

## CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN ZONES NORD-SOUDANIENNE ET SUB-SAHÉLIENNE DU BURKINA FASO : COMPARAISON ENTRE SAVOIRS PAYSANS ET CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES

Dasmané BAMBARA<sup>1\*</sup>, Adjima THIOMBIANO<sup>2</sup> & Victor HIEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 01 BP 476, Ouagadougou 01 (Burkina Faso). E-mail: victor\_hien@yahoo.fr

<sup>2</sup> Université de Ouagadougou, UFR/Sciences de la Vie et de la Terre, 03 BP 7021, Ouagadougou 03 (Burkina Faso). E-mail: adjima\_thiombiano@yahoo.fr

\* Auteur correspondant. E-mail: das.bambara@coraf.org

**SUMMARY.**— *Climate change in north-sudanian and sub-sahelian zones of Burkina Faso: Comparison between producers' knowledge and scientific knowledge.*— Coherence between farmers' knowledge about climate change and its relevance to climate trends could allow drawing up sustainable adaptation strategies. Survey carried out in north-sudanian and sub-sahelian parts of Burkina Faso allowed to collect 16 indigenous indicators of climate change and to assess their reliability in comparison to the results of analysis of 23 appropriate climate variables. Survey data collected were submitted to frequency and variance analyses to assess farmers' perception differences between climatic zones. Climatic data were submitted to: (i) analysis of variance, (ii) tests of Pettitt and Hubert, (iii) tests of Ati *et al.* and Maikano, (iv) Nicholson index to determine changes noticed between periods of time 1951-1980 and 1981-2010, and during the reference period 1951-2010. We considered that indigenous knowledge and scientific one are in accordance when they do not provide contrasting information. Fourteen indicators of rainfall, four indicators of temperature and four indicators of wind speed were enumerated by producers. Local indicators perception rates (number of persons who perceived the indicators from the whole interviewees) ranged between 10 and 90 % and 22.7 % of the indicators showed significant difference ( $p < 0.05$ ) of perception in both climatic zones. Eighteen (from the 23) climatic variables showed significant change ( $p < 0.05$ ) in north-sudanian area versus 10 in sub-sahelian zone between periods of time 1951-1980 and 1981-2010. During the reference period of time, the 23 climatic variables showed 26 dates of rupture in north-sudanian area versus 21 in sub-sahelian zone. Rainy seasons shortened in both climatic zones. Dry season rainfall frequency and full rainy season dry spell frequency did not show major change. The application of Nicholson index showed a great interannual fluctuation of the parameters, strengthening this way the evolution of changes and ruptures detected in the series. In both climatic zones, 56 % of local indicators were in accordance with climate trends. Integrating indigenous and scientific knowledge by introducing consulting and discussing framework really participatory and functional could ensure their complementarity and then allow drawing up appropriate, consensual and sustainable adaptation actions to climate change.

**RÉSUMÉ.**— La concordance entre les savoirs paysans sur les changements climatiques et les informations scientifiques peut contribuer à élaborer des stratégies d'adaptation durables. Une enquête, menée en zones agro climatiques nord-soudanienne et sub-sahélienne du Burkina Faso, a permis de relever 16 indicateurs locaux, et de mesurer leur cohérence par comparaison aux résultats d'analyse de 23 variables climatiques correspondantes. Les données d'enquête ont été soumises aux analyses fréquentielle et de variance, pour évaluer les différences de perception entre les zones agro climatiques. Les variables climatiques ont été soumises (i) à une analyse de variance, (ii) aux tests de Pettitt et de Hubert, (iii) à la méthode de Ati *et al.* et de Maikano, (iv) à l'indice de Nicholson pour déterminer les changements observés entre 1951-1980 et 1981-2010, et sur la période de référence 1951-2010. Il y a concordance entre savoirs scientifique et traditionnel lorsqu'ils ne donnent pas des informations contradictoires. Quatorze indicateurs de pluviométrie, quatre indicateurs de température et quatre indicateurs du vent ont été cités par les enquêtés. Le nombre des enquêtés ayant perçu les indicateurs locaux variait de 10 à 90% des interviewés et 22,7% des indicateurs ont montré des différences significatives ( $p < 0,05$ ) de perception entre les zones agro climatiques. Entre 1951-1980 et 1981-2010, 18 des 23 variables climatiques analysées ont montré des changements significatifs ( $p < 0,05$ ) en zone nord-soudanienne contre 10 en zone sub-sahélienne. Sur la période de référence, les variables climatiques ont indiqué 26 dates de ruptures en zone nord-soudanienne contre 21 en zone sub-sahélienne. Les saisons de pluies se sont rétrécies dans les deux zones. La fréquence des pluies de contresaison et la durée des poches de sécheresse en pleine saison pluvieuse n'ont pas montré de modification notable. L'évolution des indices de Nicholson conforte la dynamique des modifications trentenaires et des ruptures climatiques. Dans les deux zones agro climatiques, 56% des indicateurs locaux concordaient avec les tendances climatiques. L'intégration des deux types de connaissances par

l'institutionnalisation de cadres de concertations et d'échanges réellement inclusifs et fonctionnels garantira la complémentarité entre les deux types de savoirs. Cette complémentarité permettra de faire des diagnostics climatiques inclusifs et partant d'élaborer des actions d'adaptation appropriées, consensuelles, durables.

---

Les changements climatiques contemporains constituent un des nombreux obstacles au développement socioéconomique des populations (Niang, 2009). Selon Sparacino (2011), les besoins d'adaptation appropriés des populations sont plus que nécessaires car la survie des populations en dépend. Des études menées par Clark (2006) et Kanté (2011) ont relevé que les pratiques d'adaptation élaborées de façon inclusive à l'échelle locale étaient les plus efficaces et durables, car prenant en compte les intérêts des populations. Ces pratiques d'adaptation dépendent des savoirs endogènes relatifs à ces changements (O'Brien & Wolf, 2010 ; Obayelu *et al.*, 2014). La prise en compte de ces connaissances locales dans les politiques de développement permet de gagner la confiance des paysans (Roncoli *et al.*, 2001) et partant, d'avoir leur adhésion dans la mise en œuvre des actions de développement. Les perceptions locales des changements climatiques diffèrent selon les populations et le contexte écologique (Gnanglé *et al.*, 2011).

Au Burkina Faso, des études au niveau régional et national telles que celles de AGRHYMET (Centre Régional de Formation et d'Application en Agrométéorologie et Hydrologie Opérationnelle) (2005), du SP/CONEDD (Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable) (2006) et de Ouédraogo *et al.* (2010) ont apporté des éclaircissements sur les perceptions paysannes face à la variabilité et aux changements climatiques. Cependant, les informations sur la diversité des visions au niveau local (village) demeurent insuffisantes. Pourtant, dans le contexte actuel de décentralisation et d'autogestion à la base, l'échelle locale est considérée comme l'espace géographique et socio-économique pertinent pour mener les politiques de développement participatif. Par ailleurs, les études menées à grande échelle cachent souvent des disparités nettes entre les zones (Ali, 2010). Une année pluviométrique peut être excédentaire à l'échelle locale et déficitaire à l'échelle régionale ou *vice-versa* (Allé *et al.*, 2013). Dès lors, l'étude de la concordance des perceptions des populations rurales sur les changements climatiques au regard des tendances climatiques observées, menée sur une échelle réduite, peut contribuer à mieux orienter les stratégies spécifiques d'adaptation (Allé *et al.*, 2013). Mais, le lien entre les perceptions paysannes sur les changements climatiques et les informations scientifiques en vue d'établir la cohérence de ces perceptions n'a pas souvent été analysé.

L'objectif principal de l'étude est de mesurer à l'échelle locale, la concordance des perceptions paysannes sur les changements climatiques, au regard des tendances observées. Spécifiquement, il s'agit d'inventorier les indicateurs endogènes sur le climat et sa variabilité, d'analyser la variabilité climatique et d'apprécier la cohérence entre les indicateurs endogènes et les informations fournies par l'analyse climatique. L'hypothèse de travail suggère que les perceptions locales des producteurs sur les changements climatiques concordent avec les informations scientifiques correspondantes.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### MILIEUX D'ÉTUDE

L'enquête a été menée à Tougou, climat sahélien et à Donsin, climat sahélo-soudanien, deux villages représentant des situations agro-écologiques différentes. Comme l'ont signalé Fontès & Guinko (1995), le village de Tougou appartient au secteur phytogéographique sub-sahélien, et le village de Donsin fait partie du secteur nord-soudanien (Fig. 1). Le site de

Tougou, qui couvre une superficie de 37 km<sup>2</sup>, est localisé entre 13°11' et 13°26' de latitude Nord et 2°6' et 2°24' de longitude Ouest. Il est situé à 23 km au nord-est de Ouahigouya, chef-lieu de la Province du Yatenga et de la région du Nord. Le site de Donsin couvre une superficie de 9,38 km<sup>2</sup> et est localisé entre 12° 35' de latitude Nord et 01° 24' de longitude Ouest. Il est situé à 25 km au nord-est de Ouagadougou, chef-lieu de la Province du Kadiogo et de la région du Centre. Tougou compte environ 4570 habitants (124 habitants/km<sup>2</sup>) et Donsin environ 1890 habitants (201 habitants/km<sup>2</sup>) (INSD - Institut National de la Statistique et de la Démographie, 2008).

Les activités socio-économiques sont dominées par l'agriculture (mil dominant à Tougou, sorgho dominant à Donsin), l'élevage et le petit commerce.

Le secteur phytogéographique nord-soudanien, situé entre les 13° et 11° parallèles, est une zone de savane mais toujours dominée par une flore ligneuse à base de *Mimosaceae* et *Combretaceae* (Ouédraogo, 2006). Il couvre une superficie de 92 250 km<sup>2</sup>, soit 33,6 % de la superficie du pays. Ses potentialités en bois représentent 31 % (49 731 400 m<sup>3</sup>, soit 539 m<sup>3</sup> km<sup>-2</sup>) des potentialités totales du pays (Fontès & Guinko, 1995). Le secteur phytogéographique sub-sahélien se situe entre les 13° et 14° parallèles. Il est marqué par des formations steppiques arbustives ou arborées. La flore ligneuse est très hétérogène mais reste dominée par les *Mimosaceae*, *Capparidaceae*, *Combretaceae* (Ouédraogo, 2006). Il couvre une superficie de 51 240 km<sup>2</sup>, soit 18,7 % de la superficie du pays. Ses potentialités en bois représentent seulement 3 % (4 951 600 m<sup>3</sup>, soit 97 m<sup>3</sup> km<sup>-2</sup>) des potentialités totales du pays (Fontès & Guinko, 1995).

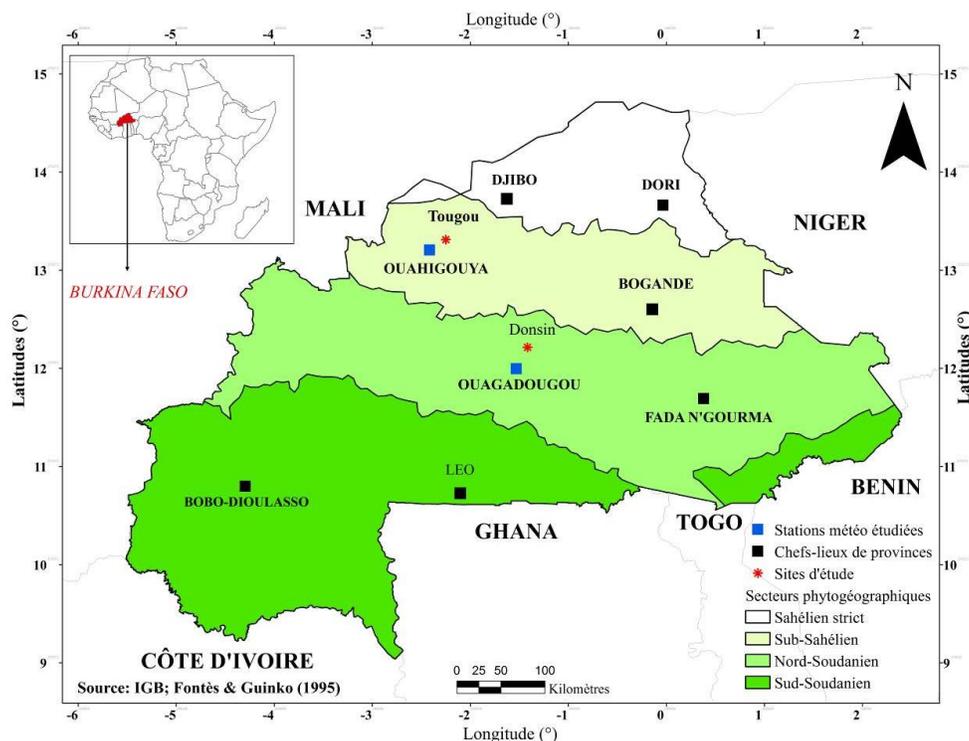


Figure 1.— Localisation des villages et des stations météorologiques étudiés.

