

Comparaison des fluctuations des précipitations moyennes annuelles au Rwanda avec les épisodes EL-NINO/LA NINA et les cycles des taches solaires.

Comparison of the Rwandan annual mean rainfall fluctuations with the EL-NINO/ LA NINA events and sunspots.

L. ILUNGA¹ & I. MUHIRE¹

Abstract: Three types of climatic years have been defined for Rwanda: dry, normal and wet years. Their chronological regional sequences have revealed that the rainfall is more constant in the western Rwandan part of the Congo-Nile crest than in the Eastern one where more fluctuations, probably in relation with sunspots, are observable. The confrontation of EL-NINO and LA NINA events with these climatic years has shown a correspondence of EL-NINO with wet years and LA NINA with the normal-dry years.

Key words: rainfall, fluctuation, climate, cyclicity, EL-NINO, LA NINA, Sunspots, Rwanda

Résumé: Trois types d'années climatiques ont été définis au Rwanda: les années sèches, normales et humides. Leurs séquences chronologiques régionales ont montré que les pluies sont plus constantes dans la partie rwandaise à l'Ouest de la crête Congo-Nil qu'à l'Est du pays où plus de fluctuations pluviométriques, probablement liées aux taches solaires, sont observables. La confrontation des années climatiques avec les épisodes EL-NINO et LA NINA a montré une correspondance des épisodes EL-NINO avec les années humides et LA NINA avec les années normales- sèches.

Mots clés: pluviométrie, fluctuations, climat, cyclicité, EL-NINO, LA NINA, taches solaires, Rwanda

INTRODUCTION

Actuellement, le concept "EL-NINO" est généralement utilisé pour décrire un phénomène dualiste, étroitement lié à l'océan et à l'atmosphère.

Ses analyses ont un double objectif:

- décrire la correspondance entre l'augmentation de la température des eaux de surface du Pacifique équatorial central et oriental et la baisse de la température des eaux de surface du Pacifique occidental
- examiner l'association de périodes:
 - d'une part, de forte pluviométrie du Pacifique central (Tahiti), de l'Amérique du sud occidental (Equateur et Pérou) et de la Californie;
 - d'autre part, des sécheresses correspondantes en Australie, Indonésie et Nouvelle Guinée (O'HARE,G., SWEENEY,J. & WILBY,R., 2005).

Il semble également établi que certaines parties de l'Afrique subiraient les effets de ce phénomène. Il s'agit, entre autres, de la région équatoriale de l'Afrique située vers 30° de longitude Est et à laquelle appartient le Rwanda.

Selon ces mêmes auteurs, l'impact de EL-NINO et de LA NINA s'y ferait sentir en décembre - février et y entraînerait une alternance des phases humide et sèche.

Le but de la présente étude est de vérifier l'éventuel impact des épisodes EL-NINO et LA NINA sur les modules pluviométriques annuels aux diverses stations météorologiques du Rwanda.

¹ Kigali Institute of Education, B.P. 5039 Kigali, Rwanda, email:ilungalutum@yahoo.fr.

¹ Kigali Institute of Education, B.P. 5039 Kigali, Rwanda, email:muhinno@yahoo.fr.

Cela revient à vérifier la correspondance des années plus humides avec EL-NINO et des années plus sèches avec LA NINA ou inversement.

METHODOLOGIE

Pour une raison de disponibilité de données pluviométriques, seule la période de 1935 à 1990 est concernée par la présente étude. En effet, la plupart des stations météorologiques n'ont plus fonctionné au Rwanda après la guerre de 1994. Celles plus complètes faisant l'objet de cette recherche (Service météorologique de Kigali) sont figurées dans le tableau I et sur la figure 1 (carte de localisation des stations météorologiques par régions climatiques).

