

RELATION ENTRE LA CONCENTRATION DE L'OZONE STRATOSPHERIQUE ANTARCTIQUE ET LA VARIABILITE ANNUELLE DES PRECIPITATIONS A YAOUNDÉ, CAMEROUN

Samuel Aimé ABOSSOLO, Romain Armand Soleil BATHA *,
Joseph Armathé AMOUGOU et Mesmin TCHINDJANG

*Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines, Département de
géographie, Université de Yaoundé I, Cameroun*

* Correspondance, e-mail : bathsol33@yahoo.fr

RÉSUMÉ

A mesure que les connaissances évoluent, la communauté scientifique prend conscience que des interrelations unissent la concentration de l'ozone et le climat de la terre. Ce travail est une analyse de l'évolution de la pluviométrie à l'échelle annuelle à Yaoundé en relation avec l'oscillation de la concentration annuelle de la couche d'ozone stratosphérique antarctique. Au cours de cet exercice, nous avons noté qu'il y'a autant d'années excédentaires que les années déficitaires des quantités de précipitations à Yaoundé sur les 31 années de l'étude. En plus de la répartition à deux maximums qui caractérise le régime des précipitations annuelles, nous avons relevé des cas de répartition à un et à trois maxima. Les anomalies pluviométriques décelées présentent une corrélation avec la concentration de l'ozone stratosphérique antarctique à travers des mécanismes divers. Ceci a été confirmé grâce au test statistique Tau-B de Kendall.

Mots-clés : *pluviométrie annuelle, ozone, stratosphère, antarctique, corrélation, Yaoundé.*

ABSTRACT

Relation between Atlantic stratospheric ozone concentration oscillation and annual rainfall variability in Yaounde (Cameroon)

As knowledge evolves, the scientific community realizes that the interrelationships unite the concentration of ozone and the climate of the earth. This work is an analysis of the evolution of rainfall on an annual basis in

Yaoundé in connection with the oscillation of the annual concentration of the Antarctic stratospheric ozone layer. During this exercise, we noticed that there's so many years that surplus deficit rainfall years amounts in Yaoundé on the 31 years of the study. In addition to the division two maximums which characterizes the annual rainfall regime, we have found cases distributions and a three maxima. The detected rainfall anomalies correlate with the concentration of the Antarctic stratospheric ozone through various mechanisms. This was confirmed through the statistical test of Kendall Tau-B.

Keywords : *annual rainfall, ozone, stratosphere, antarctic, correlate, Yaoundé*

I - INTRODUCTION

La variation climatique constitue une menace sérieuse pour la croissance économique et le développement durable du Cameroun. Le comportement de la nature change de plus en plus, les épisodes des sècheresses se multiplient, les vagues de chaleur sans précédents s'intensifient et l'intensité des cyclones tropicaux est de plus en plus forte. Ces clichés ont des effets catastrophiques en Afrique tropicale et dans les zones de haute latitude. En Afrique, les cours d'eau s'assèchent, les récoltes sont à la baisse, certaines maladies réapparaissent et les saisons connaissent une modification de leur rythme. Aujourd'hui, la question n'est plus de savoir s'il y a réchauffement planétaire ou non, mais quel seront ses effets dans les zones les plus vulnérables ? Cette question intéresse le Cameroun tout entier qui connaît une multiplication des risques climatiques sans précédents. Ces dernières années, la ville de Yaoundé, capitale politique et siège des institutions, est au cœur de régulières inondations pendant la saison des pluies, qui alternent pendant la saison sèche avec une montée foudroyante de la chaleur jamais ressentie par le passé. Ces constatations alarmant sont le signe de ce que [1] annonçaient en 2014 comme la manifestation visible des changements climatiques. Un autre auteur [2] ajoute que les années qui viennent risquent d'être plus déterminantes car Yaoundé risque de connaître la période la plus chaude de son histoire climatique et interpelle à la prise de conscience des pouvoirs politiques pour que des mesures les plus appropriées soient prises en considération. La présente étude consiste à rechercher le lien éventuel qui existe entre la variabilité de la pluviométrie annuelle à Yaoundé situé en zone tropicale et l'activité de l'ozone stratosphérique dans le pôle antarctique.

II - MÉTHODOLOGIE

II-1. Données

Cet exercice a été élaboré à partir de l'exploitation des les données pluviométriques journalières converties à l'échelle annuelle de 1980 à 2010 de Yaoundé, disponibles à la Direction Nationale de la Météorologie du Cameroun. Certaines de ces données ont été retraitées pour produire des indicateurs importants. Les informations de la couche d'ozone stratosphérique antarctique ont été extraites du document science et vie N°257 [3].

II-2. Localisation de la zone d'étude

Yaoundé, capitale politique du Cameroun et chef-lieu de la région du Centre au Cameroun, est situé entre $3^{\circ}47'$ et $3^{\circ}56'$ de latitude Nord et le $11^{\circ}10'$ et $11^{\circ}45'$ de longitude Est (*Figure 1*). Le Cameroun étant situé au-dessus de l'équateur, au fond du golfe de Guinée, entre les latitudes $13^{\circ} 05' N$ sur le Lac Tchad, et $1^{\circ}36' N$ au Confluent de la Sangha et de la Ngoko, et entre les longitudes, $8^{\circ}33' E$ près de l'estuaire de la Cross-River, et $16^{\circ}11' E$ sur la Sangha [4]. Cette ville carrefour est distante de l'océan atlantique de moins de 300 km par vol d'oiseaux. Localisée sur le plateau sud camerounais à une altitude moyenne de 760 m, Yaoundé est une ville de collines et de vallées, une configuration géographique qui se prête aux inondations. La station de Yaoundé enregistre en moyenne 1600 mm / an de précipitations, réparties en quatre saisons : novembre à mars pour la grande saison sèche, mars à juin pour la petite saison de pluies, de juin à août pour la petite saison sèche, puis de mi-août à mi-novembre pour la grande saison des pluies. Dans cette ville, il pleut en moyenne 153 jours / an. La température moyenne annuelle est estimée à $23,5^{\circ}C$ et l'amplitude thermique annuelle à $2,4^{\circ}C$ [5].

