



Perception du changement climatique et son impact sur l'agriculture dans l'éco-région Ubanguienne, République Démocratique du Congo.

Ruphin DJOLU DJOZA^{1,*}, Colette MASENGO ASHANDA², Modeste NDABA MODEAWI³, Samuel DONDO KOYASA⁴, Laurent GBANZO KONGA⁴, Mardochée MONGA SEMINE⁴, Nathan BULABA MAJAMBU⁴, Moïse MBINGU LUKOVI⁴, Monizi MAWUNU⁵

- 1 Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Gbado-Lite, Gbado-Lite, République démocratique du Congo
- 2 Section Biologie Médicale, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa, Kinshasa, République démocratique du Congo
- 3 Faculté des Sciences Sociales, Politiques et Administratives, Université de Gbado-Lite, Gbado-Lite, République démocratique du Congo
- 4 Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, République démocratique du Congo
- 5 Departamento de Agronomia do Instituto Politécnico da Universidade Kimpa Vita, Uíge, República de Angola.

Article History

Submitted: 03/06/2024

Accepted: 26/06/2024

Published: 16/07/2024

Résumé

La présente étude a pour objectif l'enquête sur la perception du Changement Climatique et son impact sur l'Agriculture dans l'Eco-région Ubanguienne en République Démocratique du Congo. La méthode d'échantillonnage stratifié probabiliste a été utilisée. La majorité des enquêtés étaient des hommes (64,0%) avec un niveau Secondaire, dont 59,5% étaient des Agriculteurs, pour la plus part mariés (74,5%). Les enquêtés étaient majoritairement Ngbandi (23,0%). 59,0% des répondants estiment que l'impact est élevé. La majorité (96,5%) des répondants avaient conscience des effets du changement. 59% des répondants ont estimé que l'impact de changement climatique sur l'agriculture était élevé. Parmi ces changements, 52,7% des répondants ont modifié les cultures cultivées. Les principales préoccupations des répondants incluent la dégradation des terres agricoles (35,5%), la perte de revenus agricoles (34,0%), et la sécurité alimentaire (30,0%), tandis que 0,5% ont mentionné d'autres préoccupations.

Keywords:

Changement Climatique, Agriculture, Eco-région Ubanguienne, RD. Congo

Abstract

The aim of this study was to investigate the perception of climate change and its impact on agriculture in the Ubanguienne eco-region of the Democratic Republic of Congo. The stratified probability sampling method was used. The majority of respondents were men (64.0%) with secondary education, of whom 59.5% were farmers, most of whom were married (74.5%). The majority of respondents were Ngbandi (23.0%). 59.0% of respondents felt that the impact was high. The majority (96.5%) of respondents were aware of the effects of the change. 59% of respondents felt that the impact of climate change on agriculture was high. Of these changes, 52.7% of respondents had modified the crops grown. Respondents' main concerns included degradation of agricultural land (35.5%), loss of farm income (34.0%), and food security (30.0%), while 0.5% mentioned other concerns.

Keywords:

Climate change, Agriculture, Ubangi Eco-Region, DR. Congo

* Corresponding Author:
Ruphin Djolu Djoza, djoluruphin@gmail.com
Tel.: +243 811436980

1. Introduction

Le changement climatique constitue l'une des menaces majeures pour l'agriculture, notamment dans les régions tropicales comme l'Afrique, et plus spécifiquement en République Démocratique du Congo (RDC). La variabilité climatique, avec ses phénomènes extrêmes tels que les sécheresses, les inondations, et les modifications des schémas de pluie, perturbe considérablement les cycles agricoles, affectant ainsi la production alimentaire et la survie des populations riveraines. Dans ce contexte, la question qui se pose est la suivante : comment les variations climatiques influencent-elles la production agricole et la survie des populations locales ? Cette problématique revêt une importance particulière en RDC, un pays où l'agriculture reste le pilier de l'économie, particulièrement pour les communautés rurales.

En Afrique, les conditions climatiques extrêmes sont de plus en plus fréquentes et sévères. Selon diverses études (Sop et al., 2010 ; Rasmussen et al., 2001 ; Nicholson et al., 1998), les changements dans la distribution des précipitations, l'intensification des sécheresses et des inondations, ainsi que l'augmentation des températures, perturbent gravement les cycles agricoles et affectent la sécurité alimentaire des populations.

Au Burkina Faso, par exemple, plusieurs études (Sarr et al., 2015 ; Nielsen et Reenberg, 2010) montrent que les populations locales perçoivent le changement climatique à travers des phénomènes tels que la baisse des précipitations, l'irrégularité des saisons des pluies, le démarrage tardif de la saison des pluies, et des périodes de sécheresse prolongées. Le Programme d'action nationale d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA) du Burkina Faso ne souligne également que les sécheresses dues à la baisse des précipitations et leur répartition inégale, ainsi que les inondations dues à de fortes pluies exceptionnelles, sont parmi les principaux chocs climatiques observés (Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 2007). Ces phénomènes ont eu un impact direct sur les récoltes, la qualité des sols et la productivité agricole.