Tableau I: Stations étudiées selon les régions climatiques

N°	Bord du lac Kivu	Coordonnées géographiques		Moyennes annuelles(mm)**	Altitude (en m)
		Latitude (S)	Longitude(E)		
1.	Gisenyi	1°41'	29°15'	1147	1540
2.	Mubuga	2°10'	29°19'	1370	1750
3.	Mugonero	2°11'	29°17'	1346	1600
4.	Murunda	1°53'	29°22'	1338	1875
5.	Mibirizi	2°34'	28°57'	1514	1540
N°	Stations des hautes terres	Coordonnées géographiques		Moyennes annuelles(mm)	Altitude (en m)
		Latitude (S)	Longitude(E)		
1.	Byumba *	1°35'	30°4'	1303	2235
2.	Kibeho *	2°39'	29°33'	1305	1940
3.	Ruhengeri	1°31'	29°40'	1347	1860
4.	Rwankeri	1°35'	29°32'	1259	2250
5.	Rwaza	1°32'	29°41'	1277	1800
N°	Stations du plateau central	Coordonnées géographiques		Moyennes annuelles(mm)	Altitude (en m)
		Latitude (S)	Longitude(E)		
1.	Kansi P.	2°43'	29°45'	1169	1670
2.	Kirinda	2°15'	29°34'	1329	1650
3.	Rubona C.	2°29'	29°46'	1197	1706
4.	Rulindo	1°43'	29°55'	1258	1800
5.	Save P.	2°33'	29°46'	1163	1725
N°	Les stations des bas plateaux de l'est	Coordonnées géographiques		Moyennes annuelles(mm)	Altitude (en m)
		Latitude (S)	Longitude(E)		
1.	Kibungo	2°10'	30°32'	998	1680
2.	Rwamagana	+1°59'	+30°29'	977	?
3.	Zaza	2°8'	30°25'	1109	1515

* Dans le cadre de l'étude régionale (Ouest-Est), ces deux stations seront rattachées à la région orientale, tandis que les trois autres le seront à la région occidentale, la ligne de crête servant de ligne de partage.
 **Pour les moyennes pluviométriques mensuelles, voir Ilunga, Muhire, et Mbaragijimana, 2004.

Les données pluviométriques recueillies aux diverses stations ont été d'abord complétées si nécessaire (SUBRAMANYA, 1994), et classées de façon croissante. Puis, les fréquences de non - dépassement ont été calculées selon la formule $F(X) = \frac{i - 1}{n - 2n}$ (CHUZEVILLE, 1990) avec i et n donnant le rang de l'année et le nombre d'années.

L'ajustement des données par la loi de Gauss a été fait avec un intervalle de confiance au seuil de 90%. La recherche des fluctuations pluviométriques humides et sèches sur de courtes périodes, l'objet de la présente étude, nous a conduit à utiliser les décennales humides et sèches comme moyen de différenciation de ces années. Leur calcul l'a été au seuil de 99% (CHUZEVILLE, 1990) et leurs bornes pluviométriques inférieures et supérieures calculées aux diverses stations. La confrontation de ces dernières avec les années sèches et humides de la séquence pluviométrique chronologique a montré qu'elles les englobaient pratiquement toutes à l'exception de deux années extrêmes 1984 (i=1) et 1987 (i=56).

Nous avons alors décidé d'utiliser ces bornes comme moyen de subdiviser les années pluviométriques en trois catégories: les années sèches (S), intermédiaires ou normales (N) et humides (H).