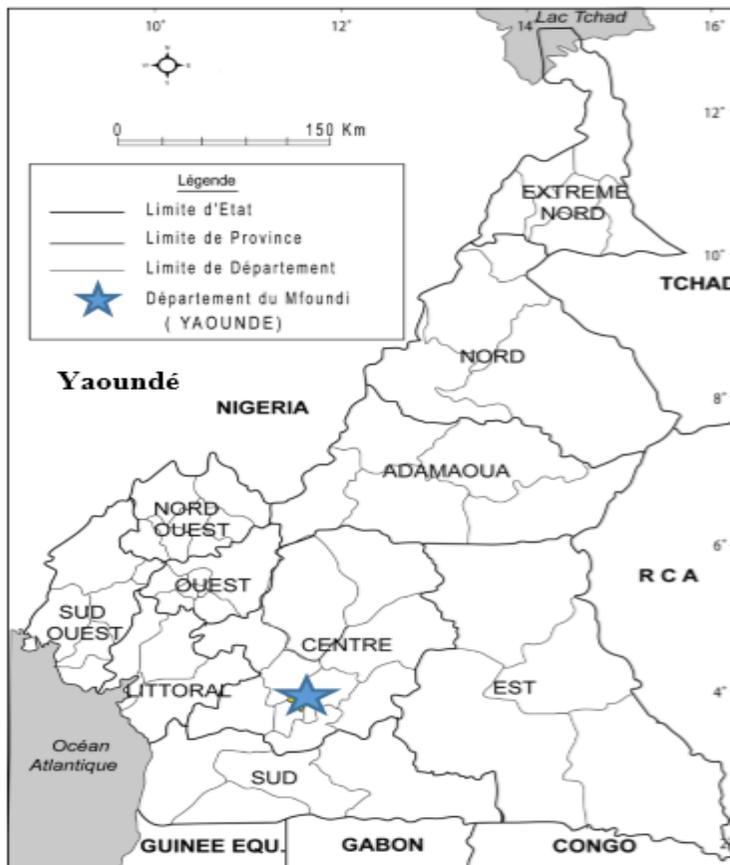


Figure 1 : Localisation de Yaoundé au Cameroun

II-3. Traitement

Pour mettre en évidence les fluctuations pluviométriques et thermiques qui ont marqué Yaoundé, nous avons calculé les écarts à la moyenne de nos séries de précipitations longues de 31 ans (1980-2010), selon la **Formule** suivante :

$$\text{Ecart (E)} = P_i - \bar{P} \quad (1)$$

Où P_i = précipitation d'une année i et \bar{P} = la normale.

Nous avons caractérisé l'évolution de la répartition de la pluviométrie en calculant pour chaque année les proportions de la pluviométrie et pour les saisons sèche et humide.

Par ailleurs, nous avons calculé les coefficients de corrélation entre les paramètres calculés de la pluviométrie et ceux enregistrés dans l'ozone stratosphérique dans le but de mettre en évidence d'éventuelles relations grâce au test statistique Tau-B de Kendall.

II-4. Compréhension, stockage, rôle de l'ozone et liens avec les changements climatiques

La stratosphère est la couche atmosphérique qui contient l'ozone, sans lequel la vie sur la terre est quasi-impossible. Certains chercheurs démontrent aujourd'hui que le trou noir de la couche d'ozone modifie la circulation atmosphérique depuis les pôles jusqu'à l'équateur, ce qui favorise l'augmentation des précipitations dans les régions subtropicales et sous les hautes latitudes et, à l'inverse un assèchement sous les moyennes latitudes. Aussi, l'évolution de la couche d'ozone et le réchauffement climatique sont unis par de nombreux liens, notamment leurs effets sur les processus physiques et chimiques en jeu dans l'atmosphère et les interactions entre l'atmosphère et les autres composantes de l'écosystème mondial.

II-5. Aperçu des flux des masses d'air et le climat en Afrique Centrale

Les limites de la migration du front intertropical (FIT) au Nord et au Sud de l'Afrique dépendent des périodes de l'année et du comportement climatique de l'année (*Figure 2*). Grâce aux variations du front, apparaît des types de climat précis tels que le climat équatorial avec ses subdivisions. Le parcours du front nous laisse observer des zones à deux saisons et d'autres à quatre saisons, avec des saisons qui changent partiellement d'une zone à l'autre [6]. En outre, la dynamique de la variation de la mousson et de l'harmattan explique l'originalité du climat en Afrique Centrale et, en particulier son climat côtier où l'upwelling de Benguela conditionne l'intensité et l'humidité de l'alizé issu de l'atlantique sud. La branche Ouest du front intertropical est alors scindée en 2 selon la vitesse de son déplacement saisonnier. La partie Est de la branche ouest du front (Afrique centrale) se meut plus rapidement que la partie Ouest (Afrique occidentale), cela serait dû à l'inertie thermique de l'océan atlantique par rapport à celui du bassin forestier du Congo.