Les agriculteurs kényans ont également observé une augmentation des températures moyennes, une réduction des pluies et des séquences sèches plus longues au cours des 20 dernières années, avec des conséquences similaires sur les rendements agricoles (Bryan et al., 2013).

Dans les régions côtières du Bangladesh, les agriculteurs constatent une récession des précipitations, une hausse des températures, et une augmentation de la fréquence des

cyclones et des inondations depuis les deux dernières décennies (Uddin et al., 2017). Les agriculteurs ouest-africains (Mertz et al., 2010) attribuent la baisse de leur production agricole à la combinaison de moindres pluies, de températures élevées et de vents violents, avec des impacts variant de 30 à 50 % en fonction des cultures et des zones géographiques.

En République Démocratique du Congo, le changement climatique a exacerbé les vulnérabilités existantes liées à l'agriculture de subsistance et à la faible capacité d'adaptation des communautés rurales. Les infrastructures limitées, l'accès restreint à la technologie agricole, ainsi qu'une dépendance croissante à l'agriculture pluviale, rendent ces populations particulièrement sensibles aux impacts climatiques.

Les impacts du changement climatique incluent la dégradation des terres agricoles, la perte de revenus et une insécurité alimentaire croissante, menaçant directement la survie des populations locales. Ces phénomènes sont amplifiés par des systèmes agricoles peu résilients et par l'absence d'infrastructures adéquates pour la gestion de l'eau, l'irrigation ou le stockage des récoltes.

Pour atténuer les effets du changement climatique sur l'agriculture, plusieurs solutions sont envisagées, telles que l'adoption de techniques agricoles durables et l'accès accru au crédit agricole. De plus, des formations spécifiques et des sensibilisations aux pratiques agricoles adaptées aux nouvelles conditions climatiques sont essentielles. L'assistance technique et le développement des infrastructures de gestion de l'eau sont également cruciaux pour renforcer la résilience des communautés agricoles face aux variations climatiques.

Le principal objectif de cette étude est d'examiner la perception du changement climatique et son impact sur l'agriculture dans l'éco-région Ubanguienne en République Démocratique du Congo. Cette étude cherchera à identifier comment les communautés rurales de cette région perçoivent les impacts du changement climatique, quelles sont les stratégies d'adaptation qu'elles ont mises en place, et quels facteurs déterminent leur capacité à s'adapter à ces nouvelles réalités climatiques.

En outre, l'étude s'intéressera à la manière dont les politiques publiques et les initiatives locales peuvent soutenir les populations rurales dans la gestion de ces impacts et favoriser une agriculture résiliente et durable dans un contexte de changement climatique.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Description du milieu d'étude

L'étude a été menée dans la ville de Gbado-Lite (Latitude : 4° 16' 41" Nord ; Longitude : 21° 00' 18" Est ; Altitude : 300-500 m au-dessus de la Mer). La ville de Gbado-Lite (Figure 1) est située dans l'écorégion Ubanguienne, un sous ensemble appartenant aux forêts congolaises du nord-est (*Northeastern Congolian lowland forests*). Cette écorégion fait partie des 200 écorégions terrestres prioritaires sur le plan global dites les « G200 » (Olson *et al.*, 1998; PARAP, 2015).

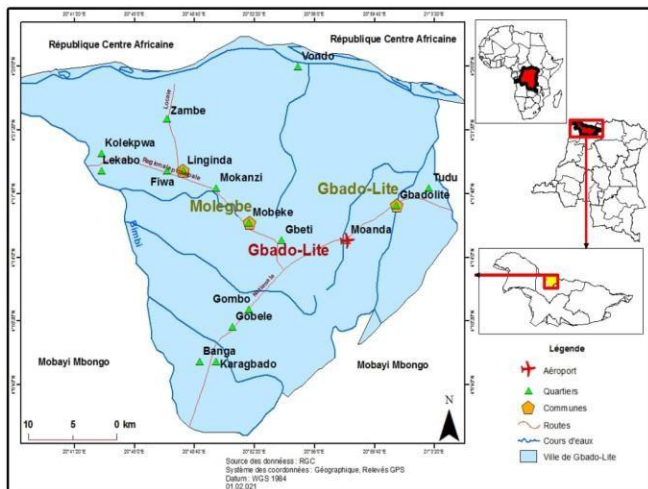


Figure 1. Localisation de la ville de Gbado-Lite

2.2. Méthode

L'enquête a été réalisée dans l'écorégion Ubanguienne selon les principes repris dans la déclaration d'Helsinki. La méthode d'échantillonnage stratifié probabiliste a été utilisée comme précédemment décrit (Ngbolua *et al.*, 2020 ; Masengo *et al.*, 2021). Elle consiste à diviser la zone d'étude (Eco-région Ubanguienne) en différentes strates, représentées ici par les trois Communes de la ville Gbado-Lite (Gbado-Lite, Molegbe et Nganza). Le questionnaire d'enquête administré aux enquêtés comprenait deux parties : (1) données sociodémographiques : sexe, âge, groupe socio-culturel, niveau d'études, profession et statut matrimonial ; (2) perception du changement climatique ; connaissance de l'impact sur l'agriculture ; adaptation agricole ; sensibilisation et éducation ; préoccupation et besoins. L'interview a été faite en langue locale (Lingala).