## COLLECTE DES DONNÉES

### ENQUÊTES

Pour obtenir des informations qualitatives et quantitatives sur les perceptions des producteurs sur les changements climatiques, nous avons réalisé des enquêtes avec des entretiens de groupes et des interviews individuelles auprès de personnes ressources (personnes âgées). Le questionnaire d'enquête a été conçu pour répondre aux principales questions suivantes : (i)

Quels sont les paramètres utilisés par les producteurs pour apprécier les changements climatiques, (ii) Quels sont les indicateurs utilisés par les producteurs pour déterminer les variabilités des paramètres climatiques. Les enquêtes ont été menées selon deux types d'investigations : la pré-enquête et l'enquête formelle.

- La pré-enquête a été l'étape pendant laquelle le recensement des perceptions par les paysans des modifications climatiques et la sélection des producteurs pour l'enquête formelle (enquête par questionnaire) ont été réalisés. Il s'est agi d'une enquête informelle conduite en « focus group » avec une centaine de personnes (hommes, femmes, jeunes, vieux) dans chaque village dans un endroit désigné par les populations. Les questions étaient ouvertes permettant d'enregistrer le maximum de réponses sur les perceptions. À l'issue de cette pré-enquête, une liste des paramètres climatiques cités par les producteurs a été dressée. Ces paramètres climatiques ont été éclatés en différents indicateurs de leurs manifestations telles que citées par les producteurs. Une synthèse globale en a été faite pour constituer le contenu du questionnaire de l'enquête formelle.

Sur la base de l'âge (50 à 65 ans) et de la disponibilité à collaborer, nous avons constitué un sous-échantillon aléatoire de 50 et de 26 hommes respectivement à Tougou et à Donsin. Cet échantillon représentait 73,2 % des personnes de la tranche d'âge de 50 à 65 ans dans le village de Tougou, et 76,1 % dans le village de Donsin (Tab. I). Ces hommes sélectionnés pratiquaient l'agriculture comme activité principale, et étaient des autochtones n'ayant pas connu d'absence de longue durée hors du terroir durant leur existence. Le choix de cette tranche d'âge s'explique par le fait que l'évolution du climat étant très lente, il faut des personnes âgées résidentes pour disposer d'informations historiques fiables. Nous avons en outre constaté que les personnes âgées de plus de 65 ans n'étaient plus aptes aux interviews (pour des raisons de perte de mémoire) et n'ont donc pas été retenues pour les interviews.

La sensibilisation et le choix des producteurs par site ont été faits avec l'implication et la facilitation des chefs de village, des agents CVD (comités villageois de développement) et des agents d'encadrement agricole.

TABLEAU I

*Villages, population totale, effectifs et ratios des enquêtés en 2010 et 2011*

Villages	Population totale	Effectif des hommes	Effectif des hommes âgés de 50 à 65 ans	Effectif des enquêtés et ratio par rapport à leurs effectifs			
				2010		2011	
Tougou	4 574	2 149	68	50	73,2%	47	69,1%
Donsin	1 889	887	34	26	76,1%	23	67,6%

Sources des données : INSD (2008), enquêtes terrain (2010 et 2011)

- L'enquête formelle a consisté en une interview individuelle avec une liste de questions et a permis d'évaluer les taux de perceptions (niveau de perception ou nombre de fois où l'indicateur a été cité ou encore fréquence des réponses positives) par les producteurs des indicateurs des manifestations des changements climatiques. Compte tenu de la délicatesse des travaux réalisés directement en milieu réel (authenticité des déclarations des producteurs (Jouve, 1990)), la technique d'enquête à double passage a été adoptée. Au second passage, la même démarche du premier passage a été mise en œuvre, et le même questionnaire a été administré. L'enquête formelle s'est déroulée à domicile.

Nous avons réalisé les interviews en février 2010 et en mars 2011. Toutefois il n'a pas été possible d'avoir le même effectif des personnes interviewées au cours du deuxième passage pour des raisons de décès et de santé. Ainsi, 47 et 23 personnes (94 % et 90 %) des interviewés de 2010 ont été disponibles en 2011 à Tougou et à Donsin (Tab. I).

### CLIMAT

Les données météorologiques analysées sont celles de la station synoptique de Ouagadougou (12°22' N et 01°31' O ; altitude = 304 m ; typique de la zone nord-soudanienne et proche du site de Donsin) et de Ouahigouya (13°35' N et 02°25' O ; altitude = 329 m ; typique de la zone sub-sahélienne et proche de Tougou) (Fig. 1). Elles ont été choisies en lien avec les paramètres et indicateurs climatiques énumérés par les enquêtés. Ainsi, 23 caractéristiques climatiques correspondant à 16 indicateurs locaux ont été analysées (Tab. II). Les caractéristiques pluviométriques telles que PTOT, JP, PC, P20-50 et la vitesse du vent s'inspirent des méthodes de Ozer *et al.* (2009) et de Ibrahim *et al.* (2013), tandis que celles de la température proviennent de la méthode de Donat *et al.* (2013).

Comme le changement climatique s'apprécie sur une période de 30 ans (OMM (Organisation Météorologique Mondiale), 1990 ; Baudran *et al.*, 2008) et que les interviewés étaient âgés de 50 à 65 ans, nous avons choisi les données couvrant une période de 60 ans (1951-2010) double de la période de 30 ans. Ce laps de temps nous a permis d'analyser et de comparer la variabilité et les changements du climat intra et interzone. Toutefois, des données manquantes ont été relevées sur la période ciblée, elles étaient relatives à la vitesse du vent, paramètre dont les relevés n'ont débuté dans ces stations qu'en 1963. Les données ont été acquises auprès de la Direction de la Météorologie Nationale du Burkina Faso.

TABLEAU II

Caractéristiques climatiques analysées en lien avec les indicateurs cités par les paysans

Paramètres	Indicateurs paysans	Caractéristiques climatiques			
		Variables reliées	Acronymes	Définitions	Unités
Pluviométrie	1. Pluviosité en baisse, 2. Augmentation des avortements de pluies, 3. Diminution de la rosée	1. Précipitations annuelles	PTOT	Pluviométries totales annuelles	mm
	4. Augmentation de durée des poches de sécheresse en pleine saison pluvieuse	2. Fréquence des PS <sup>*</sup> en juin	PSjn	Nombre de jours le plus élevé entre deux pluies consécutives en juin	jour
		3. Fréquence PS en juillet	PSjt	Nombre de jours le plus élevé entre deux pluies consécutives en juillet	jour
		4. Fréquence PS en août	PSau	Nombre de jours le plus élevé entre deux pluies consécutives en août	jour
		5. Fréquence PS en septembre	PSsp	Nombre de jours le plus élevé entre deux pluies consécutives en septembre	jour
	5. Augmentation des pluies de contersaison	6. Jours de pluies de contersaison	PC	Nombre de jours de pluie ( $\geq 1$ mm) pendant la saison sèche	jour
	6. Raccourcissement de durée de la saison pluvieuse	7. Jours de pluie en saison pluvieuse	JP	Nombre de jours de pluie ( $\geq 1$ mm) pendant la saison pluvieuse	jour
		8. Longueur de saison des pluies	Lp	Durée de la saison des pluies	jour
Humidité de l'air	7. Retard des pluies	9. Date de début de saison des pluies	Ddp	Démarrage de la campagne agricole	date
	8. Arrêt précoce des pluies	10. Date de fin de saison des pluies	Dfp	Fin de la campagne agricole	date
	9. Augmentation des pluies violentes 10. Disparition des pluies de grêle	11. Fréquences des pluies intenses	P20-50	Nombre de jours avec des précipitations comprises entre 20 et 50 mm	jour
	11. Sécheresse de l'air ambiant	12. Humidité relative de l'air	H	Valeurs moyennes annuelles de l'humidité de l'air	%
Température	12. Chaleurs de plus en plus fortes	13. Températures moyennes annuelles	TM	Valeurs moyennes annuelles des températures quotidiennes	°C
		14. Températures maximales moyennes annuelles	TX	Valeurs moyennes annuelles des T max quotidiennes	°C
		15. Jour chaud	TX95p	Nombre de jours avec T max $\geq 95^e$ percentile (38,1°C)	jours
		16. Nuit chaude	TN95p	Nombre de jours avec T min $\geq 95^e$ percentile (24,9°C)	jours
	13. Poussée de chaleur en août	17. Température d'août	T août	Valeurs moyennes annuelles des T août	°C
	14. Fraîcheur en début de saison pluvieuse	18. Température de mai	T mai	Valeurs moyennes annuelles des T mai	°C
		19. Température de juin	T juin	Valeurs moyennes annuelles des T juin	°C
	15. Diminution de l'intensité du froid	20. Températures minimales moyennes annuelles	TN	Valeurs moyennes annuelles des T. min. quotidiennes	°C
21. Nuit froide		TN5p	Nombre de jours avec T min $\leq 5^e$ percentile (19,5°C)	jours	
22. Jour froid		TX5p	Nombre de jours avec T max $\leq 5^e$ percentile (31,9°C)	jours	
Vent	16. Vents de plus en plus violents	23. Vitesse du vent	V	Valeurs moyennes annuelles des vitesses mensuelles	m s <sup>-1</sup>

\* = poche de sécheresse

## ANALYSE DES DONNÉES

### ENQUÊTE

Après dépouillement, les données issues des enquêtes formelles ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 11.0 (Norusis, 2002). Ainsi, nous avons choisi le code 1 pour les réponses affirmatives sur la perception d'un indicateur climatique et le code 0 pour les réponses négatives. Les fréquences des réponses (taux de perception) ont été traduites sous forme de proportions centésimales.

### DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

#### *Analyse des modifications trentenaires*

Les valeurs moyennes annuelles des variables climatiques ont été calculées à partir des données météorologiques journalières ou mensuelles. Suivant les recommandations de l'OMM (1990), les moyennes annuelles ont été scindées en deux groupes correspondant aux périodes 1951-1980 et 1980-2010 puis, ont ensuite été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à un facteur en utilisant le test des moindres carrés de Fischer (LSD). Le seuil de significativité a été défini à  $P < 0,05$ . Les comparaisons des paramètres ont été faites selon deux niveaux : (i) une comparaison intrazone pour mettre en parallèle l'évolution des caractéristiques climatiques de la même localité entre les périodes 1951-1980 et 1981-2010, (ii) une comparaison interzone pour mettre en parallèle l'évolution des caractéristiques climatiques des deux zones au cours des périodes 1951-1980 et 1981-2010. L'analyse de la variance a permis d'identifier les caractéristiques climatiques pour lesquelles il y a eu une modification (changement) significative ( $p < 0,05$ ). Le logiciel XLSTAT-Pro 7.5.2 (Addinsoft, 2004) a été utilisé pour cette analyse.

#### *Analyse des ruptures et de la variabilité interannuelle*

Pour détecter les dates de ruptures (changements) des caractéristiques climatiques dont l'analyse de variance a indiqué un changement significatif, deux tests ont été utilisés conjointement, le test de Pettitt (Pettitt, 1979) et la méthode de segmentation de Hubert (Hubert *et al.*, 1998) sur l'intervalle 1951-2010. Le test de Pettitt qui détecte une rupture au maximum, a été considéré comme un test de stationnarité : « la série étudiée est stationnaire » constitue l'hypothèse nulle de ce test (Bedoum *et al.*, 2013). Si son application rejette l'hypothèse nulle alors nous utilisons la méthode de segmentation de Hubert qui permet de détecter plusieurs ruptures dans une série chronologique de données (Kouassi *et al.*, 2010). Le logiciel Khronostat 1.01 (Boyer, 1998) regroupant ces deux tests a été utilisé. Le test de Fischer a été utilisé pour vérifier la significativité ( $\alpha = 0,05$ ) de la différence entre les moyennes des sous-périodes identifiées.

La variabilité interannuelle du climat correspond à la dispersion statistique de ses caractéristiques, relevées année par année, autour de leurs valeurs moyennes de la période considérée. C'est une indication de l'amplitude possible de fluctuation d'une année sur l'autre de la valeur observée autour de la valeur moyenne (OMM, 1990 ; Ferry *et al.*, 1998). Pour analyser les fluctuations interannuelles des variables climatiques sur la période 1951-2010, les moyennes annuelles ont été traduites sous forme d'indices (Nicholson *et al.*, 1988) utilisés pour quantifier les déficits ou les excédents climatiques. Ces indices ou anomalies jouent un rôle important dans la détermination des variations saisonnières, et se définissent comme des variables centrées réduites (Lamb, 1982) exprimées par l'équation :  $I_i = (X_i - \bar{X})/S$ , où :  $I_i$  = indice de l'année  $i$ ,  $X_i$  = module annuel de la variable enregistrée au cours de l'année  $i$ ,  $\bar{X}$  = moyenne interannuelle de la variable sur la période d'étude,  $S$  = écart-type de la série sur la période d'étude. Afin de dégager la tendance globale d'évolution des indices, les régressions linéaires ont été établies sur la période d'étude.

