs caractéristiques (hauteur, intensité), en sus des facteurs sociaux, environnementaux, etc. Au cours des dernières décennies, les précipitations se caractérisent par une forte variabilité spatio-temporelle au Niger du fait de l'intermittence et de la modification des caractéristiques des systèmes précipitants convectifs [4, 5] et par une intensification des pluies [6, 7]. Ces caractéristiques se répercutent sur les productions agricoles à travers le décalage entre le début de la saison des pluies et la date de semis [8, 9], l'exacerbation de stress hydrique au cours de la croissance des cultures [10] et la baisse des rendements [11]. D'où une fréquence des déficits céréaliers [12]. Ces contraintes de production font que le retour de la pluviosité observé depuis les années 1990 est, soit non perçu par les acteurs locaux [6], soit de peu d'intérêts agronomiques. Finalement, les difficultés de l'agriculture pluviale restent aussi élevées que pendant les sécheresses des années 1970 - 1990 [13] et place les populations en première ligne face aux risques climatiques. Pour minimiser ces risques, plusieurs tentatives de réorientation des politiques agricoles ont été initiées par l'Etat et ses partenaires au Niger à travers notamment la réalisation des ouvrages de mobilisation des eaux et la promotion des cultures irriguées [14, 15]. Cependant, 90 % des nigériens tiennent encore l'agriculture pluviale comme activité principale malgré ses risques et incertitudes. Comment ces derniers appréhendent-ils ces risques ? Leurs vécus et savoirs sur le climat et l'agriculture sont-ils concordants avec les résultats d'analyse des données agro-climatiques ? Des études effectuées au Burkina Faso ont bien montré que l'intégration des savoirs intrinsèques des paysans en matière du climat dans les approches scientifiques et opérationnelles permet de gagner la confiance et l'adhésion des paysans dans la gestion des défis climatiques et environnementaux [16]. De ce fait, le rapprochement réciproque des différents acteurs intervenants dans l'adaptation au changement climatique peut constituer un cadre d'incubation des stratégies participatives. Dans cette perspective, cet article vise à caractériser les saisons pluvieuses et agricoles à travers quelques indicateurs (début, déroulement, fin des saisons et leurs dynamiques, pluviosités et rendements, etc.) issus de l'analyse des données agro-climatiques et du vécu et savoirs intrinsèques des agriculteurs de la région de Zinder.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

La présente étude a été réalisée dans la région de Zinder qui est une des grandes régions agricoles du Niger Centre-Est. Elle a particulièrement concerné le département de Mirriah qui se trouve dans la zone typiquement agricole (400 - 600 mm de pluie par an) de la région (*Figure 1*). L'agriculture pluviale occupe plus de 95 %

de la population. Celle-ci vaut plus qu'une activité mais un mode de vie qui fait partie intégrante de l'éducation parentale des agriculteurs. Les cultures se pratiquent généralement sur les terres dunaires et les bas-fonds à l'aide de la hilaire manuelle ou à traction animale. Les principales cultures sont le mil, le sorgho et l'arachide qui sont principalement destinés à l'autoconsommation d'une population fortement croissante. En effet, Mirriah est le 2^{ème} département le plus peuplé de la Région de Zinder après celui de Magaria. En 2019, il comptait plus de 680000 habitants. Le taux d'accroissement naturel est de 4.8 % par an (contre 3.9 % pour l'ensemble du Niger) et la densité démographique y est de l'ordre de 180 habitants au km². La satisfaction des besoins alimentaires reste une préoccupation quotidienne. Ainsi, les dynamiques climatiques et démographiques en cours place la région de Zinder au cœur des grandes mutations agricoles, entre adaptation, satisfaction des besoins alimentaires et agriculture durable.

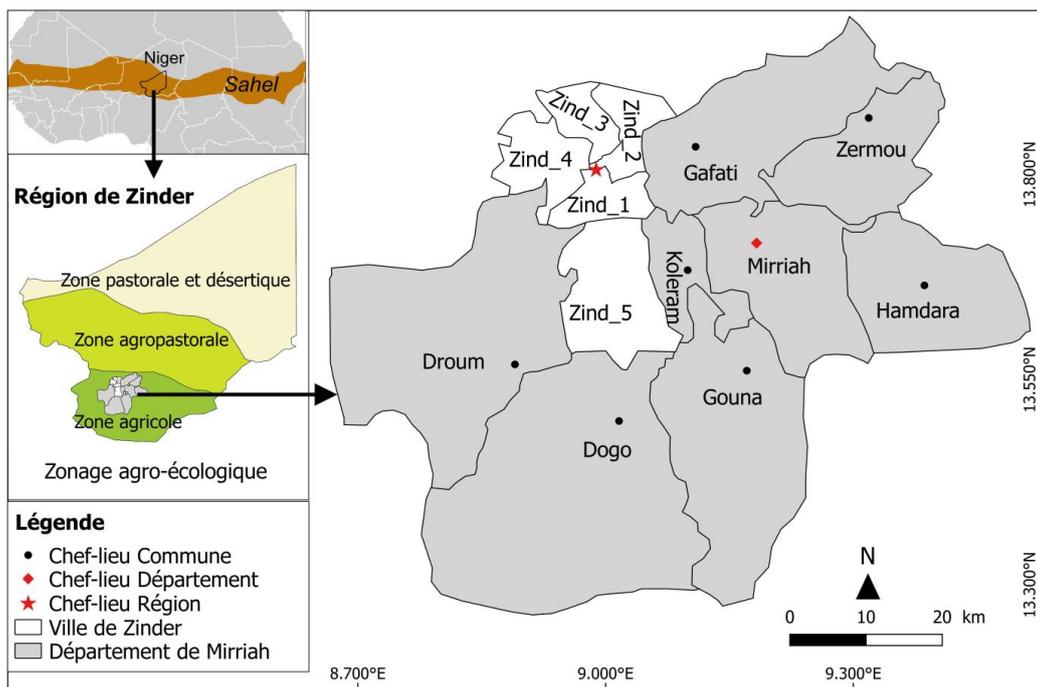


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (Source des données : Bases des données SIGNER)

2-2. Collecte des données agro-climatiques

La pluviométrie est la seule variable climatique ici analysée. Elle est déterminante pour la vie des populations et permet à elle seule de caractériser l'évolution du climat au Sahel [17]. Les données pluviométriques utilisées proviennent de la Direction Nationale de la Météorologie qui dispose d'un large réseau de collecte à l'échelle du Niger. Pour la présente étude, nous nous sommes procurés les données pluviométriques journalières couvrant la période de 1960 à 2018 de la station synoptique de Zinder Aéroport. Le choix de cette station repose sur la qualité et la disponibilité des données et sur sa situation géographique par rapport à la zone d'étude. Quant aux données agricoles, elles proviennent de la direction régionale des statistiques agricoles. Les informations collectées portent sur les surfaces emblavées et les productions céréalières et couvrent la période de 1991 à 2017. Les estimations de production sont devenues systématiques au Niger à partir de 1991 du fait de la fréquence des déficits céréaliers. Chaque année, elles sont réalisées dès le mois d'octobre afin d'informer les décideurs sur l'état des récoltes et préparer, à temps, les plans de riposte en cas de déficit. Les estimations des productions reposent sur la méthode de « carré de rendement » qui procède par l'échantillonnage des zones cultivées représentatives de la région et par l'évaluation de la quantité de production (en tonne ou Kg) par zone agro-écologique. Les données ici utilisées concernent donc la zone

agricole de la région et ce sont des valeurs annuelles. Chaque année est donc représentée par une seule valeur par type de culture (mil, sorgho). Outre les données sus évoquées, des informations agro-climatiques produites par les paysans ont également été récoltées à l'aide d'un questionnaire. Celui-ci est constitué de trois rubriques. La première rubrique collecte des informations générales sur les activités, les modes d'accès à la terre et les pratiques agricoles. La deuxième s'intéresse aux savoirs intrinsèques des agriculteurs en matière du climat. Enfin, la troisième porte sur la caractérisation des saisons agricoles au cours des dernières décennies basée sur le vécu des agriculteurs (indicateurs prévisionnels de démarrage des saisons, dates de début et de fin de saison et leurs dynamiques, occurrence des séquences sèches, productivité des saisons, etc.). Le questionnaire est individuellement administré à 20 chefs de famille ou de ménage dans chacune des huit communes rurales et agricoles du département de Mirriah. Selon les villages, cet échantillon représente entre 1 % (Mirriah, Koleram) et 16 % (Droum, Hamdara) des ménages agricoles. Aussi, l'enquête a-t-elle concerné exclusivement des chefs de famille ou de ménage âgés de trente ans et plus. Ce critère d'âge vise à recueillir des informations issues du vécu des paysans ainsi que les savoirs climatiques, ceux-ci étant généralement détenus par les vieilles personnes.