La Figure 2 montre la façon dont se déroulait l'enquête sur terrain.



Figure 2. Enquête sur terrain

3. Résultats

3.1. Caractéristiques Sociodémographiques

Les tableaux 1 donnent les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Tableau 3.1. Paramètres Socio-démographiques

Age	Médian (IQR)	38 ans	(36-40 ans)
Variables	Modalités	n (200)	%
Tranche d'âge	>50 ans	34	17,0
	18-35 ans	80	40,0
	36-50 ans	86	43,0
Sexe	Féminin	72	36,0
	Masculin	128	64,0
Niveau d'étude	Analphabète	17	8,5
	Primaire	20	10,0
	Secondaire	105	52,5
	Universitaire	58	29,0
Profession	Agriculteur	119	59,5
	Commerçant	19	9,5
	Enseignant	31	15,5
	Fonctionnaire	31	15,5
Etat civil	Célibataire	28	14,0
	Divorcé	8	4,0
	Marié	149	74,5
	Veuf	15	7,5

L'âge médian des enquêtés était de 38 ans avec un intervalle de confiance de (36-40 ans). La majorité de nos enquêtés sont des hommes, soit 64,0% par rapport aux femmes qui représentent 36,0%. 52,5% des enquêtés ont un

niveau Secondaire, suivi de ceux qui sont des Universitaires, 29,0%, 10,0% ont un niveau primaire et 8,5% sont des Analphabètes. 59,5% des enquêtés sont des Agriculteurs, suivi des Enseignants et des fonctionnaires 15,5% chacun et enfin les Commerçants qui représente 9,5%. La majorité des enquêtes sont des Mariés, soit 74,5%, suivi des célibataires 14,0%, des veuf(ve) 7,5% et enfin des Divorcés qui représente 4,0%.

3.1.1. Tribus

Le tableau 2 donne la répartition des enquêtés par rapport à leurs tribus

Tableau 2 Différentes tribus des enquêtés

Tribu	Frequency	Percent
Boba	5	2,5
Fulu	18	9,0
Gobu	1	,5
Kpala	1	,5
Libinza	5	2,5
Luba	4	2,0
Mbanza	17	8,5
Mbuza	13	6,5
Mono	10	5,0
Mukongo	3	1,5
Ngbaka	23	11,5
Ngbandi	46	23,0
Ngbubu	10	5,0
Ngombe	35	17,5
Pakabete	3	1,5
Swahili	2	1,0
Togbo	2	1,0
Zande	2	1,0
Total	200	100,0

Le tableau présente la répartition des répondants à l'enquête sur l'effet du changement climatique sur l'agriculture dans la province du Nord Ubangi en fonction de leur tribu, montrant une variabilité significative dans la représentation des différentes tribus. Les Ngbandi (23,0%) et les Ngombe (17,5%) sont les plus fortement représentés, tandis que des tribus comme le Swahili, le Togbo et le Zande sont sous-représentées avec seulement 1% chacune. Cette concentration parmi certaines tribus peut influencer de manière disproportionnée les résultats de l'enquête, soulignant

l'importance de considérer la diversité ethnique régionale lors de l'analyse des données pour éviter les biais et mieux comprendre les impacts du changement climatique sur les pratiques agricoles à travers les différentes communautés de la province.

3.2. Caractéristiques liées à l'ampleur et Impact de Changement Climatique

Le tableau 3 donne les caractéristiques liées à l'ampleur et impact de changement climatique

Tableau 3. Les caractéristiques liées à l'ampleur et impact de changement climatique

Variables	Modalités	n (200)	%
Ampleur	Elevé	118	59,0
	Faible	18	9,0
	Modéré	64	32,0
Impact sur l'agriculture	Non	7	3,5
	Oui	193	96,5
Type d'impact	Modalités	n (193)	%
	Augmentation des températures	66	34,2
	Autres	8	4,2
	Modification des schémas de pluie	90	46,6
	Phénomènes météorologiques extrêmes	29	15

Le tableau présente les résultats d'une enquête sur l'impact du changement climatique sur l'agriculture, avec plusieurs variables clés. Concernant l'ampleur de l'impact, 59,0% des répondants estiment que l'impact est élevé, tandis que 32,0% le jugent modéré et seulement 9,0% le trouvent faible. En ce qui concerne l'impact général sur l'agriculture, une grande majorité de 96,5% des répondants considère que le changement climatique a un effet, contre seulement 3,5% qui ne le croient pas. Parmi ceux qui ont identifié un impact, 46,6% soulignent des modifications des schémas de pluie, 34,2% mentionnent une augmentation des températures, 15% signalent des phénomènes météorologiques extrêmes, et 4,2% évoquent d'autres impacts. Cette répartition des réponses montre une reconnaissance majoritaire des effets significatifs du changement climatique sur l'agriculture, avec une préoccupation particulière pour les changements dans les schémas de pluie et l'augmentation des températures.