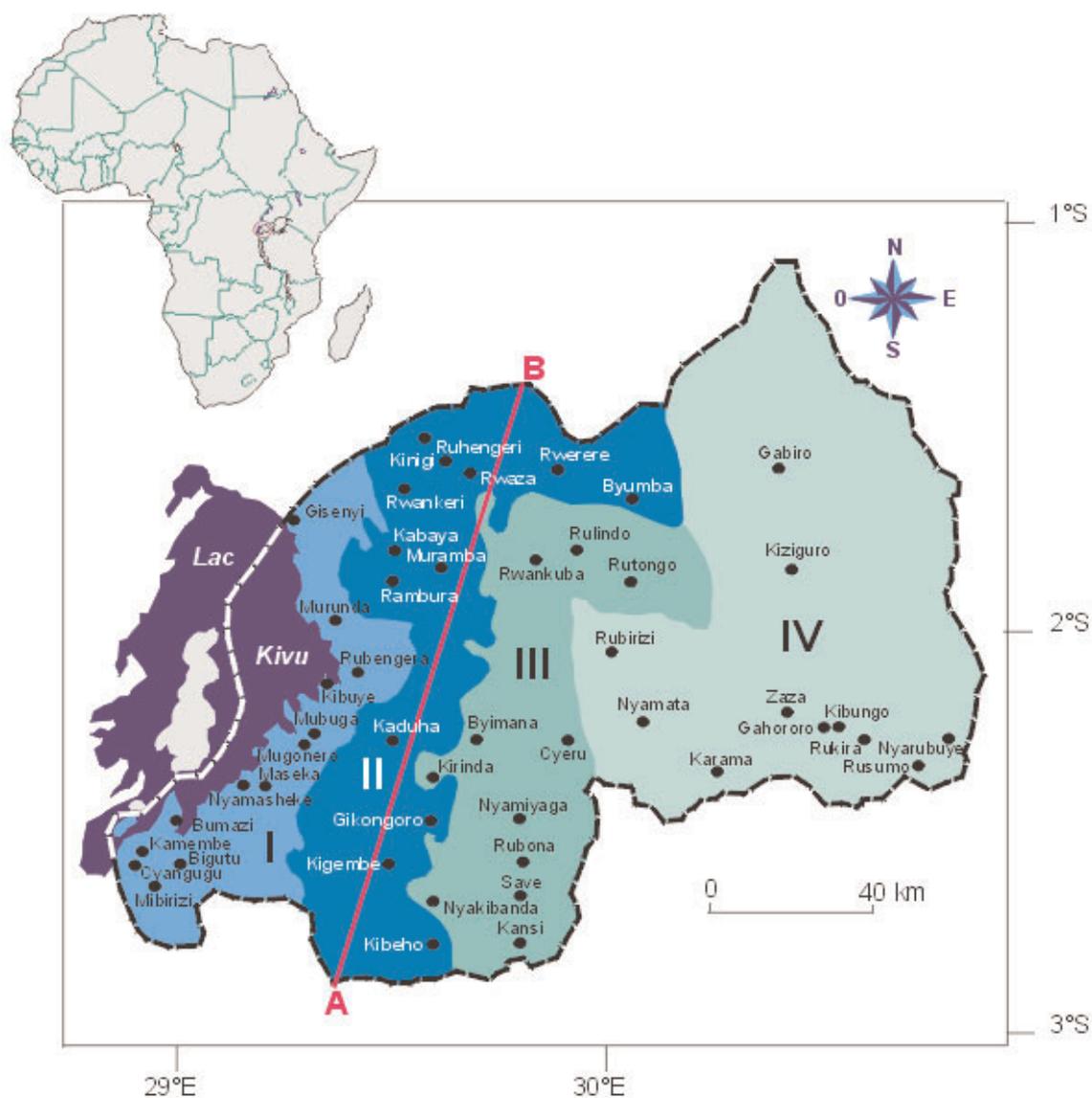


Fig. 1 : Localisation des stations pluviométriques par région climatique (I-IV)

1. Zone bordière du Lac Kivu
2. Crête Congo-Nil
3. Centre (Plateau central)
4. Est (Bas plateaux de l'est)

AB = ligne de partage des stations (ouest - est)