2-3. Exploitation des données pluviométriques et détermination des variables caractéristiques des saisons agricoles

Les données pluviométriques ont d'abord été étudiées à l'échelle interannuelle afin d'analyser la stationnarité et /ou la discontinuité de la série. Cela vise à détecter d'éventuelles ruptures climatiques et leurs conséquences sur l'agriculture. Pour ce faire, une étude de changement de distribution est donc réalisée à l'aide du test de Pettitt [18], réputé pour sa robustesse et sa puissance [19]. Ce test, non paramétrique, a pour hypothèse nulle (H_0), l'absence de rupture. Ainsi, une séquence de variables aléatoires indépendantes (x_i) comprise entre 1 et N (nombre de valeur ou taille de l'échantillon) est supposée appartenir à une même population. Pour tout instant (t) variant entre 1 et N , l'hypothèse nulle est testée en utilisant le maximum en valeur absolue de la variable $U_{t,N}$ définie par (*Équation 1*):

$$U_{t,N} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N \text{signe}(x_i - x_j) \quad (1)$$

La fonction signe (x) est définie comme suit (*Équation 2*):

$$\begin{cases} \text{si } x > 0, \text{ signe}(x) = 1 \\ \text{si } x = 0, \text{ signe}(x) = 0 \\ \text{si } x < 0, \text{ signe}(x) = -1 \end{cases} \quad (2)$$

Les données pluviométriques ont ensuite été analysées à l'échelle journalière afin de déterminer les caractéristiques agro-climatiques des saisons : dates de démarrage et de fin des saisons, distribution pluviométrique intra-saisonnière et typologie des saisons agricoles. Le démarrage de la saison agricole a été défini selon plusieurs critères [8]. Seuls les critères agronomiques ont été utilisés dans cette étude. Ainsi, la saison agricole s'installe à partir du 1^{er} mai lorsqu'on enregistre au moins 20 mm de pluie en 1 à 3 jours consécutifs sans que celle-ci ne soit suivie d'une séquence sèche de plus de 7 jours au cours des 30 prochains jours [20]. Quant à la fin de la saison, elle intervient à partir du 1^{er} septembre lorsque la réserve en eau utile accumulée s'épuise sur les 60 premiers cm du sol du fait de l'évapotranspiration. La valeur de l'évapotranspiration journalière est de 5 mm en moyenne dans la zone d'étude [21]. Ces caractéristiques saisonnières ont été déterminées à l'aide du logiciel Instat[®] (d'accès libre) dans lequel tous les critères de caractérisation sus évoqués sont formalisés et intégrés. Les types de traitement et d'analyse des données y sont optionnels et modulables selon les critères. Par ailleurs, la détermination du démarrage et de la fin des

saisons permet de déduire la longueur des saisons et faire leurs typologies en distinguant les saisons normales des saisons courtes, longues, précoces ou tardives. Soient x_i la date de début de saison au cours de l'année i , \bar{X} la date moyenne interannuelle des débuts de saison et σ , l'écart-type par rapport à \bar{X} ; soient y_i la date de fin de saison au cours de l'année i , \bar{Y} la date moyenne interannuelle des fins de saison et σ' , l'écart-type par rapport à \bar{Y} , les découpages correspondants aux types des saisons sont graphiquement représentés par la **Figure 2**. Une saison est qualifiée de précoce si elle s'installe plus tôt que la date moyenne de démarrage (\bar{X}) et s'achève avant la date moyenne de fins (\bar{Y}). Elle est dite normale lorsque les dates de début et de fin correspondent aux dates moyennes de début et de fin (\pm écart type). La normalité d'une saison traduit ici le fait que ses dates de début et fin sont moyennes.

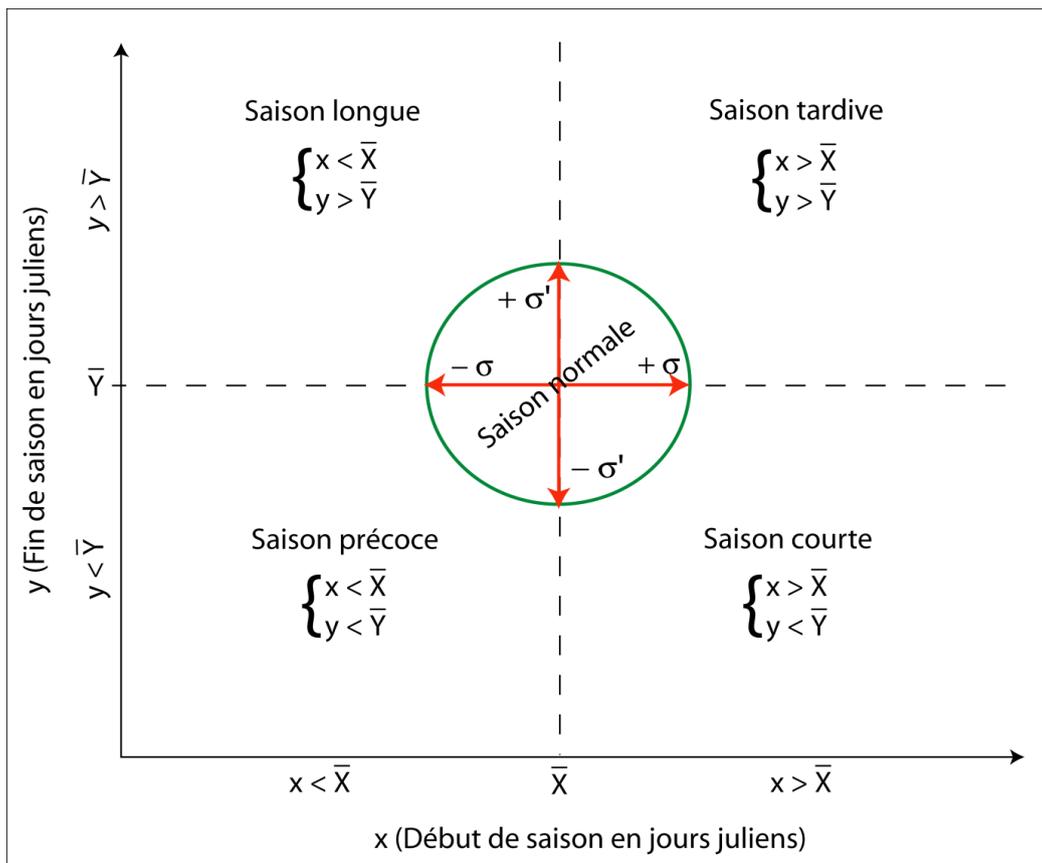


Figure 2 : Représentation schématique des types de saisons agricoles (Source : Extrait de [22], modifié)

Enfin, les données pluviométriques ont été exploitées à l'échelle événementielle pour déterminer les séquences sèches intra-saisonniers et les extrêmes pluviométriques. Une séquence sèche correspond à un nombre de jours successifs sans pluie ≥ 0.5 mm. Ainsi, les séquences sèches maximales des mois de juin, juillet, août et septembre qui sont déterminants pour l'agriculture sont analysées. Une pluie est dite extrême lorsque sa hauteur cumulée enregistrée en 1, 2 ou 3 jours consécutifs est $\geq 90^{\text{ème}}$ percentile des valeurs de la série analysée. Elle est caractérisée conformément à la définition de l'Organisation mondiale de la météorologie. Pour cela, les pluies maximales enregistrées en 1 à 3 jours consécutifs sont déterminées sur la période 1960 - 2018 puis ajustées à la loi de distribution de Gumbel. Cette loi présente l'avantage d'étirer la distribution au-delà du $90^{\text{ème}}$ percentile et d'être ajustable pour des pluies journalières maximales de durée comprise entre 1h et quelques jours [23].

2-4. Traitement des données agricoles

Les données des surfaces emblavées et des productions céréalières acquises (de 1991 - 2017) ont, dans un premier temps, été utilisées pour calculer le rendement en rapportant la production (en tonne ou Kg) sur l'unité de surface (ha). Le rendement est une grandeur qui permet de comparer la productivité surfacique malgré les fluctuations interannuelles de la production et de la superficie emblavée (augmentation ou baisse des surfaces cultivées). Sur la base du rendement moyen interannuel, on distingue ensuite les années excédentaires et déficitaires selon que leurs rendements soient respectivement supérieurs et inférieurs à la valeur moyenne. Par ailleurs, pour analyser les liens éventuels entre le rendement et les types de saison définis précédemment (*Figure 2*), ces deux variables ont été représentées en nuage de points (x ; y). Ainsi, chaque année est représentée par un couple d'information caractérisant son rendement (supérieur ou inférieur à la moyenne) et sa typologie (précoce, tardive, courte, longue ou normale). Pour un type de saison donné, cette représentation permet d'analyser sa fréquence de bon/mauvais rendement selon son nombre d'occurrence et les valeurs de son rendement.

2-5. Dépouillement et analyse des données d'enquête

Les données produites par les agriculteurs ont été traitées selon leurs portées sur la connaissance générale du climat ou sur la caractérisation des saisons. Les principales questions ayant trait à ces informations ont été regroupées puis analysées sous forme des données quantitatives à l'aide de logiciel Sphinx plus²-V5©. Les principaux indicateurs déterminés sont ceux précédemment définis par l'analyse des relevés agro-climatiques : début de saison des pluies et son évolution, fin de saison et son évolution, les durées et types des saisons, l'occurrence des séquences sèches et des pluies extrêmes... L'analyse comparée de données agro-climatiques mesurées et celles produites par les agriculteurs permet ainsi d'étudier la concordance / discordance des résultats.