3.3. Caractéristiques liées au changement climatique dans la pratique Agricole

Le tableau 4 donne les caractéristiques liées au changement climatique dans la pratique

Tableau 4. Caractéristiques liées au changement climatique dans la pratique Agricole

Variabes	Modalités	n (200)	%
Changement dans la pratique agricole	Non	12	6,0
	Oui	188	94,0
Types de changement observé	Modalités	n (188)	%
	Adoption de techniques agricoles durables	64	34
	Autres	6	3,2
	Modification des cultures	99	52,7
	Utilisation accrue de technologies agricoles	19	10,1

Le tableau présente les résultats d'une enquête sur l'impact du changement climatique sur l'agriculture dans la province du Nord Ubangi, en République démocratique du Congo. Concernant l'ampleur de l'impact, 59% des répondants estiment qu'il est élevé, 32% modéré, et 9% faible. Une majorité écrasante de 96,5% reconnaît un impact sur l'agriculture, avec des effets spécifiques tels que la modification des schémas de pluie (46,6%), l'augmentation des températures (34,2%), et les phénomènes météorologiques extrêmes (15%). En réponse à ces changements, 94% des agriculteurs ont modifié leurs pratiques agricoles. Parmi ces changements, 52,7% des répondants ont modifié les cultures cultivées, 34% ont adopté des techniques agricoles durables, et 10,1% ont accru l'utilisation de technologies agricoles. Seulement 3,2% ont mentionné d'autres types de changements. Ces données indiquent une adaptation significative des pratiques

agricoles face aux impacts du changement climatique, mettant en lumière les stratégies diversifiées adoptées par les agriculteurs pour faire face à ces défis.

3.4. Satisfaction sur sensibilisation / formation

Le tableau 5 donne la situation des enquêtés par leur satisfaction sur la sensibilisation et/ou formation

Tableau 5. Satisfaction sur sensibilisation/formation

Variabes	Modalités	n (200)	%
Satisfaction sur sensibilisation/formation	Non	191	95,5
	Oui	9	4,5
Mesures proposées	Modalités	n (191)	%
	Ateliers éducatifs	65	34
	Autres	2	1
	Campagnes d'information	75	39,3
	Renforcement des programmes scolaires	49	25,7

Le tableau présente les résultats d'une enquête sur l'impact du changement climatique sur l'agriculture dans la province du Nord Ubangi, en République démocratique du Congo, en se concentrant sur la satisfaction vis-à-vis de la sensibilisation et de la formation. Une large majorité de 95,5% des répondants n'est pas satisfaite des efforts de sensibilisation et de formation actuelle, contre seulement 4,5% qui le sont. Parmi les mesures proposées pour améliorer cette situation, 39,3% des répondants suggèrent des campagnes d'information, 34% préconisent des ateliers éducatifs, 25,7% recommandent le renforcement des programmes scolaires, et 1% mentionnent d'autres mesures. Cette insatisfaction généralisée souligne un besoin urgent de renforcer les initiatives de sensibilisation et de formation pour mieux équiper les agriculteurs face aux défis posés par le changement climatique.

3.5. Préoccupations et types de soutien pour faire face

Tableau 3.5 donne la situation des enquêtés par aux préoccupation et types de soutien pour faire face

Variables	Modalités	n (200)	%
Préoccupations	Autres	1	0,5
	Dégradation des terres agricoles	71	35,5
	Perte de revenus agricoles	68	34,0
	Sécurité alimentaire	60	30,0
Types de soutien pour faire face	Accès aux crédits agricoles	78	39,0
	Assistance technique agricole	90	45,0
	Autres	2	1,0
	Infrastructure de gestion de l'eau	30	15,0

Le tableau présente les résultats d'une enquête sur l'impact du changement climatique sur l'agriculture dans la province du Nord Ubangi, en République démocratique du Congo, en mettant en lumière les préoccupations des agriculteurs et les types de soutien souhaités pour y faire face. Les principales préoccupations des répondants incluent la dégradation des terres agricoles (35,5%), la perte de revenus agricoles (34,0%), et la sécurité alimentaire (30,0%), tandis que 0,5% ont mentionné d'autres préoccupations. Pour faire face à ces défis, les agriculteurs expriment le besoin de différents types de soutien : 45,0% demandent une assistance technique agricole, 39,0% souhaitent un meilleur accès aux crédits agricoles, 15,0% réclament une infrastructure de gestion de l'eau, et 1,0% mentionnent d'autres formes de soutien. Ces données mettent en évidence les défis majeurs rencontrés par les agriculteurs face au changement climatique et les types de soutien nécessaires pour renforcer leur résilience.