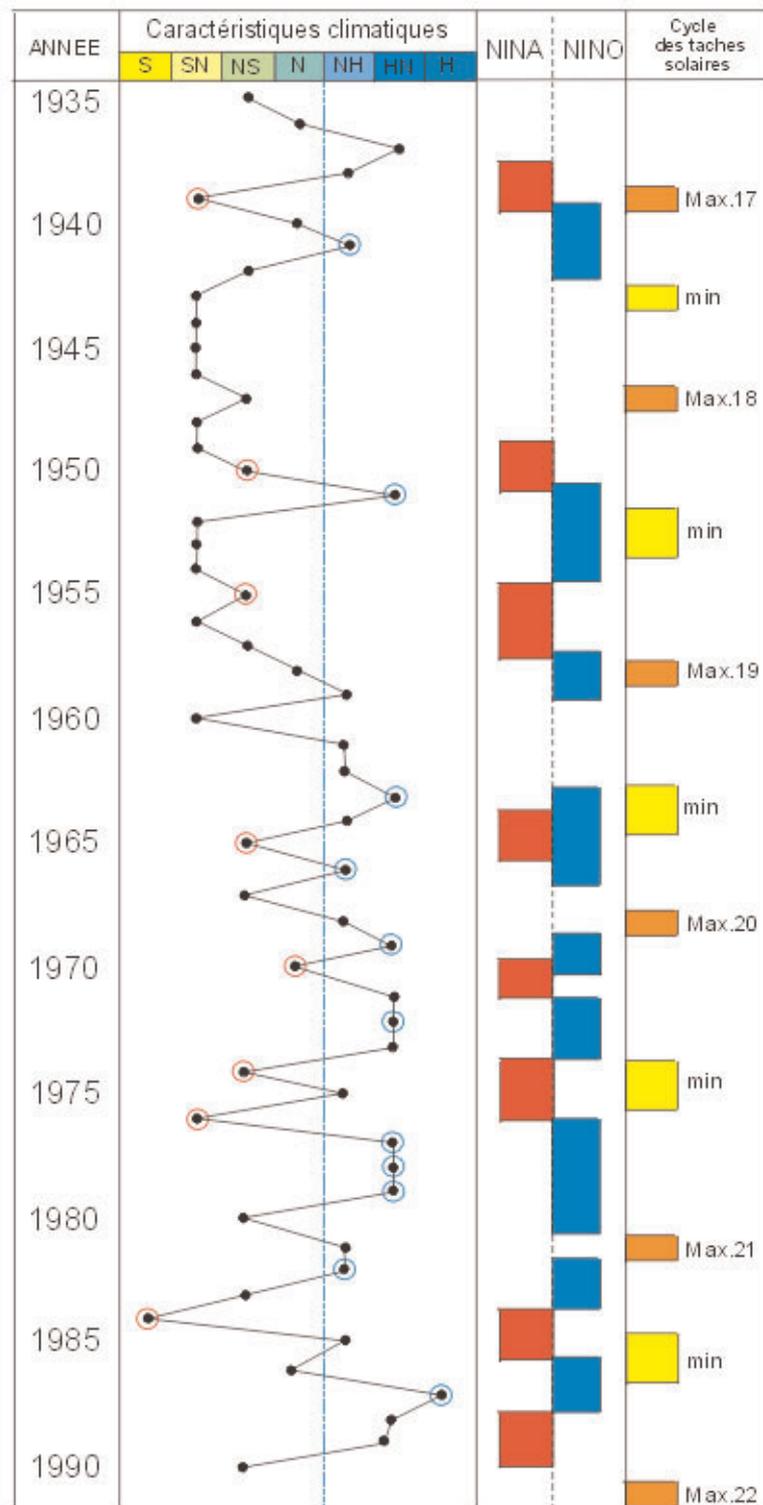


Fig. 2 : Courbe climatique du Rwanda (1935 - 1990)

Les cercles en bleu et en rouge soulignent les années à influence remarquable des épisodes El-Nino/La Nina

S: année sèche; SN: année sèche-normale; NS: année normale-sèche; N: année normale
 NH: année normale-humide; HN: année humide-normale; H: année humide.

Sur le plan régional, l'année climatique est définie sur base de la synthèse fréquentielle des années climatiques des stations. Ainsi, la caractéristique climatique la plus fréquente est utilisée pour définir l'année climatique régionale. Les autres caractéristiques lui sont associées par ordre décroissant. Si la fréquence d'une caractéristique climatique est supérieure ou égale à la moitié de la caractéristique dominante, elle lui est associée avec une lettre majuscule, sinon avec une lettre minuscule à condition d'être égale ou supérieure à son quart. Une fois les années climatiques du Rwanda définies, leur séquence a été représentée sous la forme d'une courbe climatique (figure 2) susceptible de faire ressortir les fluctuations pluviométriques normales, sèches et humides selon l'ordre ci-après: années sèche (S), sèche-normale (SN), normale-sèche (NS), normale (N), normale-humide (NH), humide-normale (HN) et humide (H), regroupables en trois types d'années: S (S et SN), N (NS, N, NH) et H (HN et H).

Enfin, les années des épisodes EL-NINO et LA NINA ainsi que les années des maxima et minima des taches solaires ont été figurées à côté de la courbe climatique du Rwanda afin de vérifier leurs éventuelles correspondances avec les années climatiques.

RESULTATS

Les années climatiques du Rwanda

Les années climatiques du Rwanda ont été définies par station, région et de façon nationale. Les résultats sont repris dans le tableau ci-après (tableau II) qui donne également les différentes périodes climatiques synthétiques.

