

CHANGEMENT CLIMATIQUE, MUTATION DES PRATIQUES AGRICOLES ET CONSTRUCTION MANUELLE DE BARKHANES COMME BARRIERES AUX RUISSELLEMENTS : CAS DE LA PLAINE D'ATI AU TCHAD

Model DJEMON

Université de Pala (Tchad)
djemon.model@gmail.com

Résumé :

Depuis plus de 30 ans, le milieu environnemental est corrompu et cela se manifeste par des mutations incessantes. Baisse drastique des précipitations caractérisées par de températures caniculaires, d'évaporation excessive, de faibles écoulements des cours d'eau aux étiages les plus sévères, d'induration des sols mais également par des précipitations abondantes dont les corollaires sont des inondations catastrophiques et de lessivage des sols par les ruissellements intenses. Tels sont les effets du changement climatique affectant les systèmes physiques, chimiques et biologiques des milieux de vie de nos sociétés. Cet article se propose d'analyser les données climatiques, météorologiques et pédologiques de la plaine d'Ati au Cœur du territoire tchadien pour connaître la corrélation entre la variabilité climatique et la construction des barkhanes dans les parcelles agricoles de cette zone sahélienne, qui se situe à cheval entre les zones d'extrêmes climatiques, c'est-à-dire, à la fois bordière de la bande saharienne (avec une pluviométrie variant entre 150 mm et 50 mm/an) et des latitudes soudanaises pluvieuses (600 et 1800 mm/an).

Mots clés : *changement climatique, pratiques agricoles, barkhanes, plaine d'Ati, Tchad*

Abstract:

for more than 30 years, the environmental environment has been corrupted and this is manifested by incessant mutations. Drastic drop in precipitation characterized by scorching temperatures, excessive evaporation, low flows from rivers at the most severe low water levels, soil induration but also by abundant precipitation whose corollaries are catastrophic flooding and leaching soils by intensive runoff. These are the effects of climate change affecting the physical, chemical and biological systems of the living environments of our societies. This article aims to analyze the climatic, meteorological and pedological data of the Ati plain in the heart of the Chadian territory to know the correlation between climatic variability and the construction of barchans in the agricultural plots of this Sahelian zone, which is straddles zones of climatic extremes, that is to say, both bordering the Saharan strip (with rainfall varying between 150 mm and 50 mm/year) and rainy Sudanian latitudes (600 and 1800 mm/year).