3. Résultats et discussion

Les principales variables caractérisées et comparées sont présentées dans le *Tableau 1*.

Tableau 1 : Variables saisonnières caractérisées et comparées

Variables	Caractéristiques comparées
Pluie	Evolution du cumul interannuel
Calendrier des saisons agricoles	Dates de début de saison Dates de fin de saison Durée des saisons
Séquences sèches	Occurrence des épisodes secs
Intensification pluviométrique	Occurrence des pluies intenses
Production agricole	Rendements céréaliers

Chaque variable caractéristique est renseignée par les données agro-climatiques observées et celles produites par les paysans, ce qui offre la possibilité de conclure sur la cohérence ou non des points de vue. Les principaux paramètres analysés sont le cumul pluviométrique interannuel et son évolution, le début, le déroulement et la fin des saisons et leurs productions.

3-1. Caractérisation des pratiques agricoles

La population échantillonnée est composée à 80 % des paysans qui pratiquent l'agriculture pluviale en permanence depuis plus de 40 ans. Les femmes ne représentent que 18 % de l'échantillon du fait du contexte socio-culturel Haoussa (principal groupe ethnique de la zone d'étude) dans lequel les travaux agricoles sont largement dominés par les hommes. D'après [24], la pratique de l'agriculture et un puissant ancrage territorial qui caractérise les sociétés Haoussa du Niger et du Nord Nigéria. Dans ces sociétés, la tutelle de l'espace agraire incombe au premier défricheur et à son lignage. Cela est illustré par le mode d'accès à la terre qui est encore largement dominé par l'héritage (86 %). Cependant, ce mode d'accès a pour conséquence un morcellement à outrance des aires cultivées au fur et à mesure que des unités familiales se multiplient. Au cours des trente dernières années, [25] a montré que l'aire cultivée par une unité familiale a été divisée par 2 voire par 4 au moment où le nombre d'actif par unité familiale s'est accru d'un facteur 2 à 5. D'où la quasi disparition de la jachère et l'intensification de la pression sur les terres de cultures. Finalement, les unités agricoles couvrent de moins en moins les besoins alimentaires minima des ménages en raison des morcellements mais aussi des contraintes climatiques et environnementales.

3-2. Dynamiques du climat et savoirs paysans

L'analyse des données pluviométriques des soixante dernières années montre que la distribution de la pluie est non stationnaire dans la zone d'étude. En effet, il est mis en évidence deux ruptures significatives respectivement en 1967 et 1997 (*Tableau 2*). Cette évolution est très caractéristique des fluctuations pluviométriques du Sahel central [26]. Entre les deux premières séquences (1960 - 1967 et 1968 - 1997), il est enregistré une baisse des précipitations de l'ordre de 24 %. Cette baisse a causé une succession d'années sèches et leurs conséquences sur les productions agricoles et sur l'environnement. Mais depuis 1998, on note une relative augmentation de l'ordre de 22 % par rapport à la séquence sèche. Cela aurait entraîné un reverdissement du Sahel à travers la régénération et l'extension des formations végétations [27]. Cependant, cette régénération reste sans effet sur le comportement hydrologique des sols puisqu'on assiste encore à une augmentation des ruissellements et des inondations [28]. Ces processus hydrodynamiques qui traduisent la faible capacité de rétention en eau des sols limitent significativement l'intérêt agronomique des pluies.

Tableau 2 : Séquences pluviométriques et leurs moyennes

Séquence	1960 - 1967	1968 - 1997	1998 - 2018
Moyenne	497	378	461
Ecart type	101	102	113

Dans le milieu agricole, le climat se décrit à travers deux principales variables, la pluie et le vent. La pluie est un événement heureux. Une formule communautaire de félicitation et de politesse lui est consacrée « la pluie répare » à chaque fois qu'elle est observée. Cependant, tous les enquêtés rapportent que, de nos jours, la pluie est très variable et incertaine. Leur description de distribution pluviométrique s'inscrit dans une évolution discontinue distinguée par avant et après. Mais la limite entre ces deux séquences temporelles est très vague puisqu'après des enquêtés cinquantenaires, elle renvoie nostalgiquement à leur jeunesse tandis qu'après des jeunes trentenaires, la comparaison est faite aux temps de leur enfance ou adolescence. Quant aux vents, ils sont explicitement décrits comme un danger car ils « volent » l'eau du sol et « brûlent » les cultures. Dans les temps d'avant, les vents ne s'observaient qu'en début des saisons, c'est à dire avant le développement de la couverture herbacée. Mais de nos jours, les vents sont de plus en plus fréquents aussi bien en début qu'en milieu des saisons. Les causes de changement de distribution de ces variables sont diversement appréciées. Quarante-six pour cent d'enquêtés l'attribuent à la volonté divine. En effet, la pluie

est considérée comme un « don de Dieu ». La générosité de ce dernier est, d'après certains enquêtés, fonction des respects ou non des valeurs socio-religieuses (solidarité, liens de fraternité et de familiarité). Ce type d'appréhension est précédemment rapporté au Burkina Faso [29] où les agriculteurs estiment que les perturbations climatiques traduisent un châtement divin. Les pratiques socio-anthropiques et la désertification sont également signalées comme causes des changements respectivement par 24 et 18 % d'enquêtés. Les conséquences de ces phénomènes se décrivent à travers la disparition des grands arbres. Cette disparition traduirait une fuite des bénédictions liées à ces arbres car ces derniers sont les sièges des esprits et sont donc protecteurs et régulateurs de la nature. On conclut ainsi que les savoirs paysans en matière du climat s'appréhendent à travers la pluie et le vent en raison sûrement de leur déterminisme vis-à-vis des productions agricoles. Aussi leur description de l'évolution pluviométrique est-elle cohérente à l'analyse statistique.

3-3. Évolution de la date de début des saisons et ses conséquences

Dans la zone d'étude, le démarrage de la saison agricole est un événement majeur qui met fin à environ 9 mois de saison sèche. Les paysans appréhendent l'arrivée de cet événement à travers quelques indicateurs atmosphériques et/ou environnementaux. Parmi ceux-ci, on note, la direction et le type de vent. Le vent d'Ouest est l'un des principaux indicateurs d'appréhension de l'arrivée prochaine de la saison agricole. Cet indicateur atmosphérique et d'ailleurs mieux cerné lorsque les vents sont tourbillonnaires, décrits comme des « compagnons » des nuages. On note aussi des indicateurs biologiques d'installation des saisons telles que la migration Sud - Nord des cigognes et la feuillaison du Neem (*Azadirachta indica*). Ces indicateurs s'observent généralement entre les 8^{ème} et 9^{ème} mois du calendrier paysan dont le décompte commence à partir de la dernière pluie de la saison précédente [30]. Sur la base de ce calendrier, 80 % des enquêtés indiquent un début de saison de plus en plus tardif. En effet, ils affirment que la saison des pluies s'installait entre la fin du 7^{ème} et le début du 8^{ème} mois. Mais de nos jours elle intervient le plus souvent au 9^{ème} mois. Ainsi, il est donc constaté un retard dans l'installation des saisons entre une période d'avant et la période actuelle. L'analyse des données pluviométriques de 1960 – 2018 montre que la saison s'installe autour du 3 juillet (± 17 jours) mais celle-ci est très variable. La **Figure 3** fait ressortir l'inconstance de la date de démarrage de saison de part et d'autre de l'année 1969 au cours de laquelle il est détecté une rupture de la variable. Avant 1969, la saison s'installait vers le 18 juin tandis qu'après, elle intervient vers le 06 juillet, soit un décalage de 18 jours. Ce résultat est donc cohérent avec les conclusions des paysans sur l'installation tardive de la saison. L'inconstance de début de saison impacte fortement les pratiques et productions agricoles. A titre illustratif, il est de tradition des agriculteurs de conserver les grains des meilleurs épis afin de les semer la prochaine saison. Mais l'occurrence des faux départs et de re-semis résultant de la variabilité de la date de démarrage des saisons réduit significativement la probabilité d'aboutissement de ces bons grains. De ce fait, les agriculteurs se trouvent souvent obligés de semer les grains tout-venant achetés au marché dont la qualité, la productivité, le goût, etc. leurs sont méconnus à priori. Ainsi, les agriculteurs perdent progressivement une tradition séculaire de conservation des espèces locales basées sur leurs propriétés morphologiques, gustatives et / ou productives.