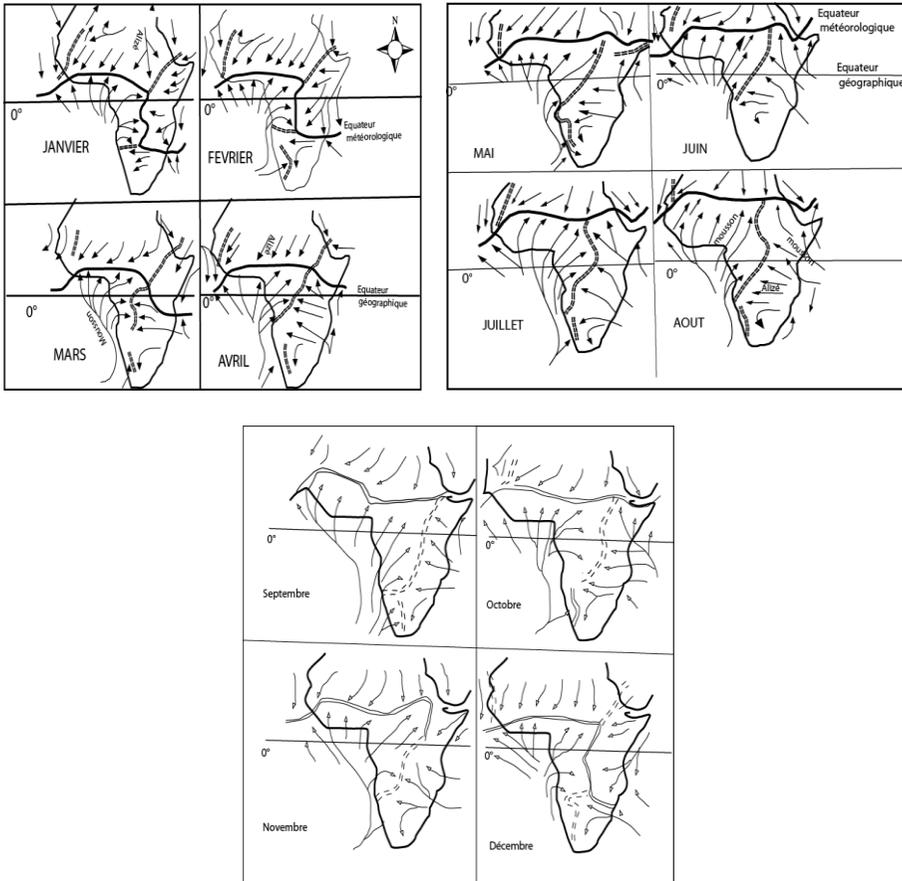


Figure 2 : Flux des masses d'air en Afrique centrale et occidentale

A l'échelle de la planète, le problème du maintien de la couche d'ozone stratosphérique qui entoure la Terre est un exemple du questionnement sur l'équilibre de l'environnement global. Le trou d'ozone observé ces dernières années s'est aminci au niveau de la stratosphère. Il est causé par la pollution produite par l'homme entre 19 et 30 km au-dessus de la surface de la terre (*photo 1*). Les fortes variations de l'ozone entraînent des changements correspondants de la température de la stratosphère, qui à leur tour induisent des modifications de la pression et de la circulation atmosphériques [7]. Ces changements peuvent modifier la position du courant-jet, qui régit la trajectoire des systèmes météorologiques dans la troposphère, et dont un faible décalage peut modifier considérablement les climats locaux. Cette variation pourrait à son tour influencer sur la hauteur des courants de convection au sein de la troposphère, comme ceux qui accompagnent les orages, et donc possiblement sur l'intensité de ceux-ci.

Elle pourrait aussi modifier les positions des courants-jets sur la planète, et donc le déplacement des systèmes météorologiques.

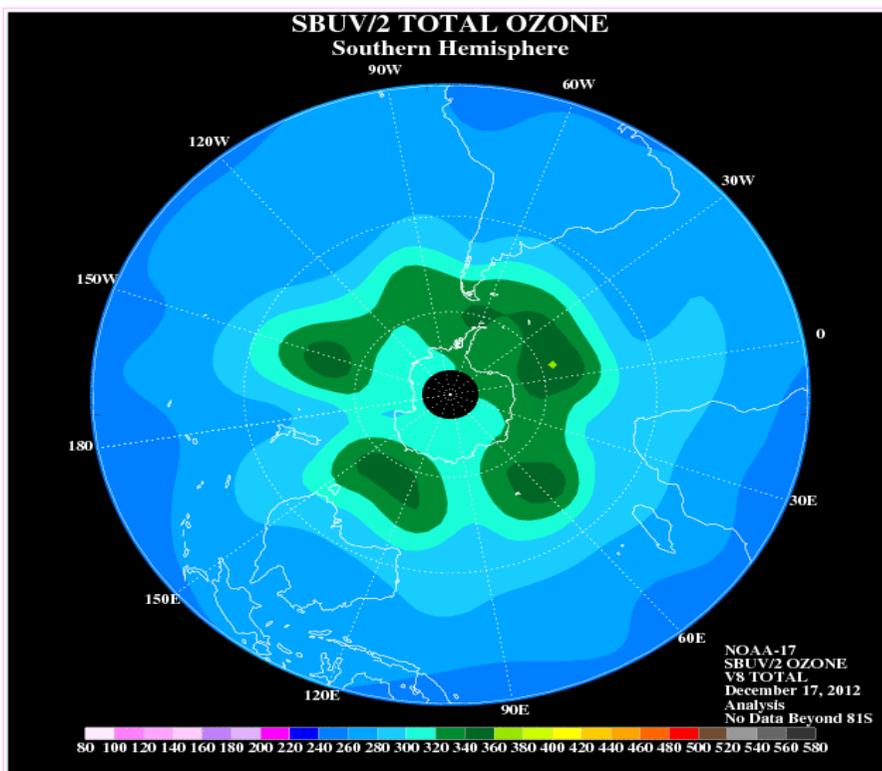


Photo 1 : *Trou d’ozone vu au niveau de la stratosphère
(Image NOAA, Décembre 2012)*