#### *Détermination de la saison des pluies : début, fin, longueur et poches de sécheresse*

Le début de la saison des pluies a été déterminé selon la méthode de Ati *et al.* (2002) qui stipule qu'au Burkina Faso et dans les autres pays du Sahel, la date de début de la saison des pluies est la date à partir du 1<sup>er</sup> mai au cours de laquelle un cumul pluviométrique de 25 mm est enregistré sur une période de 10 jours consécutifs avec une absence de séquence sèche de plus de 7 jours consécutifs au cours de la période de 30 jours suivante. Suivant Maikano (2006), la fin de la saison des pluies est définie comme étant la date à partir du 1<sup>er</sup> septembre au cours de laquelle la réserve d'eau utile du sol est nulle. La réserve utile du sol est fixée à 100 mm et l'évapotranspiration journalière à 5 mm. La longueur de la saison des pluies est la différence en jours entre les dates de fin et de début des pluies. La fréquence des poches de sécheresse a été déterminée par l'évolution des écarts (exprimés en nombre de jours) les plus élevés entre deux pluies consécutives durant les mois de juin, juillet, août et septembre (considérés comme mois de pleine saison hivernale (Ibrahim *et al.*, 2012)) sur la période de référence. Le logiciel Instat+ version 3.36 (Stern *et al.*, 2006) a été utilisé pour ces calculs.

Ces informations scientifiques ont été confrontées aux perceptions paysannes en vue d'apprécier la concordance de ces informations endogènes. Il y a concordance lorsque l'information scientifique ne contredit pas la perception locale. Afin d'apprécier le niveau de concordance des perceptions locales avec les tendances climatiques, nous avons défini trois classes de taux de perception qui étaient (%) : [0-49] : niveau faible ; [50-74] : niveau moyen ; [75-100] : niveau élevé. Une analyse de variance (ANOVA) a été utilisée pour comparer (au seuil  $\alpha = 0,05$ ) les niveaux de perception des indicateurs climatiques entre les deux sites. En cas de concordance des savoirs, les termes "niveaux de concordance" et "niveaux de perception" sont synonymes.

## RÉSULTATS

### PARAMÈTRES, INDICATEURS LOCAUX ET TAUX DE PERCEPTION

Dans les deux sites, les facteurs climatiques tels que la pluviométrie, la température et le vent ont été cités comme les paramètres changeants les plus déterminants. Les indicateurs locaux de changement étaient variés, et les niveaux de concordance de leurs perceptions avec les tendances climatiques ont varié de faibles à élevés selon les indicateurs et selon la zone climatique (Tab. III).

TABLEAU III

*Paramètres climatiques, indicateurs et taux de perception à Donsin et Tougou*

Paramètres climatiques	Indicateurs de changements	Niveaux de perception (%)		Probabilités
		Donsin	Tougou	
Pluviométrie	1 : Pluviosité en baisse	90a	77a	0,09
	2 : Arrêt précoce des pluies	80a	76a	0,58
	3 : Raccourcissement de durée de la saison pluvieuse	85a	56b	0,0001
	4 : Augmentation des avortements de pluies	65a	60a	0,45
	5 : Augmentation de durée des poches de sécheresse en pleine saison pluvieuse	58a	30b	< 0,0001
	6 : Augmentation des pluies violentes	42a	39a	0,57
	7 : Sécheresse de l'air ambiant	30b	42a	0,03
	8 : Fréquente alternance inondation/sécheresse	40a	25b	0,006
	9 : Violence des tonnerres durant toute la saison pluvieuse	20a	15a	0,18
	10 : Disparition des pluies de grêle	40a	50a	0,08
	11 : Fréquence d'arc-en-ciel en début de saison pluvieuse	20a	15a	0,18
	12 : Retard dans l'installation de la saison pluvieuse	20a	18a	0,59
	13 : Diminution de la rosée	30a	35a	0,30
	14 : Augmentation des pluies de contre saison	10a	10a	1
Température	1 : Chaleurs de plus en plus fortes	85a	80a	0,50
	2 : Poussée de chaleur en août	15a	10a	0,14
	3 : Fraîcheur en début de saison pluvieuse	18a	25a	0,09
	4 : Diminution de l'intensité du froid	50a	55a	0,14
Vent	1 : Vents de plus en plus violents	66a	60a	0,36
	2 : Augmentation des tourbillons	42a	44a	0,71
	3 : Augmentation des brouillards de poussière	49a	55a	0,32
	4 : Apparition de tourbillons en saison pluvieuse	20a	10b	0,02

Les taux de perception sur la même ligne portant des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ) selon le test de Fischer.

### MODIFICATIONS TRENTENAIRES DES CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES

Entre les périodes 1951-1980 et 1981-2010, 18 des 23 variables climatiques analysées ont montré des changements significatifs ( $p < 0,05$ ) en zone nord-soudanienne contre 10 en zone sub-sahélienne (Tab. IV).

Les constats suivants ont été faits : (i) Les caractéristiques pluviométriques telles que PTOT, JP, P20-50 ont diminué respectivement de 15,1, 10,5 et 17 % en zone nord-soudanienne, contre 9,2, 5,6 et

20 % pour la zone sub-sahélienne ; les débuts de saisons de pluie ont montré des retards respectifs de 10 et de 2 jours en zone nord-soudanienne et sub-sahélienne ; les fins de saisons de pluie ont indiqué des avancées respectives de 8 et de 2 jours en zone nord-soudanienne et sub-sahélienne ; la longueur de la saison des pluies a diminué de 18 jours en zone nord-soudanienne et de 5 jours en zone sub-sahélienne ; le nombre de jours le plus élevé séparant deux pluies consécutives (poche de sécheresse) est passé de 7 à 9 jours pour le mois de juin en zone nord-soudanienne, ce nombre étant passé de 11 à 12 jours en zone sub-sahélienne ; (ii) l'humidité relative de l'air a baissé de 3,1 % en zone nord-soudanienne et de 3,9 % en zone sub-sahélienne ; (iii) les températures moyennes, minimales, maximales annuelles ont augmenté respectivement de 2,1 % (+0,6°C), 3,7 % (+0,8°C), 1,1 % (+0,4°C) en zone nord-soudanienne. En zone sub-sahélienne les températures moyenne et minimale ont augmenté de 2,8 % (+0,8°C) et de 7 % (+1,5°C), la température maximale n'y ayant pas varié.

TABLEAU IV

*Évolutions des caractéristiques climatiques entre 1951-1980 et 1981-2010 en zones nord-soudanienne et sub-sahélienne (moyennes trentennaires ± écart-type)*

Variables	Nord-soudanien		Probabilité	Variation (%)	Sub-sahélien		Proba	Variation (%)
	1951-1980	1981-2010			1951-1980	1981-2010		
PTOT	854a ± 169	725b ± 93	0,001	-15,1	670a ± 133	608b ± 161	0,04	-9,2
JP	57a ± 8	51b ± 6	0,008	-10,5	47a ± 6	44a ± 7	0,11	-5,6
P20-50	12a ± 4	10b ± 2	0,004	-17	10a ± 3	8b ± 3	0,047	-20
Lp	119a ± 27	101b ± 23	0,008	-15	90a ± 23	85a ± 27	0,44	-6
Ddp	4/6a ± 21	15/6a ± 21	0,059	+7	23/6a ± 20	25/6a ± 19	0,63	+1
Dfp	1/10a ± 10	23/9b ± 13	0,01	-3	20/9a ± 12	18/9a ± 13	0,44	-1
PS <sub>ju</sub>	7b ± 3	9a ± 4	0,04	+24	11a ± 6	12a ± 7	0,32	+15
PS <sub>je</sub>	5a ± 2	5a ± 2	0,90	+1	6a ± 2	6a ± 3	0,96	-0,5
PS <sub>ju</sub>	4a ± 1	4a ± 1	0,65	+3	5a ± 2	5a ± 2	0,66	-4
PS <sub>sp</sub>	6a ± 2	7a ± 2	0,42	+8	8a ± 3	8a ± 3	0,80	-2,5
PC	4a ± 3	3a ± 2	0,15	-22	2a ± 2	1,5a ± 1	0,40	-17
H	50,4a ± 1,2	48,9b ± 1,5	0,001	-3,1	44,6a ± 3,7	42,9a ± 3,3	0,06	-3,9
TM	28,2b ± 0,3	28,8a ± 0,4	<0,0001	+2,1(+0,6°C)	28,6b ± 0,4	29,4a ± 0,4	<0,0001	+2,8(+0,8°C)
TX	34,8b ± 0,4	35,2a ± 0,4	0,003	+1,1(+0,4°C)	35,8a ± 0,6	35,8a ± 0,5	0,99	+0,0008 (+0°C)
TX95p	68b ± 16	77a ± 13	0,02	+13,1	109a ± 16	114a ± 17	0,46	+5,1
TN95p	61b ± 12	95a ± 21	<0,0001	+54,2	90b ± 17	115a ± 18	0,04	+28,2
T août	26,1b ±	26,9a ± 0,5	<0,0001	+3,2(+0,8°C)	27b ±	27,6a ± 0,6	0,003	+2,1(+0,6°C)
T mai	31,2b ±	32,4a ± 0,9	<0,0001	+3,8(+1,2°C)	33b ±	33,9a ± 0,8	<0,0001	+2,8(+0,9°C)
T juin	28,8b ±	29,9a ± 0,7	<0,0001	+3,8(+1,1°C)	30,5b ±	31,4a ± 0,7	0,0002	+2,8(+0,9°C)
TN	21,5b ± 0,3	22,3a ± 0,5	<0,0001	+3,7(+0,8°C)	21,4b ± 0,5	22,9a ± 0,5	<0,0001	+7(+1,5°C)
TN5p	101a ± 14	86b ± 13	0,0001	-14,2	123a ± 13	69b ± 15	<0,0001	-43,9
TX5p	76a ± 14	67b ± 18	0,03	-12,3	63a ± 17	59a ± 23	0,66	-5,4
*V	2,3a ± 0,2	2,2b ± 0,3	0,03	-4,3	1,6b ± 0,3	2,3a ± 0,3	<0,0001	+43,8

\* = Période : 1963-1980 pour le Vent. Les moyennes sur la même ligne affectées de lettres identiques ne sont pas significativement différentes (p > 0,05) selon le test de Fisher

Les nombres annuels de jours et de nuits chauds ont augmenté respectivement de 9 et de 34 jours en zone nord-soudanienne, contre 5 et 25 jours en zone sub-sahélienne. Au contraire, les nombres annuels de jours et de nuits froids ont baissé de 9 et de 15 jours en zone nord-soudanienne, contre 4 et 54 jours en zone sub-sahélienne. Les températures des mois de mai, juin et août ont augmenté respectivement de 3,8 % (+1,2°C), 3,8 % (+1,1°C), 3,2 % (+0,8°C) en zone nord-soudanienne, et en zone sub-sahélienne les hausses étaient de 2,8 % (+0,9°C), 2,8 % (+0,9°C), 2,1 % (+0,6°C) pour les mois de mai, juin et août respectivement ; (iv) La vitesse du vent a augmenté de 43 % en zone sub-sahélienne alors qu'elle a baissé de 4,3 % en zone nord-soudanienne.