Key words: *climate change, agricultural practices, barchans, Ati plain, Chad*

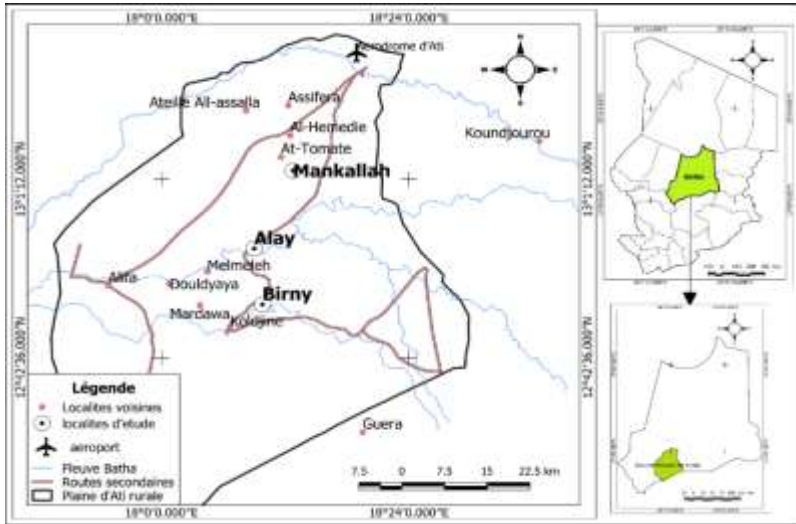
Introduction

La zone sahélienne tchadienne subit depuis plus de trois décennies des mutations induites par le changement climatique. La plupart de ces mutations sont attribuées à l'augmentation de la température devenue insupportable et à la variabilité spatiotemporelle de la pluie. Le Sahel tchadien se caractérise par l'augmentation de l'évapotranspiration consécutive à l'augmentation significative de la température au cours de ces dernières décennies, considérées comme des décennies caniculaires. Cette situation a aggravé et accéléré un processus de dégradation des sols déjà sensibles (FAO, 2004), mais également par des inondations dévastatrices dont les eaux de ruissellement lessivent les sols de leurs éléments nutritifs.

Les paramètres climatiques en relation avec bien d'autres conduisent les sols dans cette partie du Tchad à leur dégradation temporaire ou même définitive (Djémon, 2020 : 51-62). En effet, la dégradation des sols peut résulter de la suppression ou de l'élimination du biote par des actions aussi bien délibérées qu'involontaires ; elle peut également provenir de la réduction de la porosité du sol par une modification de la structure due au compactage par le passage répété des animaux transhumants et domestiques (Djémon, 2019 : 60-70). Elle peut tenir de la troncature des sols par érosion éolienne et par des eaux courantes. Robinson (2013 : 1023-1033) parle de changement de la santé du sol réduisant ainsi la capacité de l'écosystème à fournir des biens et des services aux bénéficiaires.

Zone agropastorale, la plaine d'Ati a connu une modification régulière et constante suite au changement climatique. La figure 1 ci-après localise la zone d'étude où plusieurs stratégies d'adaptation se bousculent sur des parcelles agricoles allant des savoir-faire locaux aux connaissances scientifiques innovantes vulgarisées par les ONG œuvrant dans le domaine de développement rural.

Figure 1. Localisation de zone d'étude



La plaine d'Ati est localisée entre le 13°24'11" de latitude Nord et le 18°27'36" de longitude Est. Elle est située au Centre-ouest dans la province du Batha, au Tchad. Cette zone est limitée à l'Est par la Sous-préfecture de Koundjourou, à l'Ouest par la Sous-préfecture rurale de Mongo, au Nord par le Département de Wadi-Rimé (Djédaà), et au Sud par le Département du Fitri (Yao). Elle couvre une superficie de 99373 ha pour une population estimée à 61 393 habitants avec une densité de 1,6 hbts/km². Avec un taux d'accroissement moyen annuel de 3,3%, la plaine compte de nos jours 61 392 habitants aujourd'hui (Projections RGPH II, 2009). C'est une population majoritairement rurale dont les activités principales sont l'agriculture, l'élevage et le commerce.

Axée sur deux saisons contrastées comme dans tout le territoire tchadien, la plaine d'Ati voit ses débuts de saisons de pluie en mois de juin avec un pic en août. Les pluies évoluent généralement depuis les dérèglements climatiques en dents de scie, obligeant la population résidente à récidiver le temps de semi et à modifier les techniques agricoles en termes de résilience. Les diagnostics sur l'évolution des paramètres climatiques à l'échelle d'un territoire ou d'une région constituent une préoccupation

majeure tant pour les scientifiques que pour les acteurs territoriaux (Faye *et al.*, 2015 : 17-35). La fin de la saison de pluies et le début de la saison sèche se situe à cheval entre la seconde quinzaine du mois de septembre et la première quinzaine du mois d'octobre, totalisant ainsi 4 mois de pluies. Compte tenu du temps de pluviosité très court, la température moyenne maximale de cette localité oscille entre 40 à 43,5°C. La température moyenne minimale en mois de janvier est de 12,9 °C.