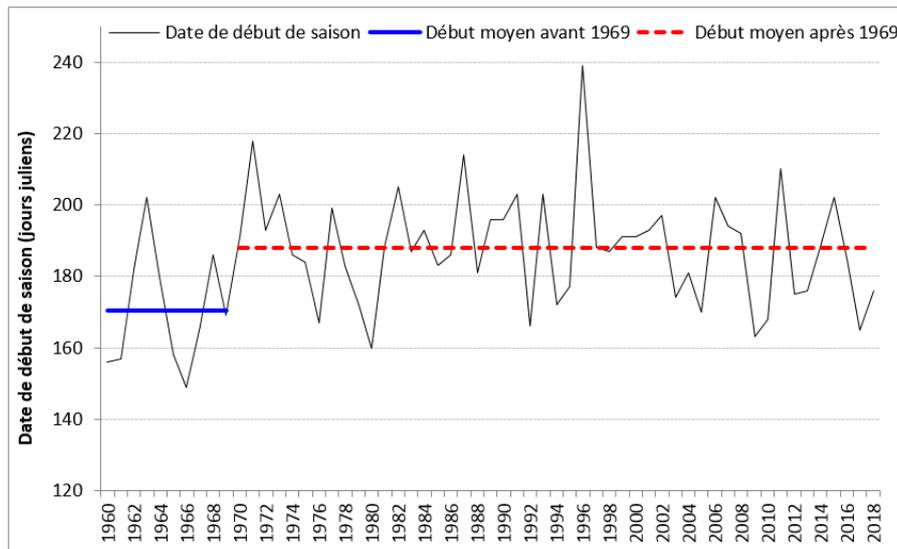


Figure 3 : *Début de saison agricole et sa dynamique entre 1960 et 2018*

De nombreux travaux ont souligné l'importance agronomique de la date de début des saisons et son implication sur les productions [6, 13]. Elle est déterminante pour prévoir la durée de saison et est considérée comme l'une des informations cruciales dans le choix des stratégies agricoles. Son inconstance assez généralisée à l'échelle du Sahel [16, 31] est l'un des risques de l'agriculture pluviale. Ce risque, exacerbé notamment pendant les séquences sèches des années 1970 - 1990, est encore persistant malgré l'amélioration récente de la pluviométrie.

3-4. Déroulement des saisons agricoles : entre pause et intensification pluviométriques

Après l'installation des saisons, la disponibilité régulière de l'eau est l'un des principaux déterminants de production. Mais le régime pluviométrique actuel se caractérise par une succession de séquences sèches ponctuées d'événements pluviométriques intenses. Dans ces conditions, le profit agronomique des averses est moindre puisque la régularité de la distribution temporelle de la pluie est plus importante que son cumul événementiel pour les plantes. Les pauses pluviométriques deviennent de plus en plus un marqueur des saisons. En effet, la **Figure 4** montre une hausse, plus importante, des séquences sèches maximales au cours des mois de juin et juillet qui consacrent le démarrage de la saison. Cela est en accord avec les résultats de [10] qui ont montré que l'intensité des épisodes secs augmente entre la 1^{ère} et la 3^{ème} décade après le semis. Au cours des mois de juin, la durée moyenne de l'épisode sec est de l'ordre de 12 jours (± 4) et cette durée s'observe presque une année sur deux dans la zone d'étude. L'insuffisance de l'eau durant cette phase sensible se répercute sur tout le cycle végétatif et peut entraîner la mort des semences ou limiter la croissance des cultures. Des études menées par [32] ont prouvé que la période la plus sensible au manque d'eau pour les plantes est celle comprise entre le gonflement et la floraison. En cas de stress hydrique pendant cette période, l'épiaison et la fertilité des panicules sont systématiquement affectés, d'où une baisse de production. Les séquences sèches intra-saisonnières s'accroissent aussi du fait de la diminution des jours pluvieux. On comptait en moyenne 44 jours de pluies par an avant l'année 1969 contre 35 jours après cette date, soit une baisse de 9 jours entre les deux séquences. La diminution des jours pluvieux accroît le risque de faux départ de la saison agricole. Soixante-dix-neuf pour cent (79 %) des enquêtés considèrent que les pauses pluviométriques se sont accrues ces dernières années. Cette proportion est du même ordre de grandeur que celles de 80 % et 90 % rapportées respectivement par [33, 34]. Cela décline une tendance plutôt pessimiste des conditions agricoles dans les prochaines années. D'après les agriculteurs, l'occurrence des épisodes secs en début de saison et le début de feuillaison par les basses branches des arbres sont interprétés comme

l'annonce d'une saison agricole difficile. Dès l'observation de ces indicateurs, ils décident souvent de partager le risque, par exemple en envoyant certains bras valides vers d'autres horizons dans l'espoir de secourir les ménages au cas où les mauvais présages se confirmaient. En revanche, l'arrivée massive d'oiseaux pendant la saison et l'emplacement du nid de *Oena capensis* (Tourterelle masquée) sur les basses branches des arbres sont plutôt décrits comme des signes d'un hivernage fécond. L'observation de ces indices se traduit par l'investissement de l'épargne, de l'énergie et du temps dans l'agriculture en perspective d'une bonne moisson.

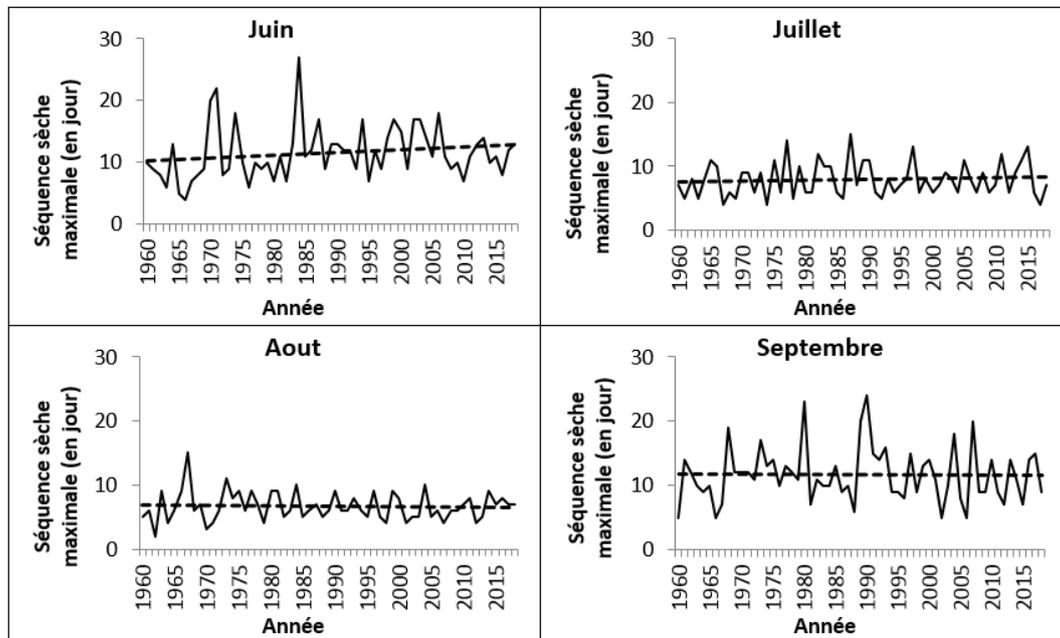


Figure 4 : Évolution des séquences sèches maximales mensuelles

En considérant la reprise de la pluviosité au cours de la période 1998 - 2018 par rapport à la période sèche, la diminution des jours pluvieux traduit, par ailleurs, une intensification pluviométrique. En effet, les cumuls pluviométriques annuels, croissants, sont distribués en un nombre d'événements inférieur à celui de la décennie 1960. L'analyse des pluies à cumul événementiel supérieur à 50 mm, considérées ici comme des grosses pluies, montre leur nette croissance. Ainsi, on est passé d'environ 1 événement tous les deux ans autour des années 1960 à 1 événement par année de nos jours. Et, depuis 2016, la moyenne est de l'ordre de 3 événements de pluie ≥ 50 mm par an. Mieux, depuis le début de la décennie 2010, on assiste à une recrudescence des pluies extrêmes (**Tableau 3**) engendrant des dommages d'inondation aussi bien en milieux urbains que ruraux. Sur les données analysées de 1960 à 2018, la hauteur de pluie extrême (correspondant au 90^{ème} percentile) est de 90.16 mm. C'est une pluie de fréquence décennale.

Tableau 3 : Pluies extrêmes observées à Zinder depuis 1960

Année d'occurrence	Nombre	Hauteur (mm)	Période de retour (an)
1961	1	111	33
1978	1	107.3	20
1988	1	91.3	10
2010	1	101.3	20
2017	2	91.4 92.4	10 10
2018	3	113 95 117	33 10 50

Au cours des soixante dernières années, 9 pluies extrêmes ont été enregistrées dont 6 depuis 2010. En 2018, il est même observé une pluie de fréquence cinquantennale. Du fait de l'augmentation de ces événements extrêmes, on assiste à un phénomène assez nouveau qu'est la baisse des productions agricoles liée aux inondations, ce qui n'était pas le cas il y a quelques décennies. Cela a bien marqué les agriculteurs car 58 % d'entre eux ont mentionné l'occurrence des inondations liées aux pluies intenses au cours des dernières décennies. Bien que souvent associé aux problèmes de sécheresses, le Sahel se trouve désormais confronté à l'intensification pluviométrique [35] qui est une nouvelle donne des problématiques agricoles. Ainsi, les pluies deviennent non seulement peu efficaces agronomiquement, mais elles dégradent aussi le moyen d'existence des populations qu'est la terre de culture [36]. Finalement, le déroulement de la saison se caractérise par l'occurrence concomitante des séquences sèches et des événements pluviométriques extrêmes. Cela accroît le risque de déficit céréalier à cause soit des sécheresses soit des inondations. Mais l'un des risques majeurs des saisons, c'est l'arrêt précoce des pluies qui est l'une des caractéristiques de fin des saisons.