Tableau II: Années et périodes climatiques synthétiques au Rwanda

Année	Situations regionales				Situation nationale 18 stations	Caractéristiques		Périodes climatiques synthétiques	
	Bord du lac Kivu 5 stations	Hautes terres 5 stations	Plateau Central 5 stations	Bas plateau de l'Est 3 stations		Détaillées	Dominantes		
1935	N=5	S=1 N=4	S=3 N=2	S=1 N=2	N=13 S=5	Ns	N	N	
1936	S=1 N=4	N=5	S=1 N=3 H=1	N=2 H=1	N=14 S=2 H=2	N	N		
1937	S=2 H=3	N=3 H=2	N=3 H=2	N=1 H=2	H=9 N=7 S=2	HN	H		
1938	N=1 H=4	S=1 N=4	S=2 N=2 H=1	S=1 N=2	N=9 H=5 S=4	NHs	N		
1939	S=2 N=3	S=3 N=2	S=3 N=2	S=3	S=11 N=7	SN	S		
1940	N=3 H=2	N=4 H=1	S=2 N=3	S=1 N=2	N=12 S=3 H=3	N	N		
1941	S=1 N=4	N=4 H=1	N=1 H=4	N=2 H=1	N=11 H=6 S=1	NH	N		
1942	N=3 H=2	N=4 H=1	S=2 N=3	S=2 N=1	N=11 S=4 H=3	Ns	N		
1943	S=3 N=1 H=1	S=3 N=2	S=5	S=2 N=1	S=13 N=4 H=1	S _N	S		S
1944	S=1 N=4	S=4 N=1	S=3 N=1 H=1	S=2 N=1	S=10 N=7 H=1	SN	S		

1945	S=3 N=2	S=2 N=3	S=1 N=2 H=2	S=3	S=9 N=7 H=2	SN	S	
1946	S=1 N=4	S=2 N=3	S=5	S=3	S=11 N=7	SN	S	
1947	S=3 N=1 H=1	N=4 H=1	N=2 H=3	S=3	N=7 S=6 H=5	NSH	N	
1948	S=1 N=1 H=3	S=3 N=2	S=4 N=1	S=2 N=1	S=10 N=5 H=3	SN	S	
1949	S=3 N=2	S=3 N=2	S=4 N=1	S=3	S=13 N=5	S _N	S	
1950	S=1 N=3 H=1	S=2 N=3	S=3 N=1 H=1	N=1 H=2	N=8 S=6 H=4	NS _H	N	
1951	S=1 N=4	N=2 H=3	N=2 H=3	H=3	H=9 N=8 S=1	HN	H	
1952	S=1 N=3 H=1	S=3 N=2	S=5	S=3	S=12 N=5 H=1	S _N	S	
1953	S=2 N=2 H=1	S=1 N=3 H=1	S=4 N=1	S=3	S=10 N=6 H=2	SN	S	
1954	S=2 N=3	S=2 N=3	S=5	S=2 N=1	S=11 N=7	SN	S	
1955	S=1 N=4	S=1 N=4	S=2 N=3	S=3	N=11 S=7	NS	N	
1956	S=1 N=2 H=2	S=1 N=2 H=2	S=4 N=1	S=3	S=9 N=5 H=4	SN _H	S	
1957	S=1 N=4	S=1 N=2 H=2	S=1 N=2 H=2	S=2 N=1	N=9 S=5 H=4	NS _H	N	
1958	N=5	S=1 N=4	N=4 H=1	S=1 N=2	N=15 S=2 H=1	N	N	N
1959	S=1 N=3 H=1	N=5	S=1 N=1 H=3	S=1 N=1 H=1	N=10 H=5 S=3	N _H	N	
1960	S=1 N=4	S=2 N=3	S=3 N=1 H=1	S=3	S=9 N=8 H=1	SN	S	
1961	S=2 N=3	N=4 H=1	S=2 H=3	H=3	N=7 H=7 S=4	NH ₅ /HN ₅	N	
1962	S=3 N=2	S=2 N=3	H=5	S=1 N=2	N=7 S=6 H=5	NHS	N	
1963	S=1 N=3 H=1	S=1 N=1 H=3	N=1 H=4	H=3	H=11 N=5 S=2	HN	H	
1964	N=4 H=1	S=1 N=2 H=2	S=1 N=2 H=2	H=3	N=8 H=8 S=2	HN/NH	N	
1965	S=2 N=3	N=4 H=1	S=3 N=2	H=3	N=9 S=5 H=4	NS	N	
1966	S=1 N=4	N=3 H=2	S=2 N=1 H=2	H=3	N=8 H=7 S=3	NH	N	
1967	N=4 H=1	S=2 N=3	S=3 N=1 H=1	S=2 N=1	N=9 S=7 H=2	NS	N	
1968	N=4 H=1	N=3 H=2	S=2 N=1 H=2	H=3	N=8 H=8 S=2	NH	N	
1969	S=1 H=4	S=1 N=1 H=3	S=3 N=2	N=3	H=7 N=6 S=5	HN	H	H