La végétation est composée généralement d'*Acacia seyal*, *Acacia senegal*, *Azadirachta Indica*, *Acacia albida*, *Balanites egyptiaca* sinon de façon stratifiée, la strate ligneuse est constituée d'*Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*, *Acacia mellifera*, *Balanites aegyptiaca* et *Zizyphus mauritiana*. La strate herbacée est dominée par *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis*, *Brachiaria deflexa*, *Aristida mutabilis* et *Eragrostis tremula* sous lesquels trois types de sols sont distingués à savoir : sablonneux, limoneux et les vertisols (ANADER, 2020).

1. Matériels et méthode

Le matériel utilisé pour cette étude est composé du GPS Garmin pour les levés des coordonnées géographiques, d'un appareil téléphone Android dont la caméra a servi pour les prises de vue ; mais également d'un guide d'entretien qui a permis de connaître la population de la zone d'étude et ses activités diverses. Pour ce qui est de la méthodologie, l'observation de terrain a été la première approche utilisée dans cette étude. Plusieurs observations de terrains ont permis de découvrir le milieu naturel, de faire l'état des lieux afin de mieux apprécier c'est-à-dire de faire un recoupement des informations d'origine diverse au sujet du terroir.

Les fiches établies à l'attention de la population sont constituées des questions fermées, questions semi-fermées et les questions ouvertes portant sur la perception locale de la variabilité pluviométrique, ses effets et les stratégies d'adaptation à ce changement développées dans les terroirs concernés. Les populations résidentes ont constitué pour nous des témoins oculaires des changements aussi bien climatiques que pédologiques intervenus dans leur milieu de vie. Pour ce faire nous avons mené un entretien direct avec 140 personnes âgées de plus de 50 ans et ayant résidé d'au moins 20 ans dans le terroir.

L'indice de J.C. Nicholson (1994) ou indice pluviométrique (I_p) est cette variable centrée et réduite qui traduit l'écart de la pluie d'une année i à la pluie moyenne de la période considérée par rapport à l'écart type. Lequel écart traduit soit des déficits soit des excédents pluviométriques annuels de la série climatique. La contingence des périodes excédentaires ou déficitaires met en exergue les changements climatiques de cette série considérée. Cet indice dit de Nicholson s'exprime dans l'équation suivante :

$$I_p = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma(X)}$$

Où

I_p = anomalie centrée réduite pour l'année i

X_i = la valeur de la variable d'une année

\bar{X} = la moyenne de la série de l'étude (1993-2022)

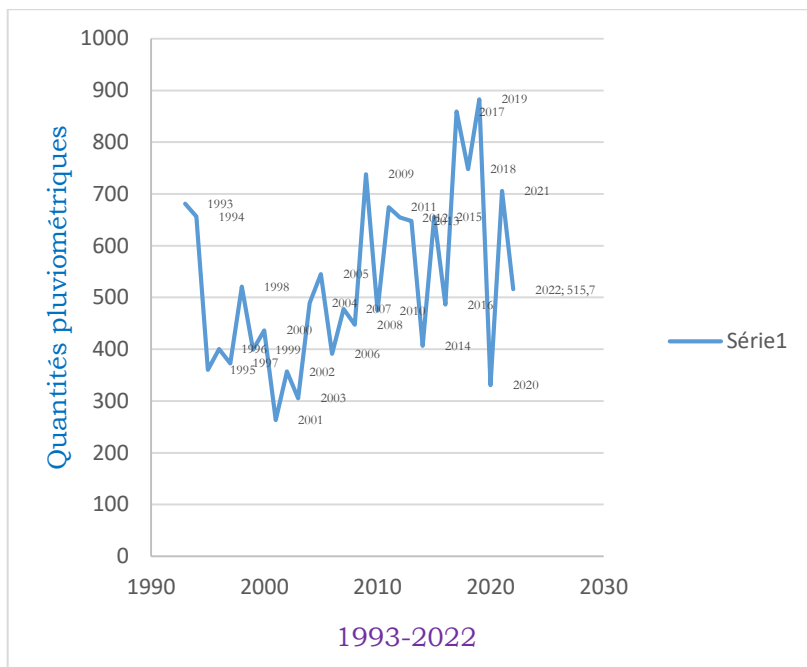
$\sigma(X)$ = l'écart-type de la série (1993-2022)