TABLEAU V

Dates de ruptures, segmentation, statistiques descriptives (moyennes  $\pm$  écart type) des variables climatiques

Variables	Nord-soudanien			Sub-sahélien		
	Ruptures	Segments	Moyennes	Ruptures	Segments	Moyennes
PTOT	1976↓**	1951-1975 1976-2010	874a $\pm$ 156 729b $\pm$ 114	1968↓** 1990↑*	1951-1967 1968-1989 1990-2010	742a $\pm$ 90 562b $\pm$ 139 673a $\pm$ 135
JP	1970↓**	1952-1969 1970-2010	60a $\pm$ 6 52b $\pm$ 6	—	—	—
P20-50	1976↓*	1952-1975 1976-2010	13a $\pm$ 3 10b $\pm$ 3	1967↓** 1990↑*	1951-1966 1967-1989 1990-2010	12a $\pm$ 3 8b $\pm$ 3 10a $\pm$ 3
Lp	1978↓*	1952-1977 1978-2010	122a $\pm$ 25 100b $\pm$ 23	—	—	—
Dfp	1979↓*	1952-1978 1979-2010	2/10a $\pm$ 10 24/9b $\pm$ 12	—	—	—
PS <sub>ju</sub>	2005↑**	1954-2004 2005-2010	7b $\pm$ 2 13a $\pm$ 4	—	—	—
H	1979↓*	1951-1978 1979-2010	50,40a $\pm$ 1,99 49,02b $\pm$ 1,62	—	—	—
TM	1977↑* 1996↑**	1951-1976 1977-1995 1996-2010	28,1c $\pm$ 0,3 28,4b $\pm$ 0,3 29,1a $\pm$ 0,3	1966↑* 1978↑** 2001↑**	1951-1965 1966-1977 1978-2000 2001-2010	28,4d $\pm$ 0,3 28,8c $\pm$ 0,4 29,2b $\pm$ 0,3 29,8a $\pm$ 0,4
TX	1992↑**	1952-1991 1992-2010	34,8b $\pm$ 0,4 35,3a $\pm$ 0,3	—	—	—
TX95p	1997↑*	1952-1996 1997-2010	70b $\pm$ 15 82a $\pm$ 14	—	—	—
TN95p	1968↑* 1990↑** 2000↑**	1952-1967 1968-1989 1990-1999 2000-2010	57d $\pm$ 11 73c $\pm$ 12 91b $\pm$ 14 112a $\pm$ 21	1965↑* 1981↑** 2001↑**	1954-1964 1965-1980 1981-2000 2001-2010	57d $\pm$ 11 78c $\pm$ 15 108b $\pm$ 14 129a $\pm$ 16
T Août	1972↑** 1995↑**	1951-1971 1972-1994 1995-2010	26c $\pm$ 0,5 26,7b $\pm$ 0,5 27,2a $\pm$ 0,4	1971↑**	1951-1970 1971-2010	26,6b $\pm$ 0,5 27,7a $\pm$ 0,6
T Mai	1982↑**	1951-1981 1982-2010	31,2b $\pm$ 0,7 32,5a $\pm$ 0,9	1982↑**	1951-1981 1982-2010	33b $\pm$ 0,8 34a $\pm$ 0,8
T Juin	1968↑* 1994↑**	1951-1967 1968-1993 1994-2010	28,6c $\pm$ 0,7 29,2b $\pm$ 0,7 30,2a $\pm$ 0,7	1968↑**	1951-1967 1968-2010	30,1b $\pm$ 0,7 31,3a $\pm$ 0,8
TN	1977↑* 1995↑**	1951-1976 1977-1994 1995-2010	21,4c $\pm$ 0,3 21,9b $\pm$ 0,3 22,7a $\pm$ 0,4	1968↑* 1982↑** 2002↑**	1951-1967 1968-1981 1982-2001 2002-2010	21,3d $\pm$ 0,5 21,7c $\pm$ 0,4 22,8b $\pm$ 0,4 23,4a $\pm$ 0,4
TN5p	1995↓**	1952-1994 1995-2010	99a $\pm$ 13 79b $\pm$ 12	1978↓* 1984↓**	1951-1977 1978-1983 1984-2010	113a $\pm$ 17 91b $\pm$ 11 66c $\pm$ 12
TX5p	1994↓**	1952-1993 1994-2010	77a $\pm$ 15 60b $\pm$ 15	—	—	—
V	1975↓* 1986↓** 1994↑*	1963-1974 1975-1985 1986-1993 1994-2010	2,5a $\pm$ 0,1 2,2b $\pm$ 0,2 1,9c $\pm$ 0,2 2,3b $\pm$ 0,2	1968↓* 1982↑* 2005(↓)	1963-1967 1968-1981 1982-2004 2005-2010	1,9b $\pm$ 0,1 1,5c $\pm$ 0,2 2,3a $\pm$ 0,3 2,1a $\pm$ 0,1

**Légende :** ↓ : baisse ; ↑ : hausse ; ( ) : \* et \*\* tendances non significatives, significatives et hautement significatives. Les moyennes affectées de lettres identiques ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ) selon le test de Fisher. Les variables Ddp, PS<sub>ju</sub>, PS<sub>ai</sub> et PS<sub>sp</sub> de valeur nulle ont été omises du tableau.

## RUPTURES, SEGMENTATIONS ET VARIABILITÉ INTERANNUELLE

Plusieurs dates de ruptures ont été relevées, et 18 des 23 variables ont présenté au moins une rupture en zone nord-soudanienne, contre 10 en zone sub-sahélienne (Tab. V).

Les différences entre les valeurs moyennes de ces variables dans les laps de temps (segments) correspondants ont été significatives ( $p < 0,05$ ). L'évolution des indices de Nicholson montre que les variabilités interannuelles des caractéristiques climatiques en zones nord-soudanienne et sub-sahélienne ont été marquées par des périodes climatiques excédentaires et déficitaires (Fig. 4, 5, 6, 7). L'analyse du tableau V et des figures 4, 5, 6 et 7 permet de faire les constats ci-dessous relevés et relatifs : (i) aux caractéristiques pluviométriques, (ii) à l'humidité de l'air, (iii) aux caractéristiques de température et (iv) à la vitesse du vent.

### CARACTÉRISTIQUES PLUVIOMÉTRIQUES

Le total annuel des pluies a connu des ruptures à la baisse hautement significative ( $p < 0,0001$ ) localisées en 1976 et en 1968 en zones nord-soudanienne et sub-sahélienne respectivement. Une seconde rupture à la hausse significative ( $p = 0,006$ ) localisée en 1990 a été observée en zone sub-sahélienne. Le nombre de jours de pluie en saison pluvieuse, la fréquence des pluies intenses ont connu des ruptures à la baisse hautement significatives ( $p < 0,0001$  et  $p = 0,0004$ ) localisées en 1970 et 1976 en zone nord-soudanienne. Par contre, en zone sub-sahélienne, la fréquence des pluies intenses a connu une rupture à la baisse hautement significative ( $p < 0,0001$ ) localisée en 1967, suivie d'une rupture à la hausse significative ( $p = 0,002$ ) localisée en 1990. Les dates de rupture (baisse ou hausse) du total annuel des pluies ont coïncidé avec celles de la fréquence des pluies intenses dans les deux zones. Il y a une corrélation hautement significative ( $P < 0,0001$ ,  $r \geq 0,71$ ) entre le total annuel des pluies et la fréquence des pluies intenses (Fig. 2). Les relations sont très similaires entre les deux zones agro climatiques, avec des régressions parallèles décalées de l'écart entre les pluviosités moyennes.

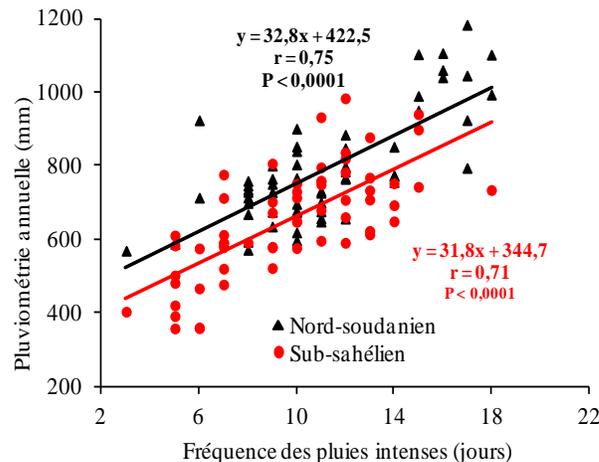


Figure 2 — Relation entre la pluviométrie et la fréquence des pluies intenses de 1951 à 2010 en zones nord-soudanienne et sub-sahélienne

En zone nord-soudanienne, une rupture à la baisse significative ( $p = 0,001$ ) de la longueur de saison pluvieuse localisée en 1978 a été observée. La date de rupture à la baisse du total annuel des pluies (1976) coïncide presque avec celle de la longueur de la saison des pluies ; il existe une corrélation significative ( $P < 0,0001$ ,  $r = 0,51$ ) entre le total annuel des pluies et la longueur de la saison des pluies (Fig. 3). Dans cette zone, le début de saison pluvieuse n'a montré aucune rupture sur la période de référence, tandis que la fin de saison a connu un raccourcissement passant du 2/10 au 24/9 autour des années 1979. La fréquence des poches de sécheresse du mois de juin y a connu une rupture hautement significative ( $p < 0,0001$ ) en 2005, passant de 7 jours à 13 jours. Les caractéristiques de saison de pluie telles que Ddp, Dfp, Lp et PS n'ont pas montré de ruptures en zone sub-sahélienne.

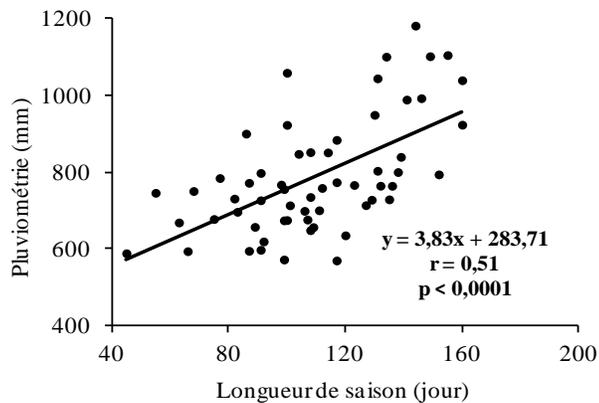


Figure 3.— Relation entre la pluviométrie totale et la longueur de la saison des pluies en zone nord-soudanienne de 1951 à 2010

La variabilité interannuelle des caractéristiques pluviométriques indique une tendance à la baisse (de  $I_i > 0$  vers  $I_i < 0$ ) de 1951 à 2010, tendance plus perceptible au niveau du total annuel des pluies où la baisse semblait débiter autour des années 1977. Les valeurs négatives de  $I_i$  (qui traduisent les déficits) ont été dominantes à partir des années 1977-1980 pour le nombre de jours de pluie en saison pluvieuse, la fréquence des pluies intenses, la longueur de saison, la date de fin de saison. Par contre, les autres caractéristiques telles que la date de début de saison, la fréquence des pluies de contresaison et les fréquences des poches de sécheresse des mois de juin, juillet, août et septembre ont évolué en dents de scie avec une succession d'excédents et de déficits, sans tendance globale observable (Fig. 4).

#### *HUMIDITÉ DE L'AIR*

L'humidité relative de l'air a été marquée par une rupture à la baisse significative ( $p = 0,004$ ) localisée en 1979 en zone nord-soudanienne.

L'évolution interannuelle de l'humidité relative de l'air a permis de distinguer plusieurs phases. Une période de baisse de 1956 à 1963, qui a précédé une période de hausse de 1951 à 1955, et qui a été suivie par une période de hausse de 1964 à 1982 dans les deux zones climatiques. À partir de 1983, une période de baisse de l'humidité a été observée jusqu'en 2010 en zone nord-soudanienne. Cette baisse a été observée de 1983 à 1991 en zone sub-sahélienne, suivie d'une hausse de 1992 à 1997 et d'une autre baisse de 1998 à 2010 (Fig. 5).

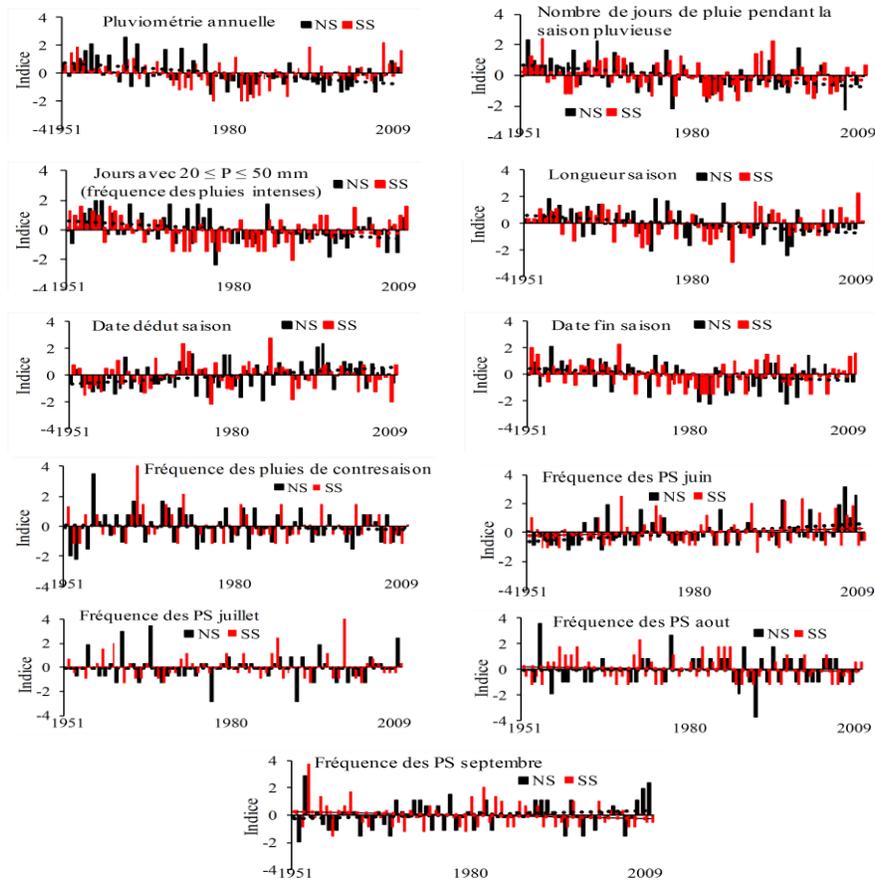


Figure 4.— Variabilité interannuelle des caractéristiques pluviométriques de 1951 à 2010.