Les masses d’air froides se contractent et convergent vers la couche inférieure de l’atmosphère (**Figure 4**). Une répartition du flux atmosphérique est observée et les différences de température apparaissent entre divers points de la Terre et diverses régions de l’atmosphère créant des déplacements des masses d’air (courants ou vents). Il se forme dès lors des zones de hautes et de basses pressions [8]. Les zones équatoriales reçoivent d’énormes quantités de chaleur que les zones polaires (**Figure 5**). Il se crée alors des échanges des masses d’air de l’équateur vers les pôles et vice-versa. Ces échanges sont modifiés dans leur mouvement à cause de la présence des océans qui sont des accumulateurs thermiques et les principaux générateurs des nuages et d’autres phénomènes tels que la rotation de la terre, par la suite engendrent des mouvements variés et divers [9].

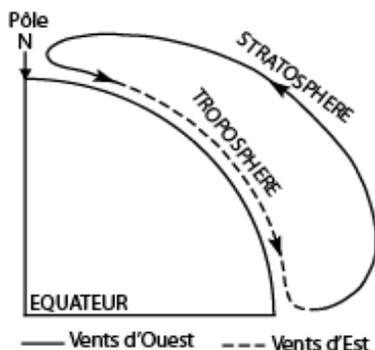


Figure 4 : Schéma de Hadley 1 d'après Dhonneur (1985) : la déviation des vents au sol vers l'ouest dans le sens pôles-équateur due à la force de Coriolis

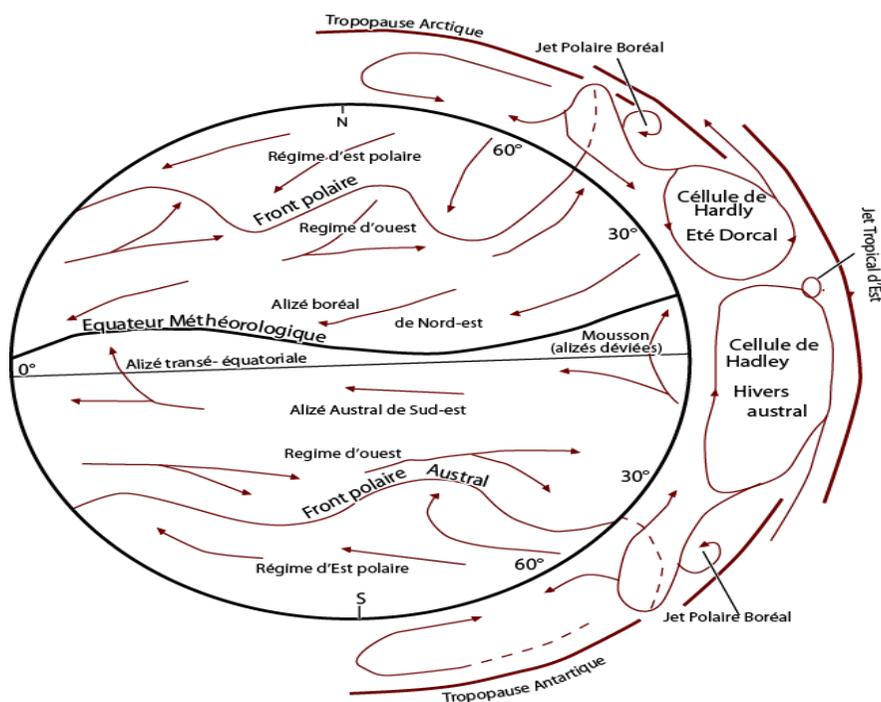


Figure 5 : Schéma de Palmen (1950) d'après Dhonneur (1985)

Les changements de la vitesse des vents de surface sur les hautes et moyennes latitudes de l'Hémisphère météorologique Sud pendant l'été austral, conséquences du trou d'ozone, ont contribué au réchauffement observé dans la Péninsule antarctique et au refroidissement sur le haut plateau.

Les changements de vent ont aussi entraîné des changements régionaux des précipitations, l'augmentation de la glace de mer autour de l'Antarctique et le réchauffement de l'océan Sud.

II-6. La position géographique du Cameroun situé au-dessus de l'équateur géographique et les influences des masses d'air stratosphériques de l'antarctique