3-5. Caractéristiques des fins des saisons agricoles

Les paysans caractérisent la fin de la saison à travers quelques indicateurs parmi lesquels le vent d'Est, l'occurrence des nuages « propres » et foudroyants, la feuillaison de *Faidherbia albida*, etc. Le vent d'Est (ou du Nord-Est) est qualifié par les paysans du vent de saison sèche et froide, période sans pluie au Sahel. L'expression de nuages propres et foudroyants renvoie ici aux nuages dépourvus d'aérosols et produisant beaucoup d'éclairs. Ces nuages s'observent généralement à partir de septembre. La **Figure 5** illustre les réponses des paysans sur la date de fin des saisons et son évolution. Celle-ci montre que la saison était plus longue auparavant. Mais les avis sont plutôt divergents quant à son évolution. Pour près de la moitié (48 %) des personnes interrogées, la fin de saison des pluies intervient tardivement ces dernières années, comparée aux années antérieures. Au contraire, 43 % estiment que cette date intervient précocement de nos jours. Peu nombreux sont ceux qui l'ont estimée variable.

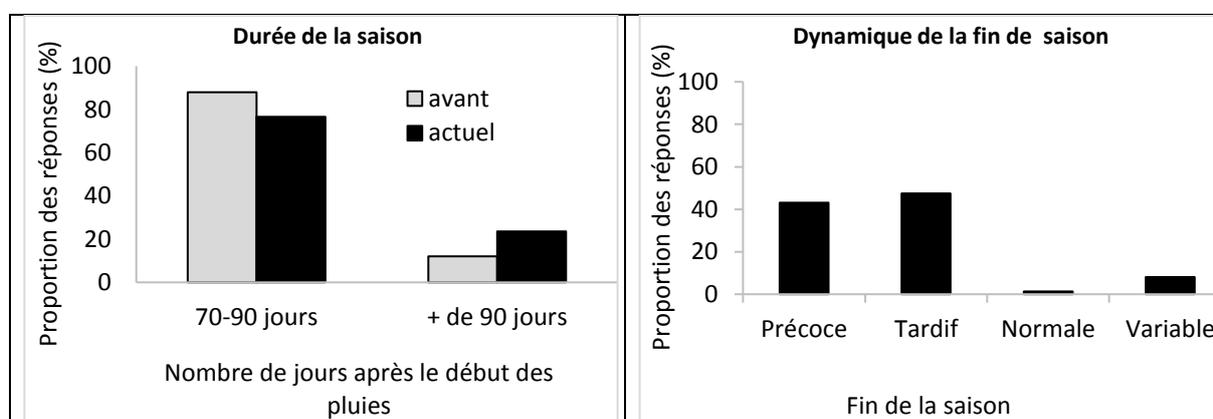


Figure 5 : Réponses des paysans sur la date de fin des saisons et son évolution

L'analyse des données pluviométriques (1960 - 2018) montre que la fin de saison s'observe vers le 10 septembre (± 8 jours). Mais depuis 1971, celle-ci intervient 6 jours plus tôt, comparé à son occurrence d'avant cette date de rupture (**Figure 6**). Elle est donc précocement, contrairement aux dires des 48 % d'enquêtés. Toutefois, la faible variation de cette date peut justifier l'incohérence des avis.

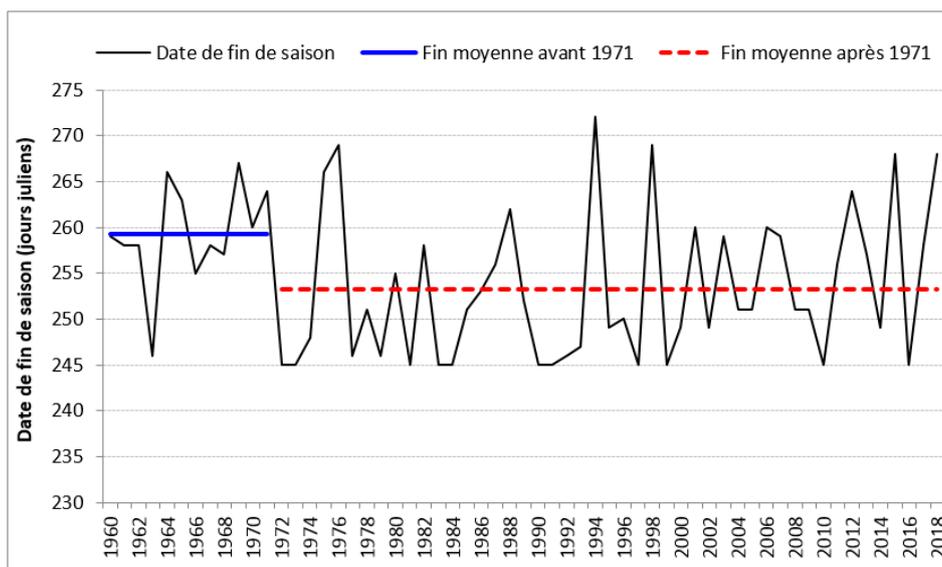


Figure 6 : Date de fin de saison agricole et sa dynamique entre 1960 et 2018

En analysant simultanément les **Figures 3 et 6**, on conclut globalement à un raccourcissement des saisons car les débuts sont tardifs et les fins sont précoces. La durée moyenne de la saison (1960 - 2018) est de 69 jours. Elle était de 89 jours avant 1970 et est de 65 jours depuis. La **Figure 7** montre l'existence d'une forte corrélation linéaire entre le début et la durée de la saison, ce qui est moins le cas avec la fin de saison. Ainsi, la durée de la saison a plus de 85 % de chance d'être d'autant plus longue que celle-ci démarre précocement. L'irrégularité de la durée des saisons est donc essentiellement due à celle de la date de début ($\sigma = \pm 17$ jours), celle de fin étant relativement peu variable ($\sigma = \pm 6$ jours). Aussi, la durée de la saison est-elle raccourcie à cause du décalage (+ 18 jours) de la date de début des saisons. Ce raccourcissement affecte le cycle végétatif des cultures d'autant plus que les principales céréales cultivées mettent entre 70 et 90 jours pour murir. Cette situation, associée à l'irrégularité intra saisonnières des précipitations, constitue une des préoccupations majeures de l'agriculture pluviale sahélienne tant du point de vue pluviosité que de rendement.

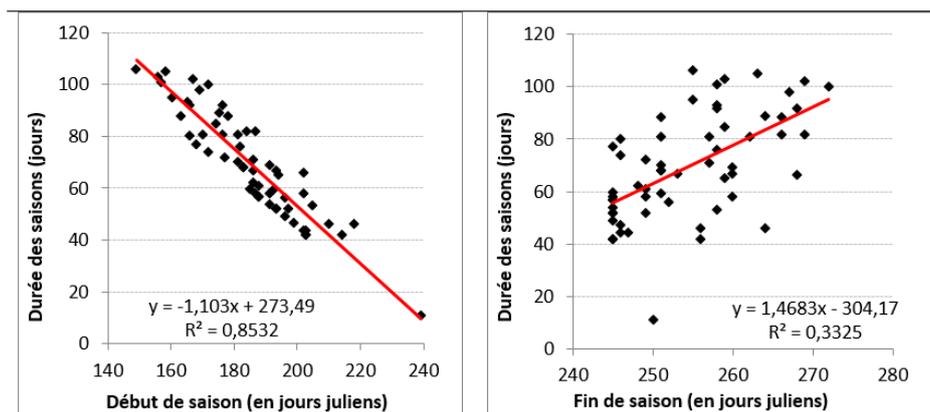


Figure 7 : Corrélation entre début/fin et durée des saisons

3-6. Typologie des saisons agricoles, pluviosité et rendement

Les informations relatives aux débuts et fins des saisons permettent de classer celles-ci en longue, courte, précoce, tardive ou normale. Soixante-trois pour cent (63 %) des enquêtés pensent que les saisons agricoles sont de plus en plus courtes tandis que 22 % estiment qu'elles s'allongent. Le **Tableau 4** et la **Figure 8**

présentent les types des saisons et leurs occurrences au cours des soixante dernières années. Les saisons normales correspondent aux saisons dont la date de démarrage est comprise entre le 16 juin et le 20 juillet et la date de fin comprise entre les 02 et 18 septembre. Les dates des débuts et fins des autres types de saison sont consignées dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Fréquence et année d'occurrence des types des saisons

Type	Date début	Date fin	Nombre	Année d'occurrence
Normale	03 juillet (± 17 jours)	10 septembre (± 8 jours)	20	1962 ; 1968 ; 1970 ; 1974 ; 1978 ; 1985 ; 1986 ; 1988 ; 1989 ; 1995 ; 2000 ; 2001 ; 2002 ; 2003 ; 2004 ; 2005 ; 2007 ; 2008 ; 2013 ; 2014.
Précoce	Avant 03 juillet	Avant 10 septembre	5	1979 ; 1992 ; 2009 ; 2010 ; 2016.
Longue	Avant 03 juillet	Après 10 septembre	14	1960 ; 1961 ; 1964 ; 1965 ; 1966 ; 1967 ; 1969 ; 1975 ; 1976 ; 1980 ; 1994 ; 2012 ; 2017 ; 2018.
Courte	Après 03 juillet	Avant 10 septembre	13	1963 ; 1972 ; 1973 ; 1977 ; 1981 ; 1983 ; 1984 ; 1990 ; 1991 ; 1993 ; 1996 ; 1997 ; 1999.
Tardive	Après 03 juillet	Après 10 septembre	7	1971 ; 1982 ; 1987 ; 1998 ; 2006 ; 2011 ; 2015.