#### CARACTÉRISTIQUES DE TEMPÉRATURE

Des ruptures à la hausse ont été relevées en zone nord-soudanienne à l'exception du nombre de nuits et de jours froids qui y ont montré des baisses hautement significatives ( $p < 0,0001$  et  $p = 0,0003$ ) localisées en 1995 et 1994. Dans cette zone, la température moyenne annuelle a enregistré une première rupture significative ( $p = 0,003$ ) en 1977 et une seconde rupture hautement significative ( $p < 0,0001$ ) en 1996. En zone sub-sahélienne, ces ruptures ont été observées en trois étapes, 1966 ( $p = 0,002$ ), 1978 ( $p = 0,0002$ ) et 2001 ( $p < 0,0001$ ). La température minimale moyenne annuelle a montré une dynamique semblable à celle de la température moyenne annuelle, contrairement à la température maximale moyenne. Les températures moyennes annuelles de mai, juin et août ont montré différentes dates de rupture à la hausse dans les deux zones.

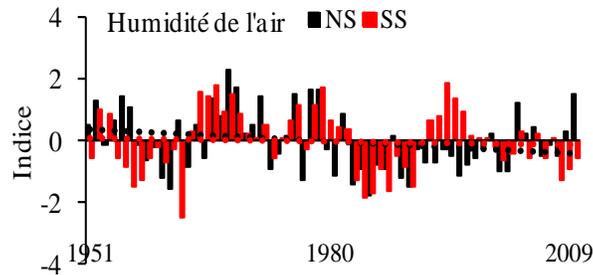


Figure 5.— Variabilité interannuelle de l'humidité relative de l'air entre 1951 et 2010.

L'indice de Nicholson appliqué aux variables de température, a indiqué une tendance nette à la hausse (de  $I_i < 0$  vers  $I_i > 0$ ) des températures moyennes, des températures minimales, des températures de mai, juin, août et du nombre de nuits chaudes. Les périodes de hausse ont débuté autour des années 1980-1985. Par contre, une tendance nette à la baisse (de  $I_i > 0$  vers  $I_i < 0$ ) dont le début se situe vers 1980, a été constatée au niveau du nombre de nuits froides. La température maximale, les nombres de jours chauds et de jours froids ont évolué en dents de scie avec cependant une tendance à la hausse pour la température maximale et le nombre de jours chauds, et une tendance à la baisse pour le nombre de jours froids (Fig. 6).

#### VENT

La vitesse du vent a été marquée par deux types de ruptures (baisse et hausse) dans les deux zones. Deux ruptures successives à la baisse dont l'une significative ( $p = 0,002$ ) localisée en 1975 et l'autre hautement significative ( $p < 0,0001$ ) localisée en 1986, et une autre rupture à la hausse significative ( $p = 0,04$ ) localisée en 1994 ont été enregistrées en zone nord-soudanienne. Par contre, en zone sub-sahélienne, une première rupture à la baisse hautement significative ( $p = 0,0004$ ) localisée en 1968, suivie d'une seconde rupture à la hausse significative ( $p = 0,001$ ) localisée en 1982 et d'une troisième rupture à la baisse non significative ( $p = 0,34$ ) localisée en 2005 ont été enregistrées.

La variabilité interannuelle de la vitesse du vent, sur la période 1963-2010, a indiqué une tendance nette à la hausse (de  $I_i < 0$  vers  $I_i > 0$ ) en zone sub-sahélienne. La hausse a débuté autour des années 1983. Par contre, en zone nord-soudanienne, une tendance à la baisse (de  $I_i > 0$  vers  $I_i < 0$ ) ayant commencé autour de 1983 a été observée. En 2005, une tendance à la hausse est apparue dans cette zone et s'est poursuivie jusqu'à la fin de la période d'observation (Fig. 7).

#### RELATION ENTRE PERCEPTIONS LOCALES ET ANALYSES CLIMATIQUES

En zones nord-soudanienne et sub-sahélienne, sur les 16 indicateurs locaux, neuf (56 %) concordent avec les tendances climatiques correspondantes (Tab.VI). Les constats suivants ont été dégagés.

Les trois indicateurs locaux correspondant à la baisse des précipitations annuelles concordent avec l'évolution à la baisse des pluviosités annuelles avec des niveaux moyens de concordance de 62 % à Donsin et 57 % à Tougou.

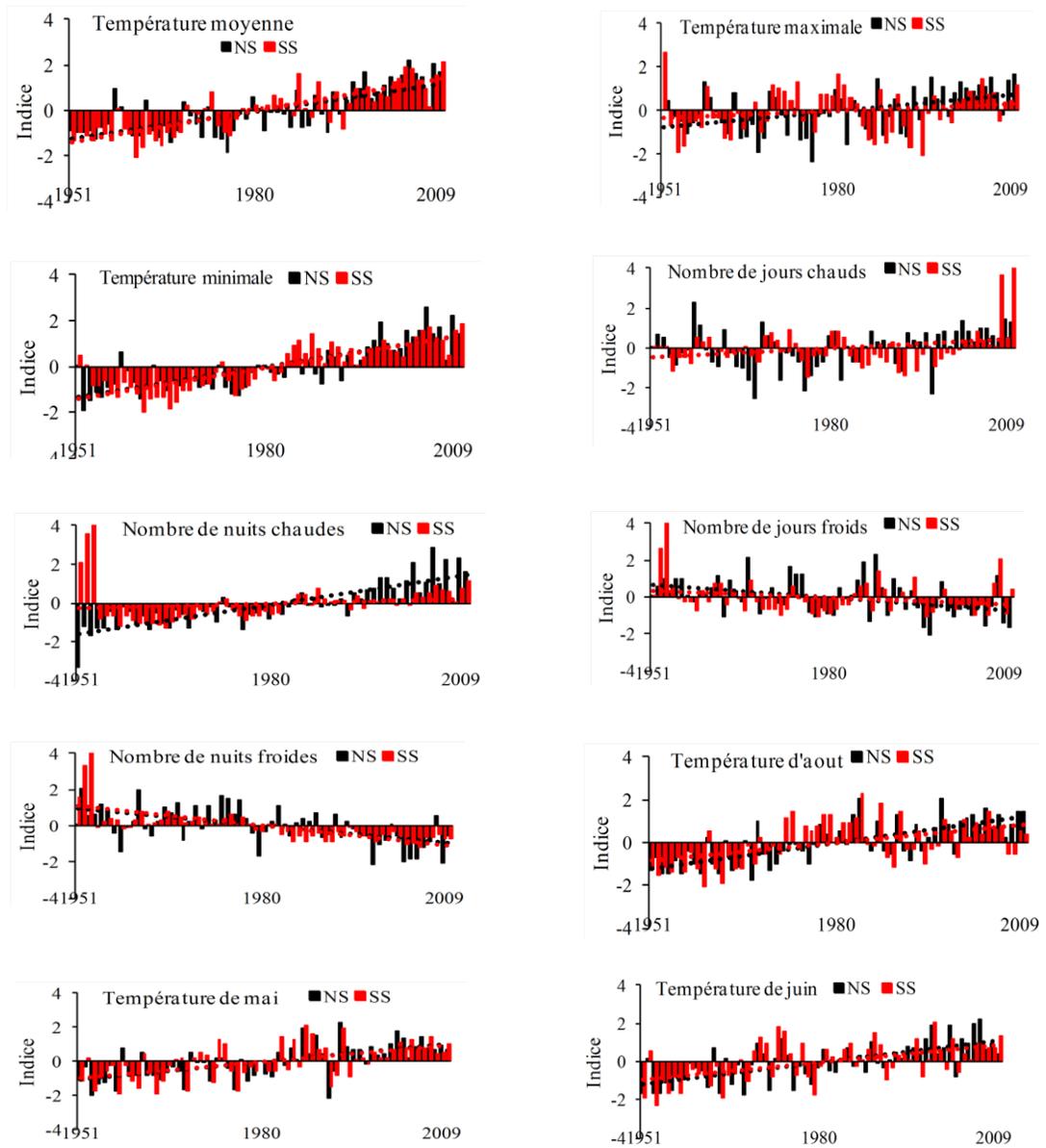


Figure 6.— Variabilité interannuelle des caractéristiques de température entre 1951 et 2010.

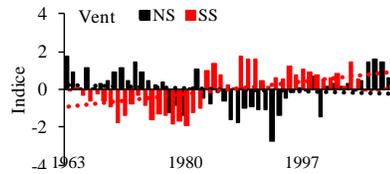


Figure 7.— Variabilité interannuelle de la vitesse du vent entre 1963 et 2010.

La hausse des poches de sécheresse des mois de juin, juillet, août et septembre en zone nord-soudanienne est en accord avec l'indicateur "Augmentation de durée des poches de sécheresse en pleine saison pluvieuse", dans cette zone, il y a une concordance entre les deux visions avec un niveau moyen de 58 %. Par contre, en zone sub-sahélienne, il y a une divergence des visions sauf pour le mois de juin. Nous retenons donc qu'il y a discordance globale entre perceptions locales et données scientifiques relativement à la fréquence des poches de sécheresse en zone sub-sahélienne.

L'analyse climatique indique une baisse de la fréquence des pluies de contresaison, ce qui est contradictoire à la perception locale "Augmentation des pluies de contresaison". Il y a une discordance des visions dans les deux zones agro climatiques.

La baisse du nombre de jours de pluie en saison pluvieuse et la diminution de la longueur de saison des pluies, ne contredisent pas l'indicateur local "Raccourcissement de durée de la saison pluvieuse", il y a une concordance entre visions paysannes et données scientifiques avec des niveaux de concordance élevés (85 %) en zone nord-soudanienne et moyens (56 %) en zone sub-sahélienne.

Le recul des dates de début de saison des pluies est en accord avec l'indicateur local "Retard des pluies" : il y a une concordance des visions avec des niveaux faibles de 20 et 18 % à Donsin et Tougou.

L'avancée des dates de fin de saison des pluies révélée par l'analyse climatique ne contredit pas l'indicateur local "Arrêt précoce des pluies" perçu par les paysans : il y a une concordance des connaissances avec des niveaux élevés de 80 et 76 % à Donsin et Tougou.

L'évolution à la baisse de la fréquence des pluies intenses est contraire aux deux indicateurs locaux ("Augmentation des pluies violentes", "Disparition des pluies de grêle") correspondants dans les deux zones : il y a une discordance des visions.

L'humidité de l'air a diminué dans les deux zones. Cette dynamique concorde avec l'indicateur local "Sécheresse de l'air ambiant" avec de faibles niveaux de perception de 30 et 42 % à Donsin et Tougou.

L'évolution des quatre variables de température concorde avec l'indicateur local "Chaleurs de plus en plus fortes". Les taux de perception de l'indicateur étaient élevés, 85 % à Donsin et 80 % à Tougou.

La température annuelle d'août a connu une hausse dans les deux zones confirmant ainsi les perceptions locales "Poussée de chaleur en août", avec un faible niveau de concordance de 15 % à Donsin et 10 % à Tougou.

L'analyse des températures des mois de mai, juin en relation avec l'indicateur "Fraîcheur en début de saison pluvieuse" a montré une hausse dans les deux zones contredisant les perceptions des enquêtés. Il n'y a pas de concordance entre perception locale et données scientifiques sur le réchauffement des températures des mois de début de saison pluvieuse.