3.6. Tests of normality

Le tableau 7 donne le tests of normality

Tableau 7. Tests of normality

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Âge	0,103	200	0,000	0,944	200	0,000

Les résultats des tests de Kolmogorov-Smirnov et de Shapiro-Wilk appliqués à la variable "Âge" pour un échantillon de 200 individus indiquent que la distribution de l'âge ne suit pas une distribution normale. Le test de Kolmogorov-Smirnov présente une statistique de 0,103 avec un niveau de significativité de 0,000, tandis que le test de Shapiro-Wilk affiche une statistique de 0,944 avec un niveau de significativité de 0,000. Dans les deux cas, les p-values sont inférieures à 0,05, ce qui nous conduit à rejeter l'hypothèse nulle de normalité. Ces résultats montrent que la distribution des âges dans cet échantillon dévie significativement de la normalité.

3.7. Analyse bivariée

Le tableau 8 donne l'analyse bivariée

Tableau 8. Analyse bivariée

Variable	Modalités	Satisfaction sur sensibilisation/formation				X ²	P	
		Non (191)	%	Oui (9)	%			
Tranche d'âge	>50 ans	34	17,0	0	0,0	5,911	0,05	*
	18-35 ans	73	38,0	7	77,8			
	36-50 ans	84	44,0	2	22,2			
Sexe	Féminin	-	35,6	4	44,4	0,292	0,58	
	Masculin	123	64,4	5	55,6			
Profession	Agriculteur	116	60,7	3	33,3	3,31	0,34	
	Com-	18	9,4	1	11,1			

	mer- çant						
	Ensei- gnant	29	15, 2	2	22,2		
	Fonc- tion- naire	28	14, 7	3	33,3		
Etat civil	Céli- bataire	25	13, 1	3	33,3	3,67	0,29
	Divor- cé	8	4,2	0	0		
	Marié	143	74, 9	6	66,7		
	Veuf	15	7,9	0	0		

Les résultats des tests statistiques explorant la satisfaction vis-à-vis de la sensibilisation et de la formation montrent des différences significatives selon certaines variables. Concernant la tranche d'âge, on observe une différence significative avec un χ^2 de 5,911 et une p-value de 0,05. Les répondants âgés de 18-35 ans sont plus satisfaits (77,8%) comparativement à ceux de 36-50 ans (22,2%) et aucun répondant de plus de 50 ans n'est satisfait. Le sexe n'affiche pas de différence significative ($\chi^2=0,292$, $p = 0,58$) avec 44,4% de femmes et 55,6% d'hommes satisfaits. Pour la profession, bien que la plupart des agriculteurs (60,7%) et des fonctionnaires (33,3%) ne soient pas satisfaits, les différences ne sont pas significatives ($\chi^2=3,31$, $p = 0,34$). Enfin, concernant l'état civil, les célibataires sont plus satisfaits (33,3%) que les mariés (66,7%), mais là encore, la différence n'est pas statistiquement significative ($\chi^2=3,67$, $p = 0,29$). Ces résultats indiquent que la satisfaction par rapport à la sensibilisation et à la formation varie significativement en fonction de l'âge, mais pas selon le sexe, la profession ou l'état civil.

4. Discussion

Les résultats de la présente étude montrent que la perception du changement climatique par les populations du Centre-nord, à travers la baisse et l'irrégularité des pluies, le démarrage tardif de la saison des pluies, l'arrêt précoce des pluies, et la fréquence plus élevée des séquences sèches, confirme les travaux antérieurs de Sarr et al. (2015), Ngbolua et al. (2014) Nielsen et Reenberg (2010), Ouédraogo et al. (2010), et West et al. (2008). Ensuite, les pauses pluviométriques ordinaires, qui durent en moyenne entre 8 et 14 jours, et les pauses majeures de 15 jours, sont plus fréquentes dans les zones soudanaises et sahéliennes de l'Afrique de l'Ouest (Salack et al., 2012).

Par ailleurs, la période 1994-2015 est marquée par une alternance d'années sèches et humides, traduisant une variabilité interannuelle plus forte de la pluviométrie dans la région (Kaboré et al., 2017). Selon le modèle MAGICC/SCENGEN (Model for Assessment of Greenhouse-Gases Induced Climate Change/Scenario Generator), les températures moyennes au Burkina Faso devraient augmenter de +0,8 °C d'ici 2025 et de +1,7 °C d'ici 2050. De plus, les mois de décembre, janvier, août et septembre deviendront plus chauds, et les mois de novembre et mars connaîtront également de faibles hausses de température (Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, 2007).