L'indice pluviométrique permet ainsi de caractériser les années sèches et humides. Les données statistiques portant sur la pluviométrie et les températures sur une échelle temporelle de 30 ans (1993-2022) ont constitué la base de cette étude. Utilisant la formule de Nicholson, nous sommes parvenus à la compréhension de l'impact de la variabilité climatique sur les sols de la zone sahélienne tchadienne déjà au seuil du stress hydrique.

2. Résultats et discussion

Le continent africain connaît depuis les années 1970 de forts déficits pluviométriques et des phénomènes climatiques extrêmes (Faye *et al.*, 2015). L'Afrique constitue le continent le plus vulnérable aux effets néfastes des changements et variabilités climatiques (GIEC, 2007). Boko *et al.*, (2012) ; GIEC (2020) confirment que les effets les plus perceptibles sont entre autres la baisse des précipitations et la hausse des températures dans les régions arides et semi-arides. La figure 2 ci-dessous illustre parfaitement ce dérèglement climatique dont les effets ne cessent de s'aggraver du jour au lendemain.

Figure 2. Variabilité pluviométrique interannuelle à Ati



Source : Direction de la météorologie/N'Djamena, 2023

De manière globale, cette figure montre une fluctuation pluviométrique interannuelle très marquée. C'est donc une évolue en dents de scie. Sur cette graphique, on remarque que les années 1993, 1994 sont excédentaires, alors que les années 1995, 1996, 1998, jusqu'à 2008 restent déficitaires. Le retour intermittent de 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017, 2018 et 2019 à des conditions normales de pluies masque cette irrégularité de pluies. La décennie 2009-2019 est particulièrement humide, l'indice est partout positif pour les différentes années. Les années 1995, 1996, 2001, 2002, 2004, 2014, et 2020 sont considérées sèches. Cela ne s'explique pas par une absence totale de pluie mais que

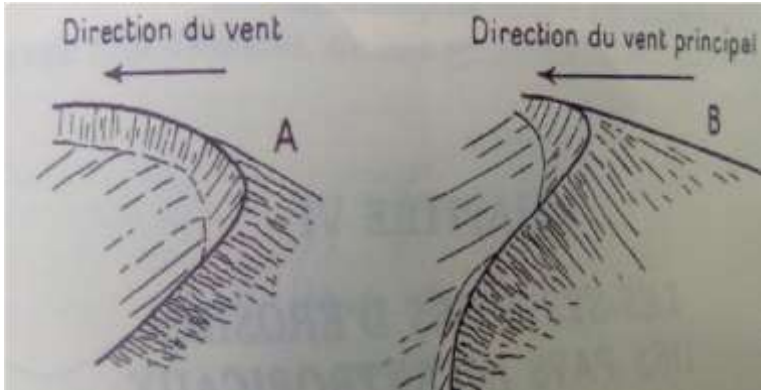
la quantité tombée est inférieure à la moyenne de la série considérée. La tendance globale ici est déficitaire.

La même situation est évoquée par (Bédoum et al, 2013 : 187-208 et 2014 : 13-30). En effet, ces auteurs ont précisé que depuis la sécheresse des années 70, un déficit des données pluviométriques est observé dans toute la bande sahélienne et particulièrement au Tchad où les effets marquent encore le paysage. Ainsi, les changements climatiques ont entraîné une dégradation généralisée non seulement des structures et des fonctions des écosystèmes, mais également de leur résilience et de leur capacité d'adaptation naturelle avec des conséquences socio-économiques néfastes (GIEC, 2022). Les mêmes remarques ont été faites par Gouataine Seingué (2014 : 32-39) mais aussi par Gouataine Seingué et Baohoputou (2015 : 93-109).