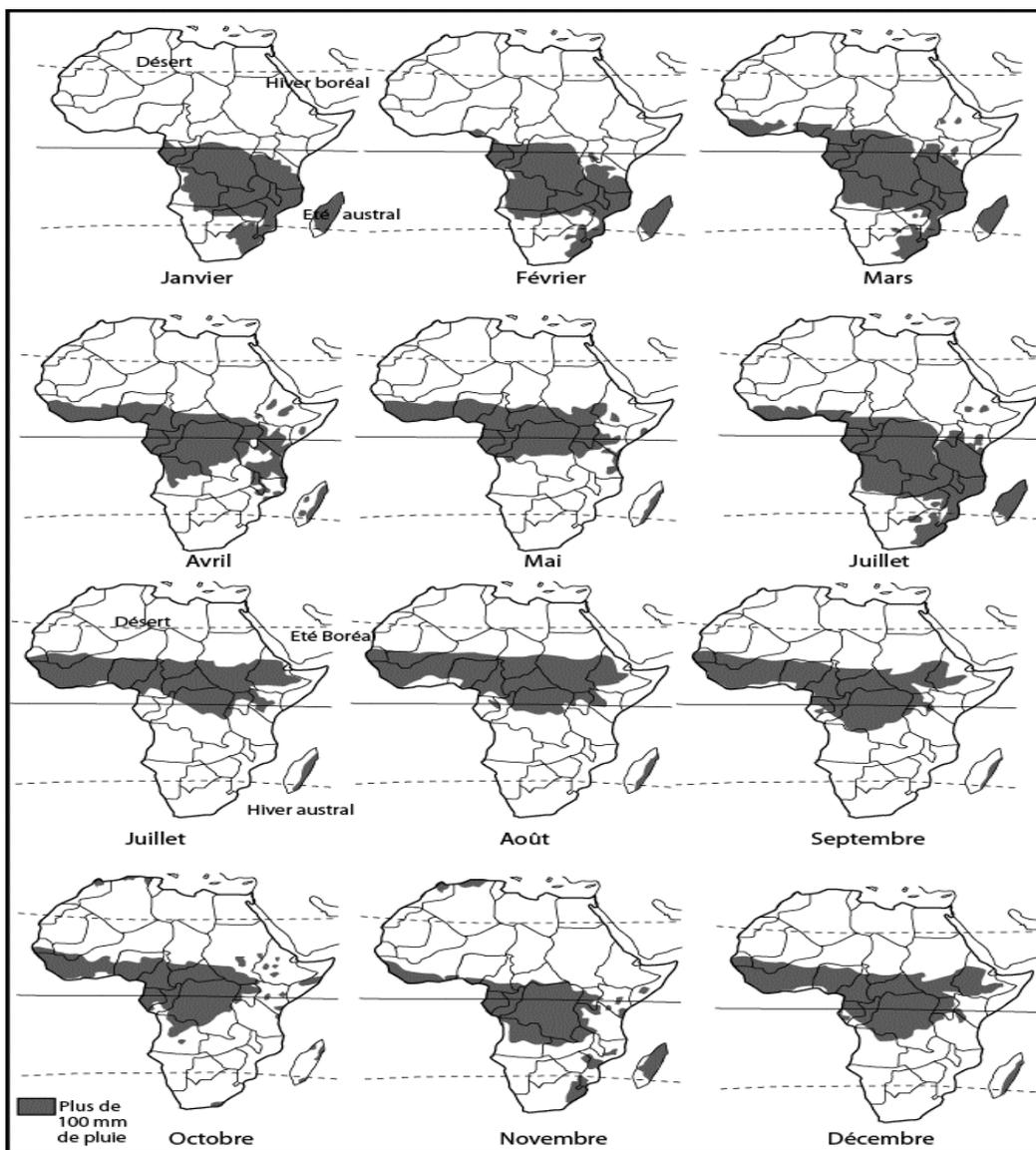


Figure 6 : Répartition zonale de la pluviométrie mensuelle en général en Afrique d'après P. Gourou

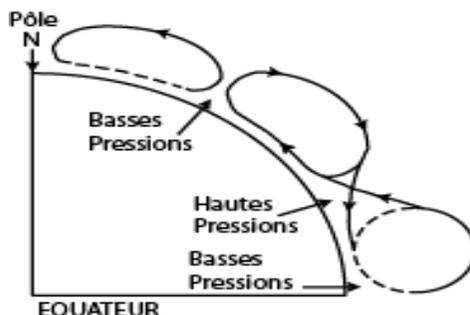


Figure 7 : Schéma de Hadley 2 : les zones d'ascendance et de descente donnant naissance à des zones de haute et de basse pression

En Afrique centrale, deux zones principales sont mises en évidence en rapport avec la quantité d'eau supérieure à 100 mm par mois (**Figure 6**), la principale zone pluvieuse est concentrée sur l'équateur et se suit de la côte occidentale à la côte orientale en passant par le Golfe de Guinée et le bassin du Congo. Toutefois, elle comporte à certains mois quelques interruptions passagères d'année en année sur les océans et en Afrique orientale notamment, mais sa continuité est tout de même assez remarquable. La zone moins arrosée se situe dans les régions des tropiques, non seulement le total annuel y est faible, mais il est très instable d'une année à une année et les mois sont plus marqués par le phénomène. Vu la position géographique un peu au-dessus de l'équateur, le principe de Coriolis et les schémas de Hadley 1 et 2 soumettent le Cameroun à la présence quasi permanente des masses d'air de l'antarctique (**Figure 7**). L'antarctique joue un rôle majeur sur le climat de tout l'hémisphère sud jusqu'au niveau de l'équateur dont dépend en très grande majorité le climat de Yaoundé, grâce à sa proximité. Les vents stratosphériques de direction Est et Ouest et de vitesse comprise entre 20-30 m/s atteignent le Cameroun tout entier.

III - RÉSULTATS ET ANALYSE

III-1. Evolution du climat à Yaoundé au Cameroun de 1980 à 2010

Le **Tableau 1** montre qu'un écart significatif existe entre les précipitations maximales et minimales, il en est de même pour l'ozone stratosphérique. Cette variabilité d'une année sur l'autre du cumul annuel des précipitations et l'apport des saisons nous ont conduits à la construction des courbes de précipitations annuelles et faire une typologie de la répartition (**Tableau 2**). Yaoundé reçoit en moyenne 1546 mm de pluies par an étalées sur 147 jours en moyenne par an. Comme l'indique la **Figure 7b**, les précipitations et le nombre de jour des pluies diminuent progressivement sur la période d'étude.