1970	S=1 N=4	N=3 H=2	N=4 H=1	S=1 N=2	N=13 H=3 S=2	N	N	
1971	N=3 H=2	N=1 H=4	H=5	S=2 N=1	H=11 N=5 S=2	H _N	H	
1972	N=3 H=2	N=1 H=4	S=1 N=1 H=3	N=1 H=2	H=9 N=5 S=4	HN _s	H	
1973	S=2 N=1 H=2	S=2 H=3	H=5	S=1 N=1 H=1	H=11 S=5 N=2	H _s	H	
1974	N=4 H=1	S=1 N=2 H=2	S=2 N=3	S=2 N=1	N=10 S=5 H=3	N _s	N	
1975	N=3 H=2	S=1 N=1 H=3	S=3 N=2	N=1 H=2	N=7 H=7 S=4	NH _s	N	
1976	S=4 H=1	S=3 N=1 H=1	S=3 N=2	S=1 N=2	S=11 N=5 H=2	S _N	S	
1977	S=2 N=3	S=1 N=1 H=3	H=5	N=2 H=1	H=9 N=6 S=3	HN	H	
1978	S=1 N=3 H=1	S=2 N=2 H=1	S=1 H=4	N=2 H=1	N=7 H=7 S=4	HN	H	
1979	S=1 N=2 H=2	S=2 H=3	N=2 H=3	S=1 N=1 H=1	H=9 N=5 S=4	HN	H	
1980	S=1 N=4	S=2 N=2 H=1	N=3 H=2	S=3	N=9 S=6 H=3	NS	N	N
1981	N=4 H=1	S=1 N=3 H=1	S=2 N=2 H=1	H=3	N=9 H=6 S=3	NH	N	
1982	S=1 N=4	S=2 N=1 H=2	S=1 N=2 H=2	N=2 H=1	N=9 H=5 S=4	NH	N	
1983	S=2 N=3	S=1 N=2 H=2	S=1 N=4	N=1 H=2	N=10 S=4 H=4	N _{SH}	N	
1984	S=3 H=2	S=4 N=1	S=4 N=1	S=2 N=1	S=13 N=3 H=2	S	S	
1985	S=2 N=3	S=1 N=3 H=1	N=3 H=2	H=3	N=9 H=6 S=3	NH	N	
1986	S=2 N=2 H=1	S=2 N=1 H=2	N=2 H=3	N=3	N=8 H=6 N=4	N	N	
1987	S=1 N=2 H=2	S=1 H=4	H=5	N=1 H=2	H=13 N=3 S=2	H	H	
1988	N=5	S=1 H=4	S=1 H=4	N=1 H=2	H=10 N=6 S=2	HN	H	
1989	S=1 H=4	N=3 H=2	S=2 N=2 H=1	H=3	H=10 N=5 S=3	HN	H	
1990	S=1 N=4	S=2 N=2 H=1	S=3 N=2	N=1 H=2	N=9 S=6 H=3	NS	N	

Comme on peut le constater, sept sortes d'années climatiques ont été définies à savoir: les années sèches, sèches-normales, normales-sèches, normales, normales-humides, humides-normales et humides. Sur 56 années d'étude, les fréquences décroissantes ci-après ont été trouvées: SN (13), NH (12), HN (12), NS (12), N (5), S(1) et H(1). D'après ces fréquences, les années sèches-normales, normales-humides, humides-normales et normales-sèches sont plus fréquentes. Elles ont chacune une fréquence minimale de 10 sur les 56 années. Elles sont ensuite suivies par les années normales avec une fréquence de 6. Les années typiquement sèches et humides sont vraiment exceptionnelles et correspondent respectivement à LA NINA

(1984) et EL NINO (1987). Un essai de regroupement montre en outre, un net équilibre entre les années sèches (25 sur 56) et celles humides (24 sur 56). La faible fréquence des années strictement normale (5 sur 56) montre clairement que les épisodes pluviométriques sont rarement de type intermédiaire. Ils sont plus souvent soit secs (NS) soit humides (NH). Toutefois, le caractère normal incluant les années climatiques normales, normales-sèches et normales-humides est nettement mieux représenté avec une trentaine d'années. Toutes ces caractéristiques détaillées sont représentées sous forme d'une courbe climatique (figure 2).