Les barkhanes dunaires

La barkhane est une jeune dune formée par un régime de vents dominants. Elle a un profil en trois sections : une section au vent, par où se fait l'accumulation et qui est en pente douce ; cette section se termine brusquement comme un tranchant, d'où le nom *sif* (sabre) donné dans le Sahara à la crête. La seconde section, en pente très raide, est le talus de retombée des sables, sous le vent ; mais une troisième partie, en pente moyenne, est due au placage, par le tourbillon de retour (par le « rouleau ») contre la pente de retombée du sable qui justement remonte du haut du *sif*. La présence des barkhanes s'identifie à l'absence du sol, à l'installation du désert et à la présence permanente du vent, comme on peut le constater sur la planche 1.

Planche 1. *Barkhanes formées par le vent dans le désert*



Source : Djémon, 2023

Cette forme de dunes a dû inspirer le nom d'un mouvement militaire de riposte contre le Djihadisme dans le Sahel. L'opération barkhane qui a regroupé les forces militaires françaises et celles du G5 Sahel (Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger et Tchad), doit son nom à la forme de demi-lune (demi-cercle), susceptible d'encercler ces bandits de grands chemin qui infestent la bande sahélienne.

Si dans le désert sableux, des chaînes de dunes de diverses formes se partagent l'étendue des espaces susceptibles de les abritées, dans le Sahel et précisément dans les plaines d'Ati au centre du Tchad, des demi-lunes identiques aux barkhanes, parsèment les parcelles agricoles, délibérément construites suivant le savoir-faire local pour réduire l'intensité des ruissellements.

L'emprise de l'homme sur la planète engendre des formes artificielles d'autant plus importantes que les hommes sont plus nombreux et que leurs techniques sont plus puissantes et novatrices. Longtemps on a pu considérer que son action s'exerçait surtout par la mise en culture ou en pâture, mais on se rend compte aujourd'hui qu'elle peut, suite au changement climatique des dernières décennies, bouleverser la nature par des effets induits et des constructions somme toute artificielles.

Perception paysanne de l'évolution du climat

La perception paysanne des changements climatiques désigne la façon dont les paysans voient le processus d'évolution du climat dans le temps. Elle occupe une place importante dans le contexte d'élaboration des stratégies d'adaptation aux changements et variabilités climatiques (Ngana et al, 2013 : 303-312). Le changement du calendrier agricole, la multiplicité des variétés surtout précoces recommandées par les ONGs de développement rural, constituent pour les paysans une alerte au changement climatique tant décrié par les chercheurs. Les pratiques ancestrales qui consistaient à lire le ciel et d'orienter les activités agricoles sont de nos jours mises à mal par les effets du changement climatique. Les premières averses ne commencent plus en juin dans la plaine d'Ati comme par le passé, faisant place à une température torride qui cuit les horizons superficiels du sol. La carapace durcie par cet encroutement renvoie environ 80% des eaux tombées, pour une infime partie qui s'infiltré dans le sol. Les paysans de la plaine d'Ati affirment que depuis plus de 20 ans, le soleil semble descendre plus proche au-dessus de leur terroir car, même pendant la saison de pluies il fait extrêmement chaud, ce qui retarde les semis jusqu'en juillet. Mais force est de constater que les quantités pluviométriques diminuent corrélativement et sont mal réparties suivant la latitude. Ce qui se rattache bien à la perception des paysans décrite par Ogouwalé (2006) selon laquelle, le changement climatique se manifeste par le démarrage tardif et/ou une mauvaise répartition et la baisse des hauteurs de pluies. Ce dernier paramètre (baisse de quantité pluviométrique) a un impact diversifié car la brièveté des pluies ne permet pas le développement adéquat de fourrage pour l'alimentation du bétail.