La fréquence d'occurrence des saisons normales est de 33.9 %. Elle est légèrement inférieure au 40 % rapporté par [23]. Ce type de saison est enregistré une seule fois au cours de la période humide des années 1960 - 1967 mais dix-neuf fois depuis 1968. Il est donc assez régulièrement observé depuis la première rupture climatique, tout comme les saisons courtes et tardives. Avant 1970, il n'est observé qu'une seule saison courte et aucune saison tardive. Depuis cette date, 39 % des saisons sont soit courtes, soit tardives. Ces deux types de saison sont devenus fréquents depuis les sécheresses et persistent malgré le retour à des conditions pluviométriques relativement meilleures à partir de 1997. En revanche, les saisons longues sont de moins en moins observées. Au cours de la période humide de 1960 - 1967, leur fréquence d'occurrence est de 6 années sur 8. Mais au cours des cinquante dernières années, les saisons longues ne sont observées que huit fois seulement.

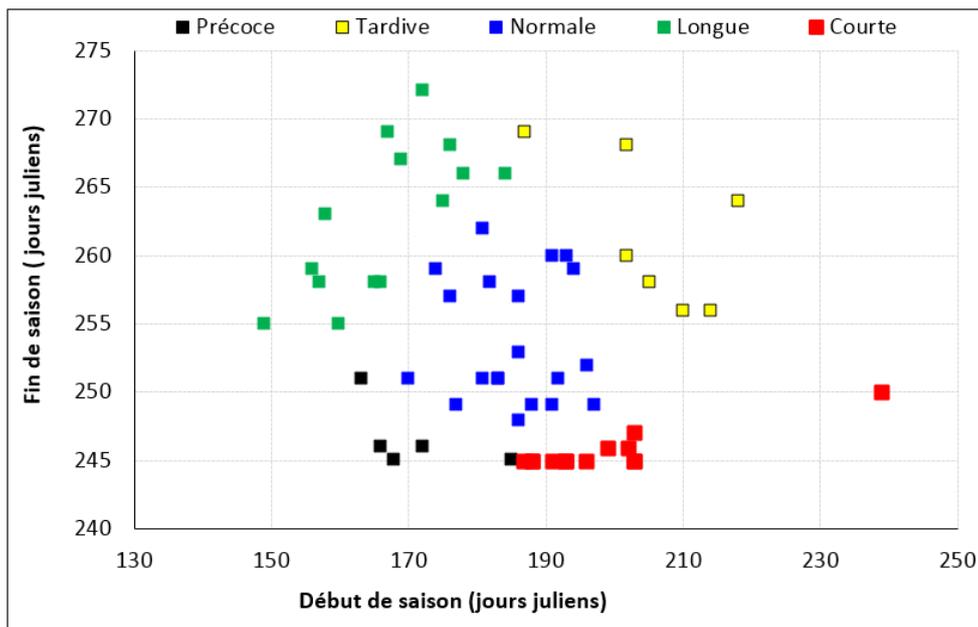


Figure 8 : Représentation des types des saisons observés dans la zone d'étude

Existe-t-il un lien entre le type de saison et la pluviosité ? Pour analyser cela, on compare le cumul pluviométrique annuel de chaque type de saison à la pluie moyenne interannuelle (**Figure 9**, gauche). Sur cette figure, chaque point carré représente une année définie par le type de saison agricole (normal, précoce, tardif, court ou long). Si le point est situé au-dessus de la ligne horizontale en pointillée (pluie moyenne), l'année a donc une pluviométrie excédentaire. Si elle est en deçà, elle est alors déficitaire. Il ressort clairement que les saisons longues sont plus pluvieuses. Sur les 14 saisons longues observées, 13 ont des cumuls pluviométriques supérieurs à la moyenne interannuelle. Même si la longueur d'une saison ne garantit pas, a priori, sa pluviosité, la forte occurrence des saisons longues au cours de la période humide (1960 - 1967) laisse croire que ce type de saison est généralement bien pluvieux. En revanche, 12 des 13 saisons courtes observées ont des cumuls pluviométriques déficitaires. Les autres types de saison ont des comportements pluviométriques erratiques. Par ailleurs, la correspondance entre type de saison et rendement est également analysée (**Figure 9**, droite). Chaque point carré de la Figure correspond également à une année définie par son type de saison agricole. L'emplacement de chaque point par rapport à la droite pointillée de rendement moyen définit son « bon » ou « mauvais » niveau de rendement. En représentant les rendements des 18 années recueillies, on remarque que chaque type de saison peut être excédentaire ou déficitaire en termes de rendement agricole indépendamment de sa typologie et de sa pluviosité. De 1991 à 2017, on a enregistré 11 années normales, 5 courtes, 4 précoces, 4 tardives et 3 longues. Sur les 11 normales, 5 ont des productions excédentaires, soit une fréquence de « bon » rendement de 5/11. D'une manière générale, les rendements sont plutôt en hausse. On est passé d'un rendement de l'ordre de 300 kg/ha en 1991 à environ 500 kg/ha de nos jours, soit une moyenne interannuelle de 390 kg/ha (± 88). Cependant, 97 % des paysans enquêtés estiment que les rendements diminuent et 27 % d'entre eux considèrent que la baisse est causée par l'irrégularité des pluies, 20 % l'attribuent au manque d'investissement et 20 % à la dégradation des sols.

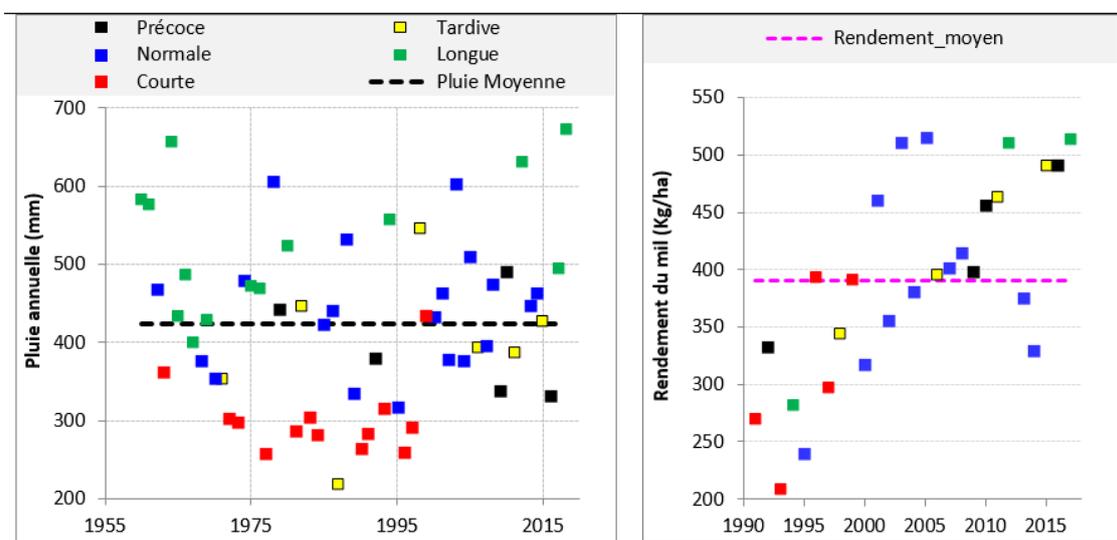


Figure 9 : Relation entre type de saisons, pluviosité (à gauche) et rendement (à droite)

Le **Tableau 5** récapitule les principales variables comparées sur la base d'analyses des relevés agro-climatiques et de vécu des paysans.

Tableau 5 : Concordance / discordance des variables comparées

Caractéristiques	Résultats d'analyse agro-climatique	Constats paysans
Evolution du cumul de pluie	Non stationnaire	Discontinue (100 % d'enquêtés)
Dates de début de saison	Tardives de 18 jours	Tardives (80 % d'enquêtés)
Dates de fin saison	Précoce de 6 jours	Tardives (48 % d'enquêtés)
Durée des saisons	Raccourcie de 24 jours	Raccourcie (77 % d'enquêtés)
Occurrence des épisodes secs	En hausse	En hausse (79 % d'enquêtés)
Occurrence des pluies intenses	En hausse	En hausse (61 % d'enquêtés)
Rendements céréaliers	En hausse	En baisse (97 % d'enquêtés)

Les conclusions sont plutôt convergentes sauf pour deux variables : la fin des saisons et l'évolution des rendements. Concernant la fin des saisons, les réponses sont presque à part égales entre « tardif » (48 % d'enquêtés) et « précoce » (43 % d'enquêtés). Cela est peut être lié à la faible variation de la date des fins des saisons (6 jours) et pouvant être imperceptible par les paysans. Quant au rendement, il semble être confondu au ratio de production. En effet, des études ont montré que, malgré la hausse de rendement, le ration de production par habitant diminue du fait de la forte croissance démographique [37]. Les variables ainsi analysées montrent que la performance de l'agriculture pluviale est de plus en plus mise à l'épreuve par le comportement erratique et aléatoire des précipitations qui accroît le risque de déficit de production. Pourtant, c'est le système de production céréalière le plus répandu au Sahel. Il représente 93 % des terres cultivées et 80 % des céréales consommés en Afrique subsaharienne proviennent de ce système [38]. Sa performance est donc primordiale pour la stabilité des Etats ainsi que des institutions internationales qui lui accordent de plus en plus un regain d'attention après un relatif désintérêt dans les années 1990 [39]. Les principales contraintes qui l'assaillent de nos jours se résument à l'instabilité des débuts de saison et ses conséquences sur les re-semis, la fréquence croissante de séquences sèches et ses implications sur le développement des cultures (stress hydrique, faible résistance aux maladies, etc.) ainsi que la fin brutale des saisons et ses risques d'immaturation des cultures. La survenue de ces aléas fait que, même en l'absence de crises graves, il existe toujours une frange de la population sahélienne en situation d'insécurité alimentaire et de pauvreté nécessitant des interventions d'atténuation ou d'urgence.