TABLEAU VI

Analyse de la concordance entre perceptions paysannes et données scientifiques

Paramètres	Indicateurs de changement	Perceptions paysannes (%)		Variables climatiques analysées	Variation (%) des moyennes trentenaires 1981-2010 versus 1951-1980		Concordances et niveaux				
		Donsin	Tougou		NS	SS	Zones		Niveaux		
							NS	SS	NS	SS	
pluviométrie	1. Pluviosité en baisse 2. Augmentation des avortements de pluies 3. Diminution de la rosée	90a 65a 30a <b>(Moy = 62a)</b>	77b 60a 35a <b>(Moy = 57a)</b>	1. Précipitations annuelles	-15ab	-4aa	O	O	M	M	
	4. Augmentation de durée des poches de sécheresse en pleine saison pluvieuse	58a	30b	2. Fréquence des PSjn 3. Fréquence des PSjt 4. Fréquence des PSau 5. Fréquence des PSp	+24ab +0aa +0aa +8aa	+15aa -0aa -0aa -0aa	O O O O	O N N N	M M M M	F - - -	
	5. Augmentation des pluies de contresaison	10a	10a	6. Fréquence des pluies de contresaison	-22aa	-17aa	N	N	-	-	
	6. Raccourcissement de durée de saison pluvieuse	85a	56b	7. Nombre de jours de pluie pendant la saison pluvieuse 8. Longueur de saison des pluies	-10,5ab -15ab	-5,6aa -6aa	O O	O O	E E	M M	
	7. Retard des pluies	20a	18a	9. Date de début de saison	+7aa	+1aa	O	O	F	F	
	8. Arrêt précoce des pluies	80a	76a	10. Date de fin de saison	-3ab	-1aa	O	O	E	E	
	9. Augmentation des pluies agressives 10. Disparition des pluies de grêle	42a 40a <b>(Moy = 41a)</b>	39a 50a <b>(Moy = 45a)</b>	11. Fréquence des pluies intenses	-20ab	-1aa	N	N	-	-	
	Humidité de l'air	11. Sécheresse de l'air ambiant	30b	42a	12. Humidité moyenne annuelle	-3,1ab	-3,9aa	O	O	F	F
	Température	12. Chaleurs de plus en plus fortes	85a	80a	13. Température moyenne 14. Température maximale 15. Nuits chaudes 16. Jours chauds	+2,1 (+0,6°)ab +1,1 (+0,4°)ab +54,2ab +13,1ab	+2,8 (+0,8°)ab +0aa (+0°) +28,2ab +5,1aa	O O O O	O O O O	E E E E	E E E E
		13. Poussée de chaleur en août	15a	10a	17. Température d'août	+3,2 (+0,8°)ab	+2,1 (+0,6°)ab	O	O	F	F
14. Fraicheur en début de saison pluvieuse		18a	25a	18. Température de mai 19. Température de juin	+3,2 (+1,2°)ab +3,8ab (+1,1°)	+2,7ab (+0,9°) +2,8ab (+0,9°)	N N	N N	- -	- -	
15. Diminution de l'intensité du froid		50a	55a	20. Température minimale 21. Nuits froides 22. Jours froids	+3,7ab (+0,8) -14,2ab -12,3ab	+7ab (+1,5°) -43,9ab -5,4aa	O O O	O O O	M M M	M M M	
Vent		16. Vents de plus en plus violents	66a	60a	23. Vitesse annuelle du vent	-4,3ab	+43,8ab	N	O	-	M

Moy = Moyenne ; O = Oui ; N = Non ; E = Elevé, M = Moyen, F = Faible..

Les chiffres portant des binômes de lettres identiques (dans la colonne "Variation (%) des moyennes trentenaires 1981-2010 versus 1951-1980") indiquent des variations non significatives (p > 0,05) selon le test de Fischer.

L'analyse des trois variables de température reliées à l'indicateur local de modification de température tel que "Diminution de l'intensité du froid", a montré que les températures fraîches (représentées par les températures minimales) se réchauffaient tandis que les nombres de jours froids diminuaient dans les deux zones agro climatiques. Ce résultat d'analyse concorde avec la vision des enquêtés avec des niveaux moyens de concordance de 50 % à Donsin et 55 % à Tougou.

La variable climatique vitesse moyenne annuelle du vent correspondant à l'indicateur "Vents de plus en plus violents", a baissé en zone nord-soudanienne et a augmenté en zone sub-sahélienne. En zone nord-soudanienne cette évolution de la vitesse du vent est en contradiction avec les perceptions des enquêtés : il n'y a donc pas de concordance (malgré le taux de 66 % de perception) entre les perceptions locales et les données scientifiques. Par contre, en zone sub-sahélienne, les perceptions des enquêtés concordaient avec la modification observée avec un niveau moyen de concordance 60 %.

## DISCUSSION

### PARAMÈTRES, INDICATEURS ET TAUX DE PERCEPTION

Les paramètres climatiques tels que la pluviométrie, la température et le vent ont été cités comme étant les plus déterminants. Cette perception des producteurs s'explique par le fait que ces trois paramètres déterminent la bonne ou mauvaise saison agricole. Ils paraissent alors plus visibles et mémorables par les producteurs. Agossou *et al.* (2012) ont relevé des perceptions paysannes similaires dans les réponses à un sondage conduit dans diverses zones écologiques du Bénin. La pluviosité, avec son influence forte sur les productions agro-sylvo-pastorales dans les conditions du Burkina Faso (Ali, 2010), a, de ce fait, enregistré un nombre élevé d'indicateurs dont les plus visibles ("Baisse de la pluviosité", "Arrêt précoce des pluies", "Raccourcissement de durée de la saison pluvieuse", "Augmentation des avortements de pluies") ont été perçus par plus de 50 % des enquêtés dans chaque site. Un constat similaire a été relevé par Mbow *et al.* (2008) dans les réponses à une enquête menée au Sénégal. Nos résultats, comparés à ceux de Ouédraogo *et al.* (2010), révèlent des indicateurs nouveaux tels que "Violence des tonnerres durant toute la saison pluvieuse", "Disparition des pluies de grêle", "Fréquence d'apparition d'arc-en-ciel en début de saison pluvieuse", "Diminution de la rosée". La persistance des tonnerres durant toute la saison pluvieuse signifierait selon les enquêtés que la régularité des pluies est devenue une incertitude. La fréquence d'apparition d'arc-en-ciel confirme ce caractère incertain des pluies, car si on se réfère à Boyer (2005), actuellement, en Bulgarie, aux États-Unis et en Afrique, l'arc-en-ciel est un indicateur signifiant qu'il n'y aura pas de pluie. Les indicateurs tels que "Disparition des pluies de grêle", "Diminution de la rosée", "Sécheresse de l'air ambiant" sont plutôt subséquents de la diminution de l'abondance des pluies. Les taux de perception des indicateurs pluviométriques étaient plus élevés à Donsin, zone nord-soudanienne, comparativement à Tougou, zone sub-sahélienne, à l'exception des indicateurs tels que "Sécheresse de l'air ambiant" et "Disparition des pluies de grêle". Ces résultats s'expliquent par le fait qu'en zone nord-soudanienne, la chute du total pluviométrique au cours des trente dernières années (1981-2010) a été plus importante qu'en zone sub-sahélienne où il y a une compensation partielle de la tendance observable avec la succession de ruptures inverses.

Les taux de perceptions étaient globalement uniformes (différences non significatives) entre les deux sites pour les indicateurs de changement de température et la violence du vent. En effet, les producteurs se souviennent facilement des phénomènes climatiques tels que la hausse de température et la violence du vent qui entraînent des dégâts matériels (destruction de toitures, érosion des terres cultivables, verse des cultures, brûlure des plantes, déracinement des arbres, etc.). Les poussières de l'harmattan (brouillard) ont été moyennement perçues alors qu'elles

représentent un problème de santé publique (De Longueville *et al.*, 2013). Des résultats semblables relatifs à la hausse de température et la violence du vent ont été rapportés par Ouédraogo *et al.* (2010) au Burkina Faso et par Agossou *et al.* (2012), Vissoh *et al.* (2012), Ozer *et al.* (2013) au Bénin dans des travaux similaires.

#### MODIFICATION TRENTENAIRE DES CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES

L'analyse a permis de mettre en évidence la baisse de la pluviométrie de la normale 1981-2010 par rapport à 1951-1980. Cependant, les deux zones n'ont pas été touchées avec la même acuité compte tenu de l'influence des climats locaux. Des études menées au Burkina Faso (Ibrahim *et al.*, 2012) et dans la zone ouest africaine (Mahé & Paturel, 2009) ont montré que le volume des pluies était en régression. Cette péjoration pluviale entraîne une baisse de l'humidité relative de l'air (Kouassi *et al.*, 2010).

L'analyse des variables de températures a montré que le réchauffement concerne les deux zones agro-climatiques, confirmant ainsi les résultats des travaux de Ozer *et al.* (2013) menés au Bénin et de Almazroui *et al.* (2012) menés dans la péninsule arabique. En zone sub-sahélienne, le réchauffement global observé (représenté par la température moyenne annuelle) a été plus élevé (+0,8°C en 30 ans soit +0,27°C par décennie) comparativement à la zone nord-soudanienne (+0,6°C en 30 ans soit +0,20°C par décennie). Nous interprétons cette différence par le faible potentiel en bois (4 951 600 m<sup>3</sup>) en zone sub-sahélienne comparativement à la zone nord-soudanienne (49 731 400 m<sup>3</sup>) provoquant une augmentation de l'albédo et une diminution de la chaleur du sol, ce qui engendre une hausse des températures de l'air par transfert de chaleur (Charney *et al.*, 1977). Par ailleurs, en zone sub-sahélienne, le faible potentiel en bois (qui absorbe naturellement le gaz carbonique contenu dans l'atmosphère) va augmenter la teneur atmosphérique de ce gaz à effet de serre (Sultan *et al.*, 2001) engendrant la hausse des températures. Plusieurs études ont montré que les causes du réchauffement actuel sont en relation directe avec l'augmentation des gaz à effet de serre et/ou l'activité solaire (Michaels *et al.*, 2000 ; GIEC, 2013). Ce réchauffement s'est sensiblement accentué au cours des dernières décennies (Feuillet, 2009 ; GIEC, 2013). À l'échelle locale, la végétation agit sur la température de l'air qu'elle modère (Faurie *et al.*, 2011). Entre 1980-2080, l'IPCC (2007) prévoit des hausses de température d'environ 0,30°C par décennie dans la zone d'Afrique de l'Ouest. Ces prévisions ne s'écartent pas trop de ce que nos résultats ont montré comme hausse dans la zone sub-sahélienne entre 1951-2010 (+0,27°C par décennie).

La faible variation de la vitesse du vent relevée en zone nord-soudanienne comparativement à sa forte augmentation constatée en zone sub-sahélienne trouve son explication à travers la densité du peuplement ligneux qui constitue un obstacle au gain de violence du vent (Faurie *et al.*, 2011). En effet, la zone sub-sahélienne, avec une densité potentielle ligneuse de 97 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, est plus exposée au vent contrairement à la zone nord-soudanienne où cette densité potentielle est de 539 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> et, de ce fait, joue un rôle plus efficace de brise-vent. La rugosité locale peut aussi jouer un rôle important dans cette variabilité de vitesse de vent. Il faut noter aussi que la vitesse du vent est très "fragile" dans sa mesure, surtout en Afrique de l'Ouest (Ozer, 2000). Ce paramètre a enregistré des données manquantes qui ont dû influencer aussi les résultats obtenus.

#### RUPTURES, SEGMENTATIONS ET VARIABILITÉ INTERANNUELLE

Le test de Pettitt et la segmentation de Hubert ont permis de déceler plusieurs ruptures. Ces ruptures ont été soit à la hausse, soit à la baisse, soit les deux à la fois à des dates différentes pour la même variable dans la même zone agro-climatique. Cette variation des caractéristiques climatiques renforce le caractère plus ou moins variable certes, mais aléatoire et péjoratif du climat aride (Le Houérou, 1989). Les ruptures à la baisse de la pluviométrie totale localisées en 1976 et 1968 en zones nord-soudanienne et sub-sahélienne, mettent en évidence le déficit pluviométrique des années 1970 et 1980 observé dans le Sahel, et sont en accord avec les travaux antérieurs

similaires (Demarée, 1990). La rupture à la hausse intervenue en 1990 en zone sub-sahélienne suggère que le déficit pluviométrique qui a affecté la zone sub-sahélienne a pris fin en 1989 et que, depuis 1990, un retour à des conditions plus humides est observé. Mais ce retour n'a pas permis jusqu'ici, d'atteindre les valeurs "pré-ruptures" caractérisant les années 1950 et 1960 (L'hôte *et al.*, 2002). Ainsi, comme rapporté par Ali & Lebel (2008), ce mode de rupture des pluies plaide pour distinguer la période 1990-2010 relativement humide, de la sécheresse généralisée des décennies 1970 et 1980 au Sahel. Jouve (2010) et Sparacino (2011) justifient partiellement ce retour à des conditions plus humides par la réhabilitation des terres dégradées suite aux nombreux travaux de récupération et de restauration des sols réalisés dans cette zone. Les campagnes de pluies provoquées entreprises par les gouvernements dans ces zones sahéliennes en vue de s'adapter aux changements climatiques, pourraient aussi en être les raisons partielles. Les coïncidences de dates de rupture entre la pluviométrie et la fréquence des pluies intenses consolident l'analyse selon laquelle la pluviométrie est fortement expliquée par la classe des pluies intenses (Albergel *et al.*, 1985). Ces auteurs ont indiqué qu'au Burkina Faso, la baisse des précipitations était caractérisée par une forte diminution des pluies supérieures à 40 mm, et que cette fraction pluviométrique expliquait plus de 50 % de la variabilité de la pluviométrie totale. Nicholson (1995) avait mis en évidence le caractère intensif des pluies au Sahel. Plusieurs pluies violentes ont causé d'importants dégâts en divers points du Sahel au cours des dernières années (Sene & Ozer, 2002). La hausse de la fréquence des pluies intenses relevée à partir des années 90 pourrait en être une des causes (Panthou *et al.*, 2012).