Ainsi, trois sortes d'années climatiques peuvent être définies: les années sèches (S) englobant les années sèches (S) et normales-sèches (NS), les années normales (N) regroupant les années normales-sèches (NS), normales (N) et normales-humides (NH) et enfin les années humides (H) comprenant les années humides-normales (HN) et humides (H).

En ce qui concerne les fluctuations climatiques, quatre périodes climatiques semblent apparaître:

- Une période normale de 8 ans (1935-1942), dont le début est inconnu.
- Une période sèche de 15 ans (1943-1957)
- Une période normale de 11 ans (1958-1968)
- Une période humide de 13 ans (1968-1980)
- Une période normale de 10 ans (1981-1990), dont la fin est inconnue.

Correspondances des maxima et minima des cycles solaires avec les années climatiques au Rwanda

Après la caractérisation régionale des années climatiques du Rwanda (bord du lac, crête Congo-Nil, plateau central et bas plateau de l'Est), un autre regroupement a été fait en régions occidentale et orientale séparées par la ligne de partage des eaux de la crête Congo-Nil.

Cette subdivision a pour fondement la différence probable des mécanismes de pluviogenèse de part et d'autre de la crête Congo-Nil (côtés au vent et sous le vent (ILUNGA, MBARAGIJIMANA & MUHIRE, 2004).

Les résultats obtenus sont figurés dans le tableau III ci après.

L'analyse de ce tableau fait ressortir plusieurs constatations:

Globalement, trois types d'années climatiques ressortent clairement: les années normale, sèche et humide, ainsi distribuées par régions climatiques (tableau IV)

L'analyse des successions des périodes climatiques montre ce qui suit:

- La région occidentale du Rwanda apparaît plus constante avec un comportement pluviométrique normal pendant 38 ans sur un total de 56 ans (1935 à 1990). Deux courtes fluctuations humides sont observables entre les années 1969 et 1975 d'une part et celles 1987 et 1990 d'autre part.
- La région orientale, par contre, est plus variable ainsi qu'on peut le déduire de la répartition fréquentielle plus équilibrée entre les années climatiques normale, sèche et humide dont les fréquences respectives sont 20, 21 et 21.
- Les maxima et minima des cycles solaires semblent correspondre avec plusieurs changements des séries d'années climatiques.
 - Le minimum 16/17 des cycles solaires de l'année 1935 coïncide avec une normalité pluviométrique sur l'ensemble du pays.
 - Le maximum 17 de 1939, par contre, correspond à un assèchement passager sur l'ensemble du pays en train de connaître globalement les conditions pluviométriques normales.
 - L'année 1943 correspond au minimum 17/18 des cycles solaires; elle marque le début d'une période sèche à l'Est couplée à une période normale à l'Ouest.
 - L'année 1947 est l'année du maximum solaire 18; elle marque le début de la généralisation de la sécheresse à l'Est et à l'Ouest.

Tableau III: Séquences climatiques régionales (West-Est) et nationale (pays)

Année	Ouest	Est	Pays	Maxima et minima des cycles solaires	LA NINA**	EL-NINO**
1935	N	N	N	Minimum 16/17*	-	-
1936	N	N	N	-	-	-
1937	H	N-H	H-N	-	-	-
1938	H	N	N	-	LA NINA	-
1939	N-S	S	S	Maximum 17	LA NINA	EL-NINO
1940	N	N	N	-	-	EL-NINO
1941	N	H-N	N	-	-	EL-NINO
1942	N	N	N	-	-	EL-NINO
1943	S	S	S	Minimum 17/18*	-	-
1944	N	S	S	-	-	-
1945	S-N	S	S	-	-	-
1946	N	S	S	-	-	-
1947	N-S	N-S	S-N	Maximum 18	-	-
1948	S	S	S	-	-	-
1949	S	S	S	-	-	-
1950	N	S	N	-	LA NINA	-
1951	N	H	N-H	-	LA NINA	EL-NINO
1952	N	S	S	Minimum 18/19*	-	EL-NINO
1953	N	S	S	Minimum 18/19*	-	EL-NINO
1954	N	S	S	-	-	EL-NINO
1955	N	S	N	-	LA NINA	-
1956	H	S	S	-	LA NINA	-
1957	N	H	N	-	LA NINA	EL-NINO
1958	N	N	N	Maximum 19	-	EL-NINO
1959	N	H-N	N	-	-	-
1960	N	S	S	-	-	-
1961	N	H	N-H	-	-	-
1962	S	H	N	-	-	-
1963	N	H	H	Minimum 19/20*	-	EL-NINO
1964	N	H	N-H	Minimum 19/20*	LA NINA	EL-NINO
1965	N	N	N	-	LA NINA	EL-NINO
1966	N	H	N	-	-	EL-NINO
1967	N	S	N	-	-	-
1968	N	H	H	Maximum 20	-	-
1969	H	N	H	-	-	EL-NINO
1970	N	N	N	-	LA NINA	EL-NINO
1971	H	H	H	-	LA NINA	-