Ces aléas agro-climatiques sont restés identiques à ceux de la période sèche des années 1970 - 1990 [13] et c'est, malgré l'amélioration de la pluviosité depuis la décennie 1990. Ces risques sont donc moins liés aux cumuls pluviométriques annuels qu'à la distribution spatio-temporelle des précipitations. D'après la hiérarchisation des risques agro-climatiques [31], la fin précoce est le risque le plus redouté des populations de l'Ouest du Niger, suivi des vents forts de début de saison et des séquences sèches intra-saisonnières. L'appréhension paysanne sur ces risques est cohérente avec les données observées car plusieurs travaux ont conclu sur le risque de faux départ de saison lié à l'occurrence fréquente des pauses pluviométriques en début des saisons telle que montrée dans ce travail. Mieux, il est établi un lien entre les pauses pluviométriques de début de saison et la normalité pluviométrique de celle-ci [13]. Ainsi, chaque fois que des faux départs sont observés au-delà de la première décade de juin, le cumul de cette saison reste inférieur à la normale 1961 - 1990. Cela est parfaitement connu des paysans de la Région de Zinder qui considèrent cette pause comme l'annonce d'une saison agricole difficile. L'appréhension paysanne se fonde sur des savoirs intrinsèques construits localement. En dépit de leurs adoptions par les communautés, ces savoirs ne sont cependant pas bien pris en compte dans les mesures d'adaptation prioritaires face aux impacts climatiques potentiels [31]. Cela peut justifier le retrait ou la méfiance des paysans vis-à-vis des solutions qui leur sont proposées en matières d'agriculture pluviale. Par ailleurs, [30] ont montré que, pour les paysans, les perturbations pluviométriques relèvent de la seule volonté de Dieu. En conséquence, la résignation demeure la stratégie

d'adaptation adéquate, disent-ils. Ce fatalisme est entretenu par 42 % des sahéliens enquêtés [31]. Pourtant, des alternatives permettant de minimiser les risques climatiques sur l'agriculture existent. [40] a montré que l'utilisation des prévisions climatiques actuellement existantes sur les débuts et fins des saisons permet de réduire les risques et d'augmenter les revenus des paysans de près de 7 %. Dans le contexte actuel d'adaptation où le fatalisme prévaut chez une large part des paysans, toute autre proposition de solution doit fortement être accompagnée et faire l'objet de fortes communications/expérimentations pour ne pas être vouée à l'échec. Aussi, la meilleure approche consisterait-elle à asseoir les mesures d'adaptation en s'appuyant sur les bonnes connaissances et les vécus paysans. Cela permet de gagner la confiance et l'adhésion de ces derniers comme c'était le cas dans la mise en œuvre de la Régénération Naturelle Assistée. En effet, le statut sacré de totem ou d'arbre à génies conféré au *Faidherbia albida* par plusieurs communautés a parfois été mis en avant, en plus de ses vertus agronomiques, pour protéger cet arbre et restaurer l'environnement au Niger [41, 42].

4. Conclusion

Les dynamiques intra et interannuelles des saisons agricoles rapportées par les paysans sont souvent cohérentes avec les conclusions issues de l'analyse des données observées. Les dynamiques climatiques actuelles du Sahel sont plutôt décrites sous l'angle des risques. En début de saison, le risque majeur est l'instabilité de la date des semis ou le faux départ. Cette instabilité est mise en évidence par les données climatiques montrant une rupture dans les dates de démarrage de saison. Pendant le déroulement de la saison, l'irrégularité des pluies est la principale contrainte. Elle se traduit à la fois par des longues séquences sèches et par une concentration d'événements pluvieux en un laps de temps pouvant engendrer des inondations. Du fait de cette irrégularité, même les saisons les plus pluvieuses ou les plus longues ne sont pas forcément synonymes de bonne productivité. En fin de saison pluvieuse, la contrainte la plus préoccupante est l'arrêt précoce des précipitations. Les données agro-climatiques montrent que la fin de saison est peu variable. Elles confirment, néanmoins, l'affirmation de 43 % des paysans puisque cette fin intervient 6 jours plus tôt, comparée à son occurrence des années 1970. En outre, les saisons courtes et tardives sont plus fréquentes de nos jours, en comparaison avec les années d'avant les sécheresses. Or ces types de saison ont des cumuls pluviométriques généralement déficitaires. Cependant, en dépit de la cohérence des indicateurs paysans aux données climatiques observées, les savoirs de ces derniers ne sont pas appréciés à leurs justes valeurs. L'intégration de ces savoirs paysans dans les mesures d'adaptation serait d'un intérêt certain pour l'adhésion et la diffusion des celles-ci, surtout dans le contexte actuel de la décentralisation dans lequel le développement participatif se promeut à l'échelle local.

Références

- [1] - J. B. K. VODOUNOU et Y. ONIBON DOUBOGAN, Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin, *Cybergeo Eur. J. Geogr.*, (2016), doi: 10.4000/cybergeo.27836
- [2] - A. BICHET et A. DIEDHIOU, West African Sahel has become wetter during the last 30 years, but dry spells are shorter and more frequent, *Clim. Res.*, Vol. 75, N° 2 (2018) 155 - 162 p.
- [3] - M. FAYE, A. FALL, G. FAYE et E. VAN HECKE, La variabilité pluviométrique et ses incidences sur les rendements agricoles dans la région des Terres Neuves du Sénégal oriental, *Belg. Rev. Belge Géographie*, N° 1 (2018), doi: 10.4000/belgeo.22083

- [4] - A. ROSSI, T. VISCHÉL et T. LEBEL, Analyse spatiale et temporelle de la variabilité à méso-échelle du régime pluviométrique sahélien depuis les années 1950, in "24ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie", Grenoble, (2012) 679 - 683 p.
- [5] - G. PANTHOU, Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et de leur évolution au cours des 60 dernières années, *Université de Grenoble*, (2013) 270 p.
- [6] - L. DESCROIX, A. DIONGUE NIANG, G. PANTHOU, A. BODIAN, Y. SANE, H. DACOSTA, M. MALAM ABDOU, J.-P. VANDERVAERE et G. QUANTIN, Evolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégambie et Bassin du Niger Moyen, *Climatologie*, Vol. 12, (2015) 25 - 43 p.
- [7] - G. PANTHOU, T. LEBEL, T. VISCHÉL, G. QUANTIN, Y. SANE, A. BA, O. NDIAYE, A. DIONG-NIANG, M. DIOPKANE, Rainfall intensification in tropical semi-arid regions: the Sahelian case, *Environ. Res. Lett.*, Vol. 13, N° 6 (2018), doi: 10.1088/1748-9326/aac334
- [8] - M. BALME, S. GALLE et T. LEBEL, Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger, *Sécheresse*, Vol. 16, N° 1 (2005) 15 - 22 p.
- [9] - R. MARTEAU, B. SULTAN, V. MORON, C. BARON, S. B. TRAORE et A. ALHASSANE, Démarrage de la saison des pluies et date de semis du mil dans le sud-ouest du Niger, in "Risques et changement climatique", Rennes (2010) 379 - 384 p.
- [10] - A. SITTA et M. BACCI, Analyse du risque de sécheresse agricole dans la région de Tillabéry au Niger », in "Risque et adaptation climatique dans la région de Tillabéri, Niger", *L'Harmattan*, (2016) 143 - 154 p.
- [11] - S. JANICOT, C. AUBERTIN, M. BERNOUX, E. DOUNIAS, J. GUEGAN, T. LEBEL, H. MAZUREK, B. SULTAN, "Changement climatique : Quels défis pour le Sud ?", IRD, (2015) 268 p.
- [12] - J.-P. OLIVIER DE SARDAN, Au Niger, le cycle des crises alimentaires, *Le Monde diplomatique*, 2011. <http://blog.mondediplo.net/2011-01-07-Au-Niger-le-cycle-des-crisis-alimentaires> (consulté le avr. 28, 2017)
- [13] - A. ALHASSANE, S. SALACK, M. LY, I. LONA, S. B. TRAORÉ et B. SARR, Evolution of agro-climatic risks related to the recent trends of the rainfall regime over the Sudano-Sahelian region of West Africa, *Sécheresse*, Vol. 24, N° 4 (2013) 282 - 293 p.
- [14] - M. BOUREIMA, "Les politiques agricoles au Niger, 1960-2015 : 55 ans à la recherche de la sécurité alimentaire et de la réduction de la pauvreté", Belle Afrique. Niamey, (2006) 35 p.
- [15] - MINISTERE DU PLAN, Plan de Développement Economique et Social (PDES) 2017-2021, *Nouvelle Imprimerie du Niger*, (2017)
- [16] - D. BAMBARA, A. THIOMBIANO et V. HIEN, Changements climatiques en zones nord-soudanienne et sub-sahélienne du Burkina Faso : comparaison entre savoirs paysans et connaissances scientifiques. », *Rev. Décologie*, Vol. 71, N° (2016) 35 - 58 p.
- [17] - A. ALI, La variabilité et les changements climatiques au Sahel, *Bulletin du CRA*, (2010) 17 - 20 p.
- [18] - A. N. PETTITT, A non-parametric approach to the change-point problem, *Appl. Stat.*, Vol. 28, N° 2 (1979) 126 - 135 p.
- [19] - F. LEMAITRE, Tests classiques de détection de non-stationnarité », Cemagref, Lyon, (2002) [En ligne]. Disponible sur: <http://pnrh-ns.lyon.cemagref.fr/Fichiers/Lemaitre.pdf>
- [20] - M. V. K. SIVAKUMAR, Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa, *Agric. For. Meteorol.*, Vol. 42, N° 4 (1988) 295 - 305 p.
- [21] - C. VELLUET, J. DEMARTY, B. CAPPELAERE, I. BRAUD, H.B-A. ISSOUFOU, N. BOULAIN, D. RAMIER, I. MAINASSARA, G. CHARVET, Building a field- and model-based climatology of local water and energy cycles in the cultivated Sahel - annual budgets and seasonality », *Hydrol Earth Syst Sci Discuss*, Vol. 11, N° 5 (2014) 4753 - 4808 p., doi: 10.5194/hessd-11-4753-2014