Tableau 1 : Variations du climat de Yaoundé et concentration de l’ozone de 1980 à 2010

Echelle annuelle	Nombre d’années	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
Précipitations	31	1143,10	2066,10	1546,1364	252,3211
Ozone	31	1,21	27,30	18,7261	7,2867

Tableau 2 : Proportion des années par régime pluviométrique observé à Yaoundé de 1980 à 2010

Régimes	Monomodal	Bimodal	Trimodal	Total
Pourcentages	10%	82%	8%	100%
Années	05	41	04	50

Quatre saisons prédominent à Yaoundé, dont deux pluvieuses (Mars-Juin) pour la petite et (Août-Novembre) pour la grande, et deux saisons sèches dont la petite (juillet) et la grande (décembre-février) pour la grande (**Figure 8a**). La moyenne mensuelle est de 131,2mm de pluies étalées sur 11 jours. L’observation de l’évolution à l’échelle annuelle de la pluviométrie (**Figure 8b**) montre une diminution tendancielle des précipitations et du nombre de jour des pluies sur les 31 années de l’étude. Cette diminution est confirmée par les pentes négatives des courbes évolutives.

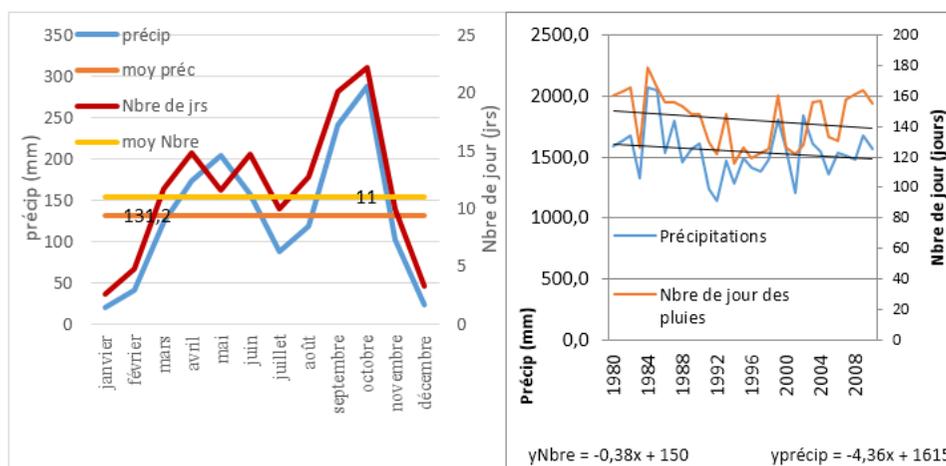


Figure 8 : Evolution mensuelle moyenne de la pluviométrie (a); précipitations annuelles et nombre de jour des pluies annuelles (b) à Yaoundé

La méthode de Barakat (*Tableau 3*) montre que Yaoundé enregistre autant d'années déficitaires que les années excédentaires durant la période d'étude. Cette répartition montre une constance de la pluviométrie sur la période 1980 à 2010.

Tableau 3 : *Constance des précipitations annuelles à Yaoundé de 1980 à 2010 (Méthode de Barakat)*

Forme	classes	Estimation	Année	Total
Années excédentaires	$P_i > p_{m+e}$	$P_i > 1746,8$	1984, 1985, 1987, 1999, 2002	05
Années normales	$P_{m-e} < P_i < p_{m+e}$	$1344 < p_i < 1747$	1980, 1981, 1982, 1986, 1988, 1989, 1990, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010	21
Années déficitaires	$P_i < p_{m-e}$	$P_i < 1344$	1983, 1991, 1992, 1994, 2001	05

Tableau 4 : *Déficit de la concentration de l'ozone stratosphérique antarctique de 1980 à 2010 selon la méthode Barakat*

Forme	classe	Estimation	Années	Total
Années excédentaires	$P_i > p_{m+e}$	$P_i > 25,87$	1998, 2006	02
Années normales	$P_{m-e} < P_i < p_{m+e}$	$1344 < p_i < 1747$	1985, 1986, 1987, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2010	24
Années déficitaires	$P_i < p_{m-e}$	$P_i < 11,03$	1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1988	06

Tableau 5 : *Corrélations entre les quantités de précipitations annuelles et la concentration de l'ozone stratosphérique antarctique de 1980 à 2010 d'après Barakat*

O3 Précipitations	Inférieur à la normale (IN = e-p)	Normale (N)	Supérieur à la normale (SN = e+p)	Total
Inférieur à la normale (IN= e-p)	50 %	50 %	0	06
Normale	25 %	75 %	0	20
Supérieur à la normale (SN= e+p)	0	60 %	40 %	05

La *Figure 9* atteste un rythme évolutif très poussé contradictoire entre les précipitations à Yaoundé et l'ozone enregistrée au-dessus de l'antarctique.

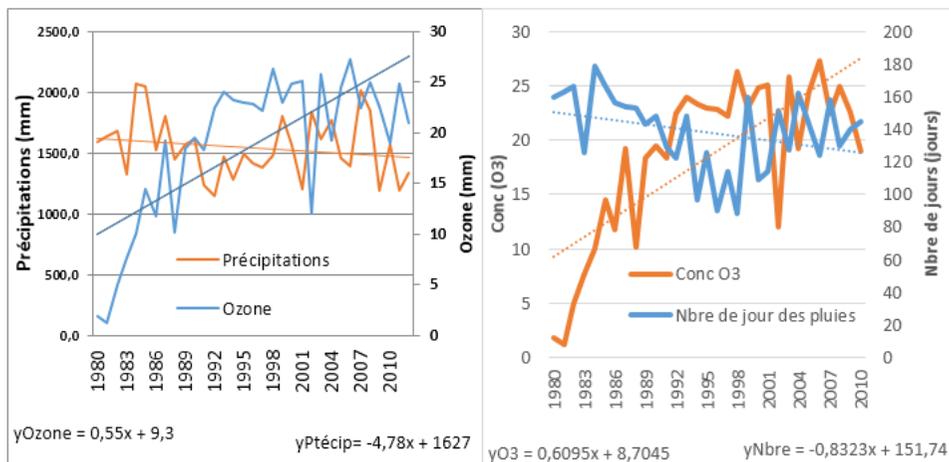


Figure 9 : Courbes d'évolution des quantités de pluies à Yaoundé à l'échelle annuelle (a) et les concentrations de l'ozone stratosphérique antarctique (b) de 1980 à 2010