Le ruissellement intensif : cause de la construction de barkhanes dans les champs

Le ruissellement est la circulation de l'eau qui se produit sur les versants en dehors du réseau hydrographique lors d'un événement pluvieux. Sa concentration provoque une montée rapide des débits des cours d'eau, pouvant être amplifiée par la contribution des nappes souterraines. L'érosion par le ruissellement peut rester superficielle ou creuser des

rigoles et même des ravins, qui s'étendent vers l'amont par érosion régressive. Sa gravité ne dépend pas tellement du total des précipitations, mais de leur intensité momentanée, c'est-à-dire de la tranche d'eau tombée par unité de temps qui est le millimètre à la demi-heure. Les solutions se situent donc à plusieurs niveaux. Dans les parcelles agricoles, elles sont à mettre en œuvre par les agriculteurs eux-mêmes, conseillés par les organismes professionnels. Hors des parcelles agricoles, elles relèvent d'une gestion collective, mise en œuvre avec l'aide des directions départementales de l'agriculture et de la forêt.

La construction manuelle des barkhanes dans les parcelles agricoles

En effet, l'ONG Fikirna (*"on a réfléchi"* en arabe tchadien), a développé plusieurs mesures d'atténuation des effets de la variabilité pluviométrique dans la province du Batha. Parmi les stratégies d'adaptation, la technique de "la demi-lune" pour diminuer l'intensité des ruissellements et maintenir l'eau dans les champs, retient notre attention. La demi-lune est une technique agricole visant à déblayer la terre de bassins de quelques mètres, pour former de monticules en formes demi-lunes. Cette stratégie vise à concentrer les précipitations, réduire les ruissellements et donc de garder les terres encroutées humides pendant longtemps pour les cultures, comme on peut le remarquer sur la photo 1.

Photo 1. Construction des demi-lunes, barrière aux ruissellements



X : 18° 15'18" Y : 12° 39'58" Z : 368m

Source : Brahim Abakar Août 2022

En effet, la baisse de la pluviosité caractérisée par une hausse de température caniculaire assèche les sols à des profondeurs importantes, même après quelques épisodes de précipitations pluvieuses. La situation s'avère encore grave lorsque le peu d'eau tombée ruissèle plus que la quantité qui s'infiltré dans le sol pour permettre aux paysans de vaquer aux activités nourricières à l'exemple de l'agriculture. Les travaux d'Agossou (2008) et de Dimon (2008) réalisés respectivement dans le Centre et le Nord du Bénin ont mis en exergue l'importance de la prise en compte des perceptions individuelles des producteurs dans l'étude des stratégies d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur agricole.

C'est dans le terroir de Birny où les quantités pluviométriques annuelles (456 mm en moyenne) ruissellent plus qu'elles ne s'infiltrent que l'ONG Fikirna encadre des femmes et hommes à la mise sur place de cette technique qui rappelle les barkhanes du désert. Dans cette localité, les besoins alimentaires de la population ne sont pas satisfaits, conduisant ainsi ces derniers à l'adoption de quelques stratégies pour pallier le déficit alimentaire (Gouataine Seingué et al, 2019 : 161-174) ; Ces résultats sont

identiques à ceux obtenus par Djohy *et al.* (2017 : 281-286), Boko *et al.* (2012), lesquels reconnaissent l'impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois. Pareils résultats ont couronné l'étude de Kabore *et al.* (2017 : 82-95), caractérisant la variabilité climatique dans la région du centre-nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015.