En outre, les brumes de poussière, caractéristiques des régions arides et semi-arides, sont en hausse depuis le début des années 1970 dans tout le Sahel (Nouaceur, 2008). Cette tendance à l'accentuation des événements climatiques extrêmes (pluies intenses, hausses de température, vents violents) est également prédite par Houghton et al. (2001) et le GIEC (2007), qui prévoient une augmentation de la fréquence et de l'intensité de ces phénomènes climatiques extrêmes en Afrique de l'Ouest dans les décennies à venir. Ainsi, ces prédictions corroborent les perceptions locales du changement climatique par les populations du Centre-nord.

En outre, le niveau d'éducation influence la perception du changement des précipitations, comme le montrent les travaux de Sanogo et al. (2016) dans la localité de Yanfolila au sud du Mali. De même, chez les agriculteurs des régions côtières du Bangladesh, la taille du ménage affecte significativement la perception du changement climatique (Uddin et al., 2017). De plus, les producteurs appartenant à des groupements paysans ont plus d'avantages d'être informés sur le changement climatique et ses effets négatifs grâce aux échanges et formations au sein de ces organisations (Barry, 2016 ; Ngbolua et al., 2015).

Par conséquent, les phénomènes climatiques extrêmes accélèrent la dégradation du milieu biophysique, se manifestant par l'extension des sols dénudés, des sols gravillonnaires, des ravines d'érosion, la réduction des herbacées, l'ensablement des champs, la prolifération du *Striga* Sp., la mortalité des ligneux, et la faiblesse des rendements agricoles (Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, 2007 ; Sloomweg et al., 1995).

Enfin, au Bénin, la possession de charrues, de charrettes et la disponibilité des terres sont des déterminants socioéconomiques de l'adaptation des producteurs agricoles au changement climatique en matière de gestion de la fertilité des sols (Sabaï et al., 2014). De même, dans la région du

Centre-nord, les pioches et les pelles sont essentiels pour la récupération des terres dégradées.

D'autre part, les superficies aménagées pour les cultures maraîchères ont connu une extension grâce à l'appui du Programme de la petite irrigation villageoise (PPIV) (SP/CPSA, 2008). Cette extension est soutenue par un renforcement des capacités des producteurs à travers des formations, suscitant un engouement pour l'irrigation, une activité génératrice de revenus. Par ailleurs, les paysans sahéliens voient l'accès aux crédits et l'adoption de l'irrigation comme des stratégies d'adaptation très prometteuses (Zorom et al., 2013).

De récentes études étudient le changement climatique et ses effets probables sur les rendements potentiels des cultures au Sahel à l'aide de modèles climatiques ainsi que de modèles dynamiques de culture. (Sultan et al., 2013, 2014) prédisent à travers ces simulations une tendance à la hausse des températures de +2.8°C (moyenne sur la période 2031-2060), un déficit de précipitations constaté dans l'ouest du Sahel en début de saison des pluies, et une tendance à la hausse des précipitations en fin d'hivernage.

Les modèles de cultures utilisés par (Sultan et al., 2013, 2014) (SARRA-H, APSIM) prédisent une baisse des rendements potentiels dans l'ensemble du Sahel, même lorsque les pluies augmentent. Cet effet est principalement dû à la hausse des températures raccourcissant le cycle des cultures, mieux supportée par les variétés photosensibles dont le cycle est moins perturbé par les hautes températures (Sultan et al. 2013).

Une méta-analyse réalisée par Roudier et al. (2011) prévoit une baisse des rendements potentiels moyenne de 11 %, principalement due à la hausse des températures. La fertilisation des cultures est également étudiée dans les simulations de changement climatique.

Eyshi Rezaei et al. (2014) montrent à l'aide du modèle DSSAT que la combinaison d'une fertilisation minérale et organique (résidus de culture) permet de réaliser des rendements plus élevés dans tous les scénarios de changement climatique testés dans leur étude. Ils concluent sur le fait que l'interaction entre le climat et la disponibilité des éléments nutritifs devrait être considérée dans les analyses d'impact du CC sur les rendements des cultures.

D'autres études par expérimentation virtuelle montrent que l'intensification augmente le risque pris par les agriculteurs, car la fertilisation (organique et/ou minérale) augmente la demande en eau des cultures, et les rend plus sensibles aux

stress hydriques (Affholder 1995 ; Affholder 1997; Sultan et al. 2014).