D'une manière générale, la courbe cumulative des variables climatiques (précipitations et concentration d'ozone) (**Figure 10**) montre une évolution presque synchrone entre la température de Yaoundé et la concentration de l'ozone stratosphérique antarctique. A l'opposé de cela, les précipitations et le nombre de jour des pluies de Yaoundé évoluent dans le sens contraire à celui de l'ozone stratosphérique.

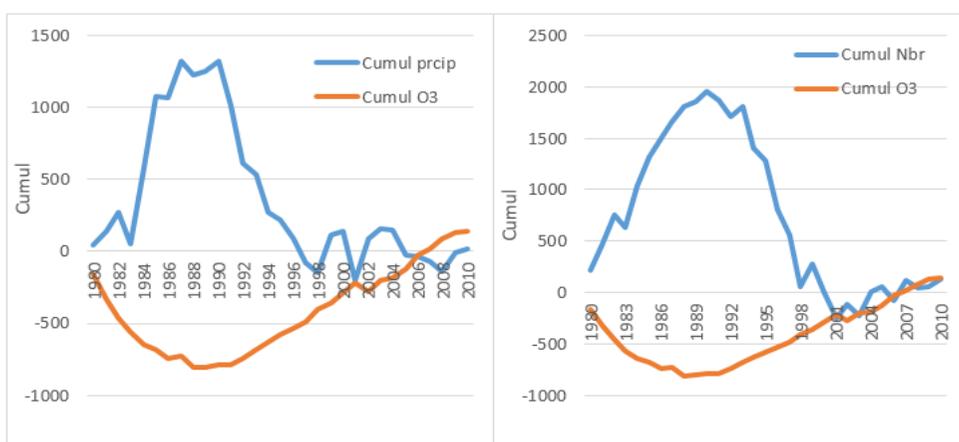


Figure 10 : La courbe cumulative des précipitations (a) et du nombre de jour des pluies (b) à Yaoundé et concentration l'ozone stratosphérique de 1980 à 2010

Le test non paramétrique de Tau-B de Kendall évalue le degré d'indépendance des précipitations annuelles sur la concentration d'ozone stratosphérique (**Tableau 6**). Le **Tableau 7** établit le degré d'implication de la concentration de l'ozone stratosphérique sur les quantités annuelles de précipitations à Yaoundé sur la période de l'étude. Les résultats de ce test démontrent que la concentration de l'ozone s'implique de 3,2 % sur les quantités de précipitations à Yaoundé. Cette valeur relativement faible démontre qu'en dehors de l'ozone d'autres facteurs influencent de manière significative sur les quantités de l'ozone stratosphérique.

Tableau 6 : Détermination du coefficient de corrélation entre les précipitations annuelles à Yaoundé et la concentration de l'ozone stratosphérique antarctique

Tau-B de Kendall		Précipitations annuelles	Ozone
	Sig. (bilatérale)		
Précipitations annuelles	Coefficient de corrélation	1,000	
	Sig. (bilatérale)	0,987	
Ozone	Coefficient de corrélation	-0,183	1,000
	Sig. (bilatérale)	0,137	
	N	31	31

** La corrélation est significative au niveau .01 (bilatéral)

Tableau 7 : Degré d'implication de la concentration de l'ozone stratosphérique antarctique sur les variables climatiques à Yaoundé de 1980 à 2010

Variables $R_{Xr} = r^2$ (%)	Precipitations annuelles
Ozone	3,2 %

IV - DISCUSSION

Le réseau « action climat France » dans sa fiche N° 4 de Novembre 2003 [10] estime que « la plus grande partie de l'ozone de la planète est produite au-dessus des tropiques et redistribuée aux quatre coins du monde par les vents ».

Les travaux sur la concentration de la couche d'ozone ont démarrés au milieu des années 70 dans l'Antarctique, pour être ensuite observés sur le pôle Nord, la Nouvelle Zélande, le Sud de l'Australie, le Canada et la Scandinavie. Ces régions connaissent régulièrement de fortes baisses d'ozone stratosphérique au printemps. Le même rapport indique que les changements climatiques induisent un réchauffement de la troposphère qui par effet direct va provoquer le refroidissement de la stratosphérique et la formation des nuages polaires qui sont la cause principale de la formation du trou d'ozone. L'OMM [11] démontre qu'en 2011, l'appauvrissement de la couche d'ozone a provoqué un forçage radiatif négatif du climat, c'est-à-dire un effet indirect du refroidissement. Il est probable que la modification des concentrations d'ozone soit actuellement responsable, en moyenne à l'échelle du globe, d'un forçage radiatif d'environ $-0,15 \pm 0,10 \text{ W m}^{-2}$. De nombreux travaux portant sur le trou d'ozone et la migration des courants-jets révèlent que celui-ci impacte le climat global. Les travaux du Goddard Space Flight Center de la NASA ont montré que la modification de ces courants entraîne souvent une modification des zones de convection dans les tropiques et du climat global. Ces observations attestent l'étroite relation qui existe entre la circulation atmosphérique et le rythme pluviométrique à l'équateur.