Sur la même lancée, Gnangle *et al.* (2011 : 27-41), et Vissin (2007) ont rapporté que la région septentrionale du Bénin a enregistré au cours des dernières décennies une augmentation des températures et une instabilité des quantités d'eau précipitées. Etant donné que cette variabilité climatique a marqué toute l'Afrique au sud du Sahara, Ces résultats sont également confirmés par d'autres études réalisées au Sénégal et notamment dans la région de la Casamance par Bodian *et al.* (2012 : 109-125), Bodian (2014 : 297-312), Bodian *et al.* (2016 : 433-438) et par Faye *et al.* (2015 : 17-35), Bambara *et al.* (2019 : 1-22) traitant de la variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso, ont révélé la sensibilité de la région aux changements et variabilités climatiques notamment à la baisse des volumes d'eau précipités et à la hausse des températures. GIEC (2020) et Vissin (2007) respectivement dans changement climatique et les terres émergées et Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger ont pointé du doigt les mêmes impacts. Sambou *et al.* (2018 : 61-78) dans leur étude axée sur la République de la Guinée, du Sénégal et de la Guinée Bissau, sont parvenus aux mêmes résultats. Nos résultats cadrent également à ceux de Boubacar *et al.*, (2021 : 203-214) selon lesquels, la déviation du courant d'eau de ruissellement à travers la pose des sacs de sable et la confection de digue ; la réduction de la vitesse de ruissellement des eaux par le paillage et l'enfouissement des branchages ; enfin le stockage de l'eau dans le sol grâce à l'élaboration des cordons pierreux et la confection des diguettes.

Conclusion

L'impact du changement climatique sur les sols agricoles dans la plaine d'Ati a été la problématique de cette étude. L'objectif global était d'analyser et de déterminer les effets négatifs de ce dérèglement

climatique sur les sols dans cette partie du Tchad. Il ressort de cette analyse que le dérèglement climatique a marqué les populations rurales en transformant leur capital nourricier qui est le sol soit en de banc de sable, soit en des sols indurés et lessivés. Et comme le changement climatique se caractérise par un déficit pluviométrique accompagné de température caniculaire ou soit par un excès de pluies donnant lieux aux inondations destructrices, les deux cas se permutant dans la plaine d'Ati ont conduit la population résidente à des stratégies d'adaptation d'où la construction des barkhanes dans les parcelles agricoles pour retenir les eaux de ruissellement. De ce qui précède, un appui gouvernemental à l'endroit des paysans pourrait permettre à ces derniers de vivre cette résilience en attendant le retour ou du moins la stabilité climatique qui s'identifie de nos à un véritable mythe.

Références bibliographiques

Agossou D., (2008) - Perceptions, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs des communes de Glazoué et de Savalou au Centre du Bénin aux changements climatiques. Cotonou : Thèse d'ingénieur agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 132 p

Bambara, D., Sawadogo, J., Kabore, O. & Bilgo, A. (2019), Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 19 (1) : 1-22, <https://doi.org/10.4000/vertigo.24384>

Bedoum A., Clobite B., Mbanghoguinan A., Issak A., Baohoutou L., Variabilités climatiques et ruptures dans les séries de précipitations en République du Tchad, *Rev. Iv. Sci. Tech.*, 21, (2013), 187-208.

Bedoum A., Clobite B., Mbanghoguinan A., Issak A., Baohoutou L., Impact de la variabilité pluviométrique et de la sécheresse au sud du Tchad : effets du changement climatique, *Rev. Iv. Sci. Tech.*, 23 (2014), 13-30.

Bodian, A., Bacci, M. & Diop, M. (2016), Impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin de la Casamance.

Association Internationale de Climatologie, Lausanne, Besançon, 433-438.

Bodian, A. (2014), Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'Ouest). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, 8 : 297-312.

Bodian, A., Dezetter, A. & Dacosta, H. (2012). Apport de la modélisation pluie-débit pour la connaissance de la ressource en eau : application au haut bassin du fleuve Sénégal. *Climatologie*, 9 : 109-125.

Boko, M., Kosmowski, F. & Vissin, W.E. (2012), Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin : Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest. *Konrad-Adenauer-Stiftung*, Bénin, 65 p.

Boubacar S., Razinatou Y. A, Mahamadou I. S., (2021), Perceptions paysannes du changement climatique et stratégies d'adaptation employées, *Agronomie Africaine* 33 (2) : 203 - 214

Djémon M., Maoudombaye T. et Djimouko S., (2020), « impact de l'exploitation du pétrole de Doba (Tchad) sur le sol et les eaux de surface ». *Afrique SCIENCE* 16(1) (2020) 51-62.