Au Tchad, l'analyse de la variabilité interannuelle de la pluviométrie a permis d'observer des périodes humide et sèche (Bedoum *et al.*, 2013). Nos observations sont en accord avec les études faites sur cette variabilité interannuelle des précipitations en Afrique de l'Ouest et Centrale (Nicholson, 2001 ; Kouakou *et al.*, 2007).

Les ruptures constatées au niveau de la température moyenne annuelle semblent montrer qu'en zone nord-soudanienne, on assiste à une rupture à la hausse de la température tous les 20 ans environ tandis qu'en zone sub-sahélienne, la cadence de hausse est de 15 ans environ. Cette dynamique pourrait s'interpréter par le rôle de tampon que joue le couvert végétal à l'échelle locale sur la température (Faurie *et al.*, 2011). L'augmentation des températures moyennes a été conditionnée par celle des températures minimales puisque les dates de rupture à la hausse des deux variables ont été les mêmes et la température maximale a été presque stationnaire en zone sub-sahélienne. Par ailleurs, l'évolution de l'indice de Nicholson relatif à la température minimale a indiqué une dynamique identique à celle de la température moyenne dans les deux zones. Feuillet (2009) a abouti à la même conclusion dans ses travaux sur l'évolution des températures à Nantes entre 1946 et 2000.

Les résultats de l'analyse de la variabilité interannuelle des caractéristiques climatiques complètent et/ou consolident les informations relatées par les modifications trentenaires et les ruptures.

Les absences de ruptures relevées en zone sub-sahélienne s'expliqueraient par la relative stabilité climatique signalée dans cette zone (Ozer *et al.*, 2010).

#### RELATION ENTRE PERCEPTIONS PAYSANNES ET ANALYSES CLIMATIQUES

Il est ressorti que les modifications climatiques majeures perçues par les producteurs ont concerné : (i) La pluviométrie à travers les indicateurs tels que "Pluviosité en baisse", "Arrêt précoce des pluies", "Raccourcissement de durée de la saison pluvieuse" ; (ii) La température à travers les indicateurs tels que "Chaleurs de plus en plus fortes" et "Diminution de l'intensité du froid" et (iii) Le vent à travers l'indicateur tel que "Vents de plus en plus violents". L'analyse des variables climatiques correspondant à ces indicateurs a montré qu'il y a une concordance entre perceptions paysannes et tendances climatiques. Tout se passe comme si la concordance des indicateurs climatiques locaux ainsi que leurs niveaux de perception au regard des tendances

observées dépendaient de l'impact de ces indicateurs sur la production agricole. Ainsi les indicateurs tels que "Pluviosité en baisse", "Raccourcissement de durée de saison pluvieuse", "Arrêt précoce des pluies", "Chaleurs de plus en plus fortes" (dont les impacts sur l'activité agricole sont très importants du point de vue des producteurs) concordent avec les données scientifiques et sont perçus par plus de 75 % des enquêtés. Les indicateurs tels que "Augmentation des avortements de pluies", "Augmentation des poches de sécheresse"(zone nord-soudanienne), Diminution de l'intensité du froid", "Vents de plus en plus violents" (zone sub-sahélienne), qui ont un impact agricole moins évident que les précédents du point de vue des producteurs, concordent avec les tendances observées et sont perçus par un peu plus de 50 % des enquêtés. Les indicateurs tels que "Sécheresse de l'air ambiant", "Poussée de chaleur en août", qui ont peu d'effets sur la production agricole du point de vue des producteurs, concordent avec les tendances climatiques et sont perçus par moins de 50 % des enquêtés. L'évolution des variables climatiques telles que "Fréquence des pluies de contresaison", "Températures des mois de mai et juin" et "Vitesse du vent" (zone nord-soudanienne) est discordante avec les perceptions des enquêtés, car leur impact sur l'activité agricole est négligeable du point de vue des producteurs.

Les variations des quantités de pluies, du nombre de jours de pluie en saison pluvieuse, de dates de fin de saison des pluies, de longueur de saison des pluies et de températures chaudes ont été fortes en zone nord-soudanienne et ont été aussi fortement ressenties par les enquêtés comparativement à la zone sub-sahélienne. Mais, Vissoh *et al.* (2012) rapportent que des variations minimales de paramètres climatiques ont été fortement perçues par les populations au Bénin. En zone sub-sahélienne, la variation de la vitesse du vent était forte et a été perçue avec un taux moyen par rapport à la zone nord-soudanienne où, paradoxalement, l'analyse a indiqué une diminution de cette vitesse. Ouédraogo *et al.* (2010), Vissoh *et al.* (2012), Ozer *et al.* (2013) ont relevé que la fréquence des vents violents faisait partie des principaux changements climatiques perçus par les paysans en Afrique de l'Ouest. Malgré la diminution de la fréquence des pluies intenses relevée par l'analyse climatique, les enquêtés ont perçu le caractère de plus en plus violent des pluies avec un taux atteignant 40 %. Cela s'expliquerait par le fait que l'avènement des pluies intenses accompagnées d'inondation est rarissime. Toutefois, quand elles ont lieu, elles restent gravées dans la mémoire des populations à cause des dégâts qu'elles engendrent. Ozer *et al.* (2013) ont relevé l'existence de lien fort entre violence des pluies et risques d'inondation.

Au demeurant, les savoirs paysans ont présenté des limites. La première tient à leur manque de précision. Les enquêtés n'ont pas pu déterminer les dates de changement des indicateurs qu'ils ont énumérés. Les taux de variation des indicateurs n'ont pas non plus été précisés par les enquêtés. Ensuite, il y a le caractère oral de l'information. En effet, l'information étant donnée oralement, le risque d'erreur est grand, limitant son authenticité et son utilisation (Chambers *et al.*, 1994). L'analyse climatique a permis de lever ces limites.

Il n'a pas été possible de vérifier scientifiquement certains indicateurs locaux de changements climatiques tels que "Violence des tonnerres durant toute la saison pluvieuse", "Fréquence d'arc-en-ciel en début de saison pluvieuse", "Augmentation des tourbillons", "Apparition de tourbillons en saison pluvieuse" cités par les enquêtés. Ils constituent cependant des signes pouvant permettre de cerner davantage les détails sur les indicateurs de manifestation des changements climatiques.

Le test de Pettitt et la segmentation de Hubert ont révélé que les modifications climatiques se traduisent au niveau des paramètres analysés tantôt par des changements à la baisse tantôt par des changements à la hausse à des dates différentes et à des degrés divers.

Au regard de ce qui précède, l'intégration des savoirs locaux et scientifiques pour leur complémentarité pourrait être utile dans la caractérisation climatique et la recherche de solutions appropriées d'adaptation aux conséquences de ces changements. De ce point de vue, Guay (2007) déclare que le savoir écologique traditionnel devrait être utilisé en complémentarité du savoir scientifique afin d'en arriver à une plus grande efficacité dans la résolution des problèmes environnementaux. Les points de discordance entre les indicateurs locaux et les tendances

climatiques observées (cas de la fréquence des pluies de contresaison, de la vitesse du vent en zone nord-soudanienne, etc.) peuvent être levés à travers cette intégration des savoirs. Elle est possible à travers les processus interactifs (interaction entre les acteurs et entre les savoirs) tels que les cadres de concertation, d'échanges et de partage de connaissances véritablement inclusifs et fonctionnels où chaque acteur devrait considéré l'autre comme un partenaire à part entière. Le schéma de la figure 8 pourrait représenter un modèle d'intégration des indicateurs traditionnels dans le processus scientifique. Dans ce schéma, nous proposons que les indicateurs locaux et les variables climatiques correspondantes qui sont en évolution non contradictoires soient fédérés (conjointement pris en compte) pour élaborer une méthode de diagnostic et d'interprétation inclusifs (méthodologie d'interprétation des indicateurs) permettant d'aboutir à un produit scientifiquement pertinent (caractéristiques climatiques) et accepté par les producteurs (modèle intégré de caractérisation).

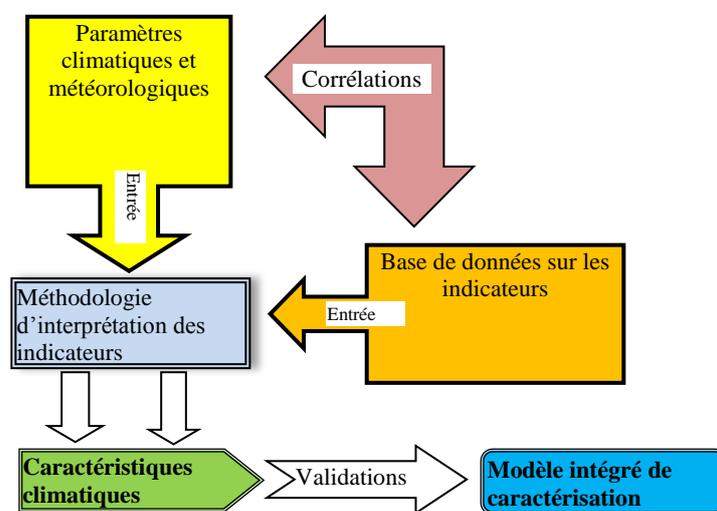


Figure 8. — Modèle d'intégration des indicateurs traditionnels dans le processus scientifique.

Compte tenu du caractère non conventionnel de la démarche adoptée notamment en ce qui concerne les niveaux de concordance des perceptions locales relativement aux tendances climatiques, des résultats différents pourraient être obtenus avec une autre approche. Néanmoins, la démarche adoptée a permis d'atteindre des résultats rationnels et peut constituer une base pouvant être améliorée pour des recherches futures sur cette problématique.

## CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif de mesurer la concordance des perceptions paysannes sur les changements climatiques en rapport avec les tendances climatiques observées à l'échelle locale.

Des résultats obtenus nous retenons que : (i) Les manifestations des changements climatiques sont indifféremment perçues par les producteurs des zones agro-climatiques nord-soudanienne et sub-sahélienne, mais les niveaux de perception des indicateurs de ces changements varient d'une zone à l'autre ; (ii) Les modifications pluviométriques sont perçues à travers des signes beaucoup plus diversifiés ; (iii) Seules les caractéristiques de températures ont montré une évolution uniforme : les températures et les périodes chaudes augmentent tandis que les températures et les périodes fraîches diminuent. En zone nord-soudanienne moins aride, les indicateurs des

changements climatiques sont perçus avec un niveau plus élevé ; (iv) En zone sub-sahélienne, les producteurs ne perçoivent pas le retour à des conditions plus humides amorcé autour des années 1990 relevé par l'analyse climatique.

La démarche adoptée a permis de mettre en évidence des concordances et discordances entre les perceptions paysannes et les tendances climatiques, mais les concordances l'emportent sur les discordances. L'hypothèse de recherche qui présume que « les perceptions des producteurs sur les changements climatiques concordent avec les informations scientifiques » est partiellement vérifiée. En perspective, il convient de compléter cette étude par la détermination des pratiques endogènes d'adaptation aux changements climatiques et d'évaluer leur pertinence au regard de leurs impacts probables ou avérés sur le milieu naturel. Les méthodes endogènes des prévisions saisonnières devraient être élucidées.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les projets RIPIECSA (Recherche Interdisciplinaire et Participative sur les Interactions entre les Écosystèmes, le Climat et les Sociétés d'Afrique de l'Ouest) et LMI-IESOL (Laboratoire Mixte International-Intensification Écologique des Sols Cultivés en Afrique de l'Ouest) pour leur appui financier lors des travaux de terrain. Nous disons merci aux populations de Donsin et de Tougou pour leur collaboration. Notre gratitude va à l'endroit d'Abel Kadeba et de Tiganadaba Lodoun, doctorants au Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales pour leurs appuis techniques.