- [22] - J. CHARRE, La variabilité du rythme annuel des pluies au Niger, *Rev. Géographie Alp.*, Vol. 61, N° 3 (1973) 411 - 426 p., doi: 10.3406/rga.1973.1333
- [23] - B. SARR et I. LONA, Les fortes pluies enregistrées au Sahel au cours de l'hivernage 2007 : Variabilité et/ou changement climatique, in "*Changement climatique et évaluation Environnementale : Outils et enjeux pour l'évaluation des impacts et l'élaboration des plans d'adaptation*", Niamey, SIFEE, Niamey, (2009)
- [24] - C. RAYNAUT, "Sahels : Diversité et dynamiques des relations sociétés-nature". Paris : Karthala, (1997)
- [25] - I. BAGGNIAN, Rôle des dynamiques démographiques et migratoires sur l'évolution des écosystèmes sahéliens : Cas d'un terroir villageois reverdi et non reverdi du département de Mirriah dans la région de Zinder au Niger, Université Abdou Moumouni de Niamey, (2010) 110 p.
- [26] - T. VISCHÉL, T. LEBEL, G. PANTHOU, G. QUANTIN, A. ROSSI, et M. MARTINET, Le retour d'une période humide au Sahel ? : observations et perspectives », in "*Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest*", B. Sultan, R. Lalou, M. Amadou Sanni, A. Oumarou, et M. A. Soumaré, Éd. Marseille: IRD, (2015) 43 - 60 p.
- [27] - L.-J. SAN EMETERIO, Désertification ou reverdissement ? Etude multiscalaire de l'évolution du couvert végétal en Afrique Sahélienne à partir de données de télédétection », thesis, Paris Sorbonne, (2015) 269 p.
- [28] - L. DESCROIX, F. GUICHARD, M. GRIPPA, L. LAMBERT, G. PANTHOU, G. MAHÉ, L. GAL, C. DARDEL, G. QUANTIN, L. KERGOAT, Evolution of Surface Hydrology in the Sahelo-Sudanian Strip : An Updated Review, *Water*, Vol. 10, N° 6 (2018) 748 - 760 p.
- [29] - A. P. OUOBA et D. E. C. DA, Visions paysannes et ajustements au changement climatique : stratégies d'adaptation au sahel burkinabé, *Territ. Sociétés Environ.*, N 009 (2017) 7 - 28 p.
- [30] - M.-B. AMADOU-BOUKARY, M. MALAM ABDOU, I. MAMADOU et L. DESCROIX, Caractérisation et adaptation paysannes à l'inconstance des saisons des pluies dans la région de Zinder (Niger), *Territ. Sociétés Environ.*, N° 012 (2019) 48 - 63 p.
- [31] - L. M. NASSOUROU, B. SARR, A. ALHASSANE, S. TRAORE et B. ABDOURAHAMANE, Perception et observation : les principaux risques agro-climatique de l'agriculture pluviale dans l'ouest du Niger, *Vertigo - Rev. Électronique En Sci. Environ.*, Vol. 18, N° 1 (2018), doi: 10.4000/vertigo.20003
- [32] - M. BACCI et K. GAPTIA LAWAN, Variabilités et changements climatiques et leurs impacts sur les cultures pluviales dans la région de Tillabéry, Niger, in "*Risque et adaptation climatique dans la région de Tillabéri, Niger*", L'Harmattan, (2016) 99 - 116 p.
- [33] - B. SARR, A. SANOUSSI, L. MOHAMED, S. SEYNI, T. OURBACK, S. SUBSOL, D. GEORGE, Adapting to climate variability and change in smallholder farming communities: A case study from Burkina Faso, Chad and Niger, *J. Agric. Ext. Rural Dev.*, Vol. 7, N° 1 (2015) 16 - 27 p., doi: 10.5897/JAERD14.0595
- [34] - P. B. AKPONIKPÈ, J. PETER et A. EULOGE, « Farmer perception of climate change and adaptation strategies in Sub-Saharan West-Africa », Fortaleza - Ceará, Brazil, (2010) 15 p., Consulté le: janv. 18, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://www.academia.edu/1681397/Farmer_perception_of_climate_change_and_adaptation_strategies_in_Sub-Saharan_West-Africa
- [35] - C. M. TAYLOR, D. BELUŠIĆ, F. GUICHARD, D. J. PARKER, T. VISCHÉL, O. BOCK, P. HARRIS, S. JANICOT, C. KLEIN, G. PANTHOU, Frequency of extreme Sahelian storms tripled since 1982 in satellite observations, *Nature*, Vol. 544, N° 7651 (2017) 475 - 478 p., avr. 2017, doi: 10.1038/nature22069
- [36] - L. DESCROIX, J-C. OLIVRY, J. ALBERGEL, B. TANIMOUN, I. AMADOU, B. COULIBALY, I. BOUZOU MOUSSA, O. FARAN MAIGA, M. MALAM ABDOU, K. SOULEY YERO, I. MAMADOU, J-P. VANDERVAERE, E. GAUTIER, Facteurs anthropiques et environnementaux de la recrudescence des inondations au Sahel, in "*Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest*", Editions IRD, (2015) 153 - 170 p.

- [37] - M. MALAM ABDOU, I. MAMADOU, M. WAZIRI-MATO, M. ELHADJI ISSOUFOU ASSANE et M. N. MAMAN MOUSSA, Dynamique hydrique et impacts environnementaux et socio-économiques du barrage de Toumbala (Région de Zinder, Niger), *Rev. Sci. Environnementales Univ. Lomé*, Vol. 1, N° 17 (2017) 205 - 224 p.
- [38] - B. SULTAN, P. ROUDIER et S. TRAORE, Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest, in *"Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest"*, Marseille: IRD, (2015) 209 - 225 p.
- [39] - P. ROUDIER, C. KANE, A. LEBOS, B. SULTAN et S. WEBER, Deux exemples de stratégies de gestion du risque agricole en Afrique de l'Ouest : services climatiques et assurances indicielles, *ResearchGate*, (2019). https://www.researchgate.net/publication/330141690_Deux_exemples_de_strategies_de_gestion_du_risque_agricole_en_Afrique_de_l'Ouest_services_climatiques_et_assurances_indicielles (consulté le janv. 18, 2020)
- [40] - P. ROUDIER, Climat et agriculture en Afrique de l'Ouest : Quantification de l'impact du changement climatique sur les rendements et évaluation de l'utilité des prévisions saisonnières, phdthesis, *Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS)*, (2012)
- [41] - G. SMEKTALA, R. PELTIER, N. SIBELET, M. LEROY, R. MANLAY, C.F. NJITI, M. NTOUPKA, A. NJIEMOUN, O. PALOU, Parcs agroforestiers sahéliens : de la conservation à l'aménagement, *Vertigo - Rev. Électronique En Sci. Environ.*, Vol. 6, N° 2 (2005), doi: 10.4000/vertigo.4410
- [42] - M. LARWANOU, M. ABDOULAYE et C. REIJ, « Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (NIGER) », IRG/USAID, (2006). [En ligne]. Disponible sur: <http://rportal.net/library/content/frame/etude-de-la-regeneration-naturelle-assistee-dans-la-region-de-zinder-niger-une-premiere-exploration-dun-phenomene-spectaculaire>