Djémon M., « impact de l'élevage sentimental dans les savanes tchadiennes : le cas de la province du Logone Occidental », *Afrique SCIENCE*, 15(4) (2019) 60-70

Dimon R., 2008 - Adaptation aux changements climatiques : perceptions, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles des communes de Kandi et de Banikoara au Nord du Bénin. Cotonou : Thèse d'ingénieur agronome, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey Calavi, 132 p

Djohy, G.L., Totin, V.S.H., Kinzo, N.E., Sinwongou, M.A., Avahouin, C.N.N., Akplogan, K.N. & Doumahoun, D.S.E. (2017), Extrêmes climatiques dans le domaine soudanien au Bénin : étude comparée des perceptions populaires et des données climatologiques de l'ASCENA. Colloque de l'AIC, Université de Sfax, Tunisie, 281-286.

Faye, C., Sow, A.A. & Ndong, J.B. (2015), Étude des sécheresses pluviométriques et hydrologiques en Afrique tropicale : caractérisation et cartographie de la sécheresse par indices dans le haut bassin du fleuve Sénégal. *Physio-Géo, Géographie physique et environnement*, 9 : 17-35

GIEC (2022), Changement climatique 2022 : Impacts, adaptation et vulnérabilité. Résumé pour les décideurs. Deuxième partie du sixième rapport d'évaluation du GIEC, 35 p.

GIEC (2020), Changement climatique et terres émergées. Résumé à l'intention des décideurs. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 36 p.

GIEC (2007), *Bilan des changements climatiques*. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Genève, Suisse, 103 p.

Gnangle, C.P., Glele Kakaï, R., Assogbadjo, A.E., Vodounnon, S., Yabi, J.A. & Sokpon, N. (2011), Tendances climatiques passées, modélisation, perceptions et adaptations locales au Bénin. *Climatologie*, 8 : 27-41.

Gouataine Seingué R., Reounodji F. et Djémon M., impact des variabilités climatiques sur la sécurité alimentaire dans la plaine de Bongor au Tchad, effets du changement climatique, Rev. Iv. Sci. Tech., 33 (2019), 161-174.

Institut National de la Statistique, d'Etude Economique et Démographique (INSEED), (2009), 2ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2), Résultats globaux, imprimerie du Tchad, 66 p.

Kabore, P.N., Ouedraogo, A., Sanon, M., Yaka, P. & Some, L. (2017), Caractérisation de la variabilité climatique dans la région du centre-nord du Burkina Faso entre 1961 et 2015. *Climatologie*, 14 82-95.

Ngana, F et al. (2013), « Météorologiques traditionnelle et activités rurales chez les Mandja de Sibut, république centrafricaine » Œuvre de département de Géographie. Université de Bangui. Géo- Eco-Trop., 2013, 37,2 : 303-312.

Ogouwalé E., (2006), Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Cotonou : Thèse de Doctorat, LECREDE/ FLASH/ EDP/ UAC, 302p.

Organisation Mondiale pour l'alimentation et l'Agriculture (FAO). Collection FAO : Agriculture, n°26. ISBN 92-5-203360-2 ROME 1993 (2004) 14 p.

Robinson J.S., (2013) Natural capital and ecosystem services, developing and appropriate soils framework as a basis for valuation. Soil biology and biochemistry 57 : 1023-1033.

Sambou, S., Dacosta, H. & Paturel, J.E. (2018), Variabilité spatio-temporelle des pluies de 1932 à 2014 dans le bassin versant du

fleuve Kayanga/ Gêba (République de Guinée, Sénégal, Guinée Bissau).
Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement, 12 : 61-78.

Vissin, W.E. (2007), *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger*. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, France, 310