## RÉFÉRENCES

- ADDINSOFT (2004).— *XLSTAT-Pro 7.5.2, user's manual*. Addinsoft SARL, Paris, France.
- AGOSSOU, D.S.M, TOSSOU, C.R., VISSOH, V.P. & AGBOSSOU, K.E. (2012).— Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles béninois. *Afr. Crop Sci. J.*, 20: 565-588.
- AGRHYMET (2005).— *Gestion de la fertilité des sols dans un contexte de changement climatique dans la partie Nord du plateau central au Burkina Faso. Rapport final du projet pilote ACACCS*. CRA, ACIDI-CILSS-INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.
- ALBERGEL, J., CARBONNEL, J.P. & GROUZIS, M. (1985).— Péjoration climatique au Burkina Faso : Incidences sur les ressources en eau et les productions végétales. *Cah. ORSTOM Sér. Hydrol. Sol*, 21: 3-19.
- ALI, A. (2010).— Variabilité et changements du climat au Sahel : ce que l'observation nous apprend sur la situation actuelle. *Grain de sel*, 49: 13-14.
- ALI, A. & LEBEL, T. (2008).— The Sahelian standardized rainfall index revisited. *Int. J. Climatol.*, DOI: 10.1002/joc. 1832.
- ALLE, U.Y., VISSOH, V.P., GUIBERT, H., AGBOSSOU, E.K. & AFOUDA, A.A. (2013).— Relation entre perceptions paysannes de la variabilité climatique et observations climatiques au Sud-Bénin. *Vertigo*, 13: DOI: 10.4000/vertigo.14361.
- ALMAZROUI, M., ISLAM, M.N., ATHAR, H., JONES, P.D. & RAHMAN, M.A. (2012).— Recent climate change in the Arabian Peninsula: annual rainfall and temperature analysis of Saudi Arabia for 1978-2009. *Int. J. Climatol.*, 32: 953-966.
- ATI, O.F., STIGTER, C.J. & OLADIPO, E.O. (2002).— A comparison of methods to determine the onset of the growing season in Northern Nigeria. *Int. J. Climatol.*, 22: 731-742.
- BAUDRAN, C., BLANCHARD, P. & LOYER, S. (2008).— *Caractérisation et évolution du climat quelles conséquences pour la végétation forestière ?* ONF-CRPF, Région pays de la Loire, France.
- BEDOUM, A., BIONA, C.B., ALLADOUM, M., ADOUM, I. & BAOHOUTOU, L. (2013).— Variabilités climatiques et ruptures dans les séries des précipitations en république du Tchad. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 21 & 22: 187-208.
- BOYER, J.F. (1998).— Khronostat- Statistical time series analyses software. IRD, Montpellier, UMR 5569, Hydrosociences. *Geoscience*, 337: 29-38.
- BOYER, P. (2005).— *Physique et symbolique de l'arc-en-ciel*. ALS, Nancy, France.
- CHAMBERS, R., PACEY, A. & THRUPP, A. (1994).— *Les paysans d'abord, les innovations des agriculteurs et la recherche agronomique*. Karthala-CTA, Paris, France.
- CHARNEY, J., QUIRK, W., CHOW S. & KORNFIELD, J. (1977).— A comparative study of the effects of albedo change on drought in semi-arid regions. *J. Atmosph. Sci.*, 34: 1366-1385.
- CLARK, D. (2006).— *Climate change and social/cultural values in the Southwest Yukon: A resilience building perspective, report prepared for the Northern Climate Exchange*. Whitehorse, Yukon, Canada.

- DE LONGUEVILLE, F., OZER, P., DOUMBIA, S. & HENRY, S. (2013).— Desert dust impacts on human health: an alarming worldwide reality and a need for studies in West Africa. *Int. J. Biometeorol.*, 57: 1-19.
- DEMARÉE, G.R. (1990).— An indication of climatic change as seen from the rainfall data of a Mauritanian station. *Theor. Appl. Climatol.*, 42: 139-147.
- DONAT, M.G., PETERSON, T.C., BRUNET, M., KING, A.D., ALMAZROUI, M., KOLLI, R.K. ET AL. (2013).— Changes in extreme temperature and precipitation in the Arab region: long-term trends and variability related to ENSO and NAO. *Int. J. Climatol.*, DOI: 10.1002/joc.3707.
- FAURIE, C., FERRA, C., MEDORI, P., DEVAUX, J. & HEMPTINNE, J.L. (2011).— *Écologie - Approche scientifique et pratique, 6<sup>e</sup> édition*. Tec & Doc (eds.) ISBN, 978-2-7430-1310-3.
- FERRY L., L'HOTE Y. & WESSELINK A. (1998).— Les précipitations dans le Sud-Ouest de Madagascar. *IAHS Publication*, 252: 89-96.
- FEUILLET, T. (2009).— L'évolution des températures à Nantes entre 1946 et 2000. Analyses statistiques des ruptures de tendance et interprétations. *Cahiers nantais*, 2: 15-21.
- FONTES, J. & GUINKO, S. (1995).— *Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative*. Ministère de la coopération française, Projet Campus 88 313 101, France.
- IPCC (2007).— *Climate Change 2007. Fourth Assessment Report (AR4)*.
- GIEC (2013).— *Changements climatiques 2013 : les éléments scientifiques. Résumé à l'intention des décideurs*. Contribution du GTI au 5e Rapport d'évaluation du GIEC, OMM-PNUE, Suisse.
- 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: 27-40.
- GUAY, C., (2007).— Vers la reconnaissance du savoir autochtone. Une question de décolonisation ? *Revue canadienne de service social*, 24 (2).
- HUBERT, P., SERVAT, E., PATUREL, J.E., KOUAME, B., BENDJOUDI, H., CARBONNEL J.P. ET AL. (1998).— La procédure de segmentation, dix ans après. *IAHS Publication*, 252: 267-273.
- IBRAHIM, B., KARAMBIRI, H., POLCHER, J., YACOUBA, H. & RIBSTEIN, P. (2013).— Changes in rainfall regime over Burkina Faso under the climate change conditions simulated by 5 regional climate models. *Clim. Dyn.*, 42: 1363-1381.
- IBRAHIM, B., POLCHER, J., KARAMBIRI, H. & ROCKEL, B. (2012).— Characterization of the rainy season in Burkina Faso and its representation by regional climate models. *Clim. Dyn.*, 39: 1287-1302.
- INSD (2008).— *Recensement général de la population et de l'habitation de 2006*. MEF, Ouagadougou, Burkina Faso.
- JOUVE, P. (1990). — L'expérimentation en milieu paysan : démarche et méthodes. *Les Cahiers de la Recherche Développement*, 27: 94-105.
- JOUVE, P. (2010). — Pratiques et stratégies d'adaptation des agriculteurs aux aléas climatiques en Afrique subsaharienne. S'adapter aux aléas, oui mais comment ? *Grain de sel*, 49 : 1-15.
- KANTE, A. (2011).— Des outils participatifs pour mieux comprendre les liens entre migration et changements climatiques. Pp 3-8 in : AfricAdapt (eds.). *Symposium sur les changements climatiques. Panel 3 : Le rôle des savoirs locaux et autochtones dans l'enjeu du changement climatique*. Réseau AfricAdapt, Addis-Abéba, Ethiopie.
- KOUAKOU, K.E., GOULA, B.T.A. & SAVANE, I. (2007).— Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau de surface en zone tropicale humide: cas du bassin versant transfrontalier de la Comoé (Côte D'ivoire - Burkina Faso). *Eur. J. Sci. Res.*, 16: 31-43.
- KOUASSI, A.M., KOUAME, K.F., KOFFI, Y.B., DJE, K.B., PATUREL, J.E. & OULARE, S. (2010).— Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Eur. J. Geogr.*, Article 513.
- LAMB, P.J. (1982).— Persistence of Sub-Saharan drought. *Nature*, 299: 46-47.
- LE HOUEROU, H.N. (1989).— *The grazing land ecosystems of the African Sahel*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- L'HOTE, Y., MAHÉ, G., SOMÉ, B. & TRIBOULET, J.P. (2002).— Analysis of a sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues. *Hydrological Sciences Journal*, 47: 563-572.
- MAHÉ, G. & PATUREL, J. (2009).— 1896-2006 sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers. *CR Géosciences*, 341: 538-546.
- MAIKANO, I. (2006).— *Generate prototype WCA recommendation maps for selected sorghum (8) and millet (8) cultivars based on updated end-of-season dates (PRODEPAM, activity)*. Rapport de stage, ICRISAT, Bamako.
- MBOW, C., MERTZ, O., DIOUF, A., RASMUSSEN, K. & REENBERG, A. (2008).— The history of environmental change and adaptation in eastern Saloum–Senegal — Driving forces and perceptions. *Global and Planetary Change*, 64: 210-221.
- MICHAELS, P.J., KNAPPENBERGER P.C., BALLING R.C. & DAVIS R.E. (2000).— Observed warming in cold anticyclones. *Clim. Res.*, 14: 1-6.
- NIANG, I., (2009).— Le changement climatique et ses impacts : les prévisions au niveau mondial. Pp 13-19 in : IEPF (eds.). *Adaptation au changement climatique*. Liaison Énergie-Francophonie, France.

- NICHOLSON, S.E. (1995).— Recent rainfall fluctuations in Africa and their relationship to past conditions over the continent. *The Holocene*, 4: 121-131.
- NICHOLSON, S.E. (2001).— Climatic and environmental changes in Africa during the last two centuries. *Clim. Res.*, 17: 123-144.
- NICHOLSON, S.E., KIM, J. & HOOPINGARNER, J. (1988).— *Atlas of African rainfall and its interannual variability*. Dept Meteorology, Florida State University, Tallahassee, Florida, USA.
- NORUSIS, M.J. (2002).— *SPSS 11.0 guide to data analysis*. Prentice and Hall, New York, USA.
- OBAYELU, O.A., ADEPOJU, A.O. & IDOWU, T. (2014).— Factors influencing farmers' choices of adaptation to climate change in Ekiti State, Nigeria. *J. Agricult. Envir. Intern. Develop.*, 108: 3-16.
- O'BRIEN, K.L. & WOLF, F. (2010).— A values-based approach to vulnerability and adaptation to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change*, 1-2: 232-242.
- OMM (1990).— *Guide des pratiques climatologiques*. OMM, Genève, Suisse.
- OUEDRAOGO, A. (2006).— *Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso*. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.
- OUEDRAOGO, M., DEMBELE, Y. & SOME, L. (2010).— Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, 21(2): 87-96.
- OZER, P. (2000).— Les lithométéores en région sahélienne : un indicateur climatique de la désertification. *Géo-Eco-Trop.*, 24: 1-317.
- OZER, P., HOUNTONDI Y.C., AHOMADEGBE M.A., DJABY B., THIRY A. & DE LONGUEVILLE, F. (2013).— Évolution climatique, perception et adaptation des communautés rurales du plateau d'Abomey (BÉNIN). Pp 440-445 in : AIC (ed.). *Les actes du xxvième colloque*. Cotonou, Bénin.
- OZER, P., HOUNTONDI, Y.C. & LAMINOU MANZO, O. (2009).— Évolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007. *Geo-Eco-Trop.*, 33: 11-30.
- OZER, P., HOUNTONDI, Y.C., NIANG, A.J., KARIMOUNE, S., LAMINOU MANZO, O. & SALMON, M. (2010).— Désertification au Sahel : historique et perspectives. *BISGL*, 54: 69-84.
- PANTHOU, G., VISCHER, T., LEBEL, T., BLANCHET, J., QUANTIN, G. & ALI, A. (2012).— Extreme rainfall in West Africa: A regional modeling. *Water Resources Research*, 48, W08501, DOI: 10.1029/2012WR012052.
- PETTITT, A.N. (1979).— A non parametric approach to the change-point problem. *Appl. Stat.*, 28: 126-135.
- RONCOLI, C., INGRAM, K., KIRSHEN P. & JOST, C. (2001).— Burkina Faso: Integrating indigenous and scientific rainfall forecasting. *Soc. Nat. Resources*, 15: 12-26.
- SENE, S. & OZER, P. (2002).— Évolution pluviométrique et relation inondations – événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 42 : 27-33.
- SP/CONEDD (2006).— *Programme d'action nationale d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA)*. MECV, Ouagadougou, Burkina Faso.
- SPARACINO, C. (2011).— *Reverdier le Sahel : développer l'agriculture dans le contexte du changement climatique au Burkina Faso. Fiche d'information Afrique de l'Ouest et du Centre*. FIDA, Rome, Italie.
- STERN, R.D., KNOCK, J., GRAYER, C. & LEIDI, S. (2006).— *Instat+, Climatic guide*. Univ. of Reading, Reading.
- SULTAN, B., SERVAT, E., MALEY, J. & MAHÉ, G. (2001).— Interrelations entre les forêts tropicales et la variabilité climatique : une synthèse des études récentes. *Sécheresse*, 12: 221-229.
- VISSOH, V.P., TOSSOU, C.R., DEDEHOUANOU, H., GUIBERT, H., CODJIA, C.O., VODOUHE, D.S. ET AL. (2012).— Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 260: 479-492.