Les travaux de l'organisation mondiale de la météorologie [11] démontrent que le trou dans la couche d'ozone est un phénomène annuel qui survient en hiver et au printemps à cause des températures extrêmement basses qui règlent la stratosphère et, de la présence des substances nocives pour l'ozone. Selon [12], le trou dans le bouclier hydroxyle amplifie la destruction de la couche d'ozone et pire encore, il impacte le climat de la Terre. Les études similaires faites dans l'arctique par [13] démontrent que les conditions ne sont pas encore réunies pour qu'une diminution importante d'ozone soit observée, puisque les températures hivernales sont plus élevées qu'au pôle sud. Les recherches sur la dynamique de la couche d'ozone restent parcellaires en Afrique et mériteraient d'être explorées. Quelques travaux ont été effectués en Afrique Australe où il est établi que l'appauvrissement de la couche d'ozone serait l'une des causes du changement rapide et brusque de la température. Il est démontré que durant le printemps austral, le trou d'ozone au-dessus de l'antarctique est maximal et, provoque un refroidissement de la stratosphère qui à son tour engendre le changement dans la dynamique des vents qui déplacent les centres d'action atmosphériques.

V - CONCLUSION

La couche d'ozone protège la planète terrestre des rayons ultraviolets du soleil sans lesquels la vie est pratiquement impossible sur la terre. Elle est responsable de la migration des courants atmosphériques, notamment des courants jets dans l'hémisphère-sud pendant les saisons sèches, ce qui entraîne souvent la modification des régimes annuels des pluies. La position géographique du Cameroun situé un peu au-dessus de l'équateur, grâce au principe de Coriolis, le soumet en permanence à l'influence des masses d'air antarctique qui joue un rôle capital sur le climat de l'équateur et même celui de tout l'hémisphère-sud. Cela n'est possible que grâce au déplacement régulier des masses d'air stratosphériques dont la vitesse est comprise entre 20 et 30 m/s et de direction Est et Ouest. Ces importantes masses d'air ajoutées au déplacement régulier du front intertropical atteignent Yaoundé et ses environs, provoquant une forte variabilité du climat local qui s'accompagne souvent d'un dérèglement des régimes pluviométriques traditionnels. L'étude portant sur la variabilité pluviométrique à Yaoundé en rapport avec les anomalies de l'ozone stratosphérique antarctique est une contribution, bien que modeste à la compréhension des phénomènes climatiques globaux et, qui affectent les climats locaux. Cet essai d'analyse bien que parcellaire ouvre la voie vers une exploration qui pour être plus précise devra tenir en compte un ensemble de facteurs associés au système climatique global.

RÉFÉRENCES

- [1] - JOSEPH ARMATHE AMOUGOU, MESMIN TCHINDJANG, UNUSA HAMAN, ROMAIN ARMAND SOLEIL BATHA, *journal of the cameroon academy of sciences* (JCAS). vol 11, N°1 (2013). PP 27-37.
- [2] - SAMUEL AIME ABOSSOLO; ROMAIN ARMAND SOLEIL BATHA, Les fluctuations annuelles de la température de la surface de l'océan atlantique avec l'anticyclone des Açores, l'activité solaire et le niveau d'eau du lac Tchad, *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, n° 1, (EDUCI), 2015, pp 3-12.
- [3] - SCIENCE ET VIE N°257(2011).
- [4] - SUCHEL, La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun. Université Fédérale du Cameroun. Centre des recherches africanistes, département Géographie ORSTOM. (1972) 283 p.
- [5] - SAMUEL AIME ABOSSOLO, JOSEPH ARMATHE AMOUGOU, MESMIN TCHINDJANG, SYLVERE MARIN MENA et ROMAIN ARMAND SOLEIL BATHA, Analyse des précipitations annuelles à la

- station de Yaoundé de 1895 à 2006. (2015), *Afrique Science* 11(2) (2015) 183 - 194 ISSN 1813-548X.
- [6] - J.B. SUCHEL, *Les climats du Cameroun*. Thèse d'Etat de l'Université de Saint- Etienne, (1988), 1200 p.
- [7] - SPARC CCMV, Sparc Report on the Evaluation of Chemistry-Cimate Models, VEyring, T.G. Shepherd, D.W. Waugh (Eds), SPARK Report No.5, WCRP-132, WMO/TD-N°1526, (2010).
- [8] - M. MICHOU, SAINT-MARTIN, H. TEYSSÈDRE, A. ALIAS, F. KARCHER, D. OLIVIÉ, A.VOLDOIRE, B. JOSSE V H. PEUCH, H. CLARC, J. N. LEE, and F. CHÉROUX, a new version of the CNRM Chemistry-climate Model, CNRM-CCM: description and improvements from the CCMVal-2 simulation, *Geosci. Model Dev.*, 4, 873-900, DOI : 10.5194/gmd-4-873-2011.
- [9] - TCHERNIA, L'atmosphère et l'océan en mouvement. Goddard space fligt center. Lane E. Wallace, *Dralsnhopesn realities NASA's Goddard Space Flight Center The Firt Forty Years*, NASA, 2008, (1978), 218 p.
- [10] - Fiche N° 4 de Novembre 2003.
- [11] - OMM, Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2011, OMM-N° 1085, (2011).
- [12] - MARKUS REX et al. Polar Ozone Loss and the Tropical Tropopause Layer Research based on meteorological fields from data assimilation systems, SPARC data assimilation workshop, Socorro, (2012).
- [13] - G. MEGIE, *Ozone, l'équilibre rompu*, Presses du CNRS, (1989).