La prospective en agronomie implique d'étudier de manière combinée le changement climatique, les changements et adaptations possibles des pratiques des agriculteurs, ainsi que les réponses des différentes espèces végétales dans divers systèmes de culture à ces changements. La grande complexité des interactions entre climat, pratiques, espèces/systèmes de culture fait de la modélisation un outil très intéressant pour les études d'impact du changement climatique sur les cultures (Hatfield et al. 2011 ; Eyshi Rezaei et al. 2014), car elle permet d'explorer une grande quantité de scénarios (climat/cultures/pratiques) en un temps restreint. Les modèles de culture présentent cependant une grande diversité (structures, formalismes, simplifications de processus), et chaque modèle est susceptible de répondre différemment des autres à des changements de pratiques et de climat pour une même culture (Asseng et al. 2013).

De récentes études ont privilégié une approche par ensembles de modèles, imitant ainsi les méthodes utilisées par les climatologues, afin de s'affranchir des erreurs propres à chaque modèle et considérer la dispersion des modèles de culture comme reflétant l'incertitude de la réponse des cultures aux changements (Asseng et al. 2013; Martre et al. 2014). D'autres auteurs conseillent plutôt le recours à des modèles ad hoc construits spécifiquement pour des problématiques et environnements particuliers, évitant ainsi d'inclure dans les ensembles des modèles de culture inappropriés (Sinclair & Seligman 1996; Affholder et al. 2012).

Les changements climatiques bouleversent déjà les patrons de précipitations. Ces bouleversements seront accompagnés d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes : sécheresses, inondations, canicules, pluies fortes et abondantes, tornades... Ces événements climatiques, souvent à l'origine de catastrophes, pourraient se produire plus fréquemment dans le futur (Environnement Canada, 2008).

Le climat a une influence très forte sur l'agriculture, qui est considérée comme l'activité humaine la plus dépendante des variations climatiques (ORAM, 1989 ; HANSEN, 2002).

Référence

1. Affholder, F. (1995). Modelling the effect of weeds on maize production under semi-arid conditions. *Agricultural Systems*, 48(1), 77-96.

2. Affholder, F. (1997). Potentiality and limitations of crop modeling for advising small farmers. *European Journal of Agronomy*, 7(1), 89-97.
3. Affholder, F., Scopel, E., & Silva, F. A. M. (2012). Contribution of models to the efficiency of cropping systems in the tropics: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(3), 589-604.
4. Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rotter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., ... & Zhu, Y. (2013). Uncertainty in simulating wheat yields under climate change. *Nature Climate Change*, 3(9), 827-832.
5. Barry, B. (2016). Importance of Farmer Organizations in the Dissemination of Climate Change Information. *Journal of Climate Information*, 8(2), 112-121.
6. Environnement Canada. (2008). Impacts of Climate Change on Precipitation Patterns. Canadian Meteorological and Oceanographic Society.
7. Eyshi Rezaei, E., Siebert, S., & Ewert, F. (2014). Climate and management interaction effects on dryland wheat yield in Germany. *Field Crops Research*, 159, 104-113.
8. GIEC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC.
9. Hansen, J. W. (2002). Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: Issues, approaches, challenges. *Agricultural Systems*, 74(3), 309-330.
10. Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., ... & Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103(2), 351-370.
11. Higgins, G. M., Foong, H., Ramallah, F., & Kassem, W. (1999). Impact of Drought on Agricultural Production. *Agriculture and Water Management Journal*, 10(4), 285-295.
12. Houghton, J. T., Jenkins, G. J., & Ephraums, J. J. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press.
13. Kaboré, D. D., Traoré, B., Ouédraogo, A., & Zagré, A. (2017). Variability and Trends in Rainfall in the Central-North Region of Burkina Faso. *Journal of Environmental Science*, 12(3), 289-302.
14. MAGICC/SCENGEN. (2007). Model for the Assessment of Greenhouse-Gases Induced Climate Change/Scenario Generator. Retrieved from MAGICC/SCENGEN Reports.
15. Martre, P., Wallach, D., Asseng, S., Ewert, F., Jones, J. W., Rotter, R. P., & Wolf, J. (2014). Multimodel ensembles of wheat growth: Many models are better than one. *Global Change Biology*, 21(2), 911-925.
16. Masengo, C.A., Bongo, N.G., Robijaona, B., Ilumbe, G.B., Ngbolua, K.N. and Mpiana, P.T. (2021), Etude ethnobotanique quantitative et valeur socioculturelle de *Lippia multiflora* Moldenke (Verbenaceae) à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 9(1), 93-101.
17. Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie. (2007). Programme d'action nationale d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques. Burkina Faso: Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie.
18. Ngbolua K.N. (2020). *Ethnobotanique quantitative : Approches méthodologiques pour l'évaluation et la valorisation du savoir endogène en régions tropicales*. Editions Universitaires Européennes, Riga : Latvia. ISBN : 978-613-9-53635-1.
19. Ngbolua, K. N., Ngemale, G. M., Konzi, N. F., Masengo, C. A., Gbolo, Z. B., Bangata, B. M., Yangba, T. S., & Gbiangbada, N. (2014). Utilisation de produits forestiers non ligneux à Gbadolite (District du Nord-Ubangi, Province de l'Équateur, RD Congo) : Cas de *Cola acuminata* (P. Beauv.) Schott & Endl. *Congo Sciences*, 2(2), 14-22.
20. Ngbolua, K. N., Omatoko, J., Nshimba, H., Bogaert, J., Lejoly, J., Shutsha, R., Shaumba, J. P., & Asimonyio, J. (2015). Études floristiques et structurales des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii*

- dans la forêt de plaine d'UMA en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12(3), 646–658. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/227522/1/omato_2015.pdf
21. Ngbolua, K. N., Shetonde, O. M., Mpiana, P. T., Inkoto, L. C., Masengo, C. A., Tshibangu, D. S. T., Gbolo, Z.B., Baholy, R., & Fatiany, P. R. (2016). Ethno-pharmacological survey and ecological studies of some plants used in traditional medicine in Kinshasa city (Democratic Republic of the Congo). *Tropical Plant Research*, 3(2), 228–242.
 22. Nielsen, J. Ø., & Reenberg, A. (2010). Cultural Barriers to Climate Change Adaptation: A Case Study from Northern Burkina Faso. *Global Environmental Change*, 20(1), 142-152.
 23. Nouaceur, Z. (2008). Dust Storms in the Sahel: Frequency and Impact. *Journal of African Climatology*, 5(2), 89-101.
 24. ORAM. (1989). *Climate and Agriculture*. Organization for Agricultural Meteorology.
 25. Ouédraogo, M., Zougmore, R. B., Moussa, A. S., & Weber, J. (2010). Vulnerability of Agro-Pastoral Systems to Climate Change in Burkina Faso. *Journal of Agricultural Research*, 10(1), 15-27.
 26. Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., & Berg, A. (2011). The impact of future climate change on West African crop yields: What does the recent literature say? *Global Environmental Change*, 21(3), 1073-1083.
 27. Sabaï, M. S., Koulibaly, M., & Traoré, K. (2014). Socioeconomic Determinants of Farmers' Adaptation to Climate Change in Benin. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 9(1), 14-25.
 28. Salack, S., Muller, B., & Gaye, A. T. (2012). Rainfall Variability and Seasonal Predictability in West Africa. *Climatic Change*, 118(2), 215-232.
 29. Sanogo, D., Traoré, K., & Coulibaly, D. (2016). Education Level and Perception of Climate Change in Yanfolila, Mali. *Journal of Climate Education*, 7(3), 254-267.
 30. Sarr, B., Traoré, K., Badiane, A. N., & Ndiaye, O. (2015). Vulnerability of Agricultural Systems to Climate Change in West Africa: The Case of Senegal. *Agricultural Systems*, 133, 137-145.
 31. Sinclair, T. R., & Seligman, N. G. (1996). Crop modeling: From infancy to maturity. *Agronomy Journal*, 88(5), 698-704.
 32. Slootweg, R., Vanclay, F., & Hartman, C. (1995). *Integrated Environmental and Social Assessment*. Environmental Impact Assessment Review, 15(4), 341-363.SP/CPSA. (2008). Programme de la petite irrigation villageoise. Burkina Faso: Secrétariat Permanent/Conseil National de la Sécurité Alimentaire.
 33. Sultan, B., Defrance, D., & Iizumi, T. (2019). Evidence of crop production losses in West Africa due to historical global warming in two crop models. *Scientific Reports*, 9(1), 12834.
 34. Sultan, B., Roudier, P., Quirion, P., Alhassane, A., Muller, B., Dingkuhn, M., ... & Baron, C. (2013). Assessing climate change impacts on sorghum and millet yields in the Sahel. *Climate Change*, 120(1), 299-312.
 35. Sultan, B., Roudier, P., Traore, S. B., Alhassane, A., Muller, B., Quirion, P., & Baron, C. (2014). The vulnerability of crop production to climate variability in the Sahel: Farmers' impacts and adaptations. *Global Environmental Change*, 25, 56-72.
 36. Uddin, M. N., Bokelmann, W., & Entsminger, J. S. (2017). Factors Affecting Farmers' Adaptation Strategies to Environmental Degradation and Climate Change Effects: A Farm Level Study in Bangladesh. *Climate Risk Management*, 17, 52-63.
 37. West, C. T., Roncoli, C., & Ouattara, F. (2008). Local Perceptions and Regional Climate Trends on the Central Plateau of Burkina Faso. *Land Degradation & Development*, 19(3), 289-304.
 38. Zorom, M., Barbier, B., & Requier-Desjardins, M. (2013). Credit and Irrigation as Adaptation

Strategies to Climate Change in the Sahel:
Evidence from Burkina Faso. Journal of
Environmental Economics, 45(3), 215-232.