1972	H	H	H	-	LA NINA	EL-NINO
1973	S	H	H	-	LA NINA	EL-NINO
1974	N	N	N	Minimum 20/21*	LA NINA	-
1975	H	N-S	N-H	Minimum 20/21*	LA NINA	-
1976	S	S	S	-	LA NINA	EL-NINO
1977	N	H	H	-	-	EL-NINO
1978	N	H	H-N	-	-	EL-NINO
1979	H	H	H	-	-	EL-NINO
1980	N	N	N	-	-	EL-NINO
1981	N	N	N	Maximum 21	-	-
1982	N	N	N	-	-	EL-NINO
1983	N	N	N	-	-	EL-NINO
1984	S	S	S	-	LA NINA	-
1985	N	N-H	N	Minimum 21/22*	LA NINA	-
1986	S-N	N	N	Minimum 21/22*	-	EL-NINO
1987	H	H	H	-	-	EL-NINO
1988	N	H	H	-	LA NINA	-
1989	H	H	H	-	LA NINA	-
1990	N	S	N	-	-	-
1991				Maximum 22		

*=minimum compris entre deux maxima des cycles solaires à numéros donnés
 NB. Quand un minimum tombe à cheval entre deux années, les deux années sont reprises ; les années des plus importants El NINO sont mises en gras.
 **=<http://www.library.thinkquest.org/5818/elnino.html>.(12/02/2010)

Tableau IV: Fréquences des années climatiques normal (N), sèche (S) et humide (H) par régions climatiques

Année climatique	Normale	Sèche	Humide	Total
Région occidentale	38	12	10	60/56 *
Région orientale	20	21	21	62/56
Pays	32	15	17	66/56

*Une année est comptée 2 fois en cas d'égalité de fréquences

- L'année 1951 précède d'environ une année le minimum solaire 18/19; elle marque le début d'un contraste pluviométrique entre l'Est sec et l'Ouest normal.
- L'année 1958 correspond au maximum solaire 19; on observe le début d'une période humide à l'Est pendant que l'Ouest reste normal.
- Le minimum 19/20 des années 1963-1964 ne correspond apparemment à rien de particulier; les conditions pluviométriques restent normales à l'Ouest et humides à l'Est.
- L'année 1968 est l'année du maximum solaire 20; elle marque le début d'une période globalement humide sur l'ensemble du pays.
- Le minimum solaire 20/21 des années 1974-1975 précède le retour aux conditions normales à l'Ouest alors que les conditions humides se prolongent à l'Est.
- Le maximum solaire 21 de 1981, par contre, déclenche la normalisation pluviométrique sur l'ensemble du pays.
- Le minimum solaire 21/22 des années 1985-1986 tombe juste avant le démarrage de l'humidification climatique plus net à l'Est qu'à l'Ouest.

Toutefois, un changement de pluviométrie semble annoncé en 1990, une année avant le maximum solaire 22 de 1991.

Au regard de tout ce qui précède, il est possible de conclure que les fluctuations pluviométriques au Rwanda semblent plus fréquentes à l'Est qu'à l'Ouest de la crête Congo-Nil et que leurs débuts et fins semblent coïncider avec les maxima et minima des cycles solaires.

Quant à leurs caractéristiques, il est possible de dire ce qui suit:

- La période entre les maxima 17 (1939) et 18 (1947) commence par une première demi-période relativement normale sur l'ensemble du pays pour se terminer par un assèchement à l'Est dans la deuxième demi-période; les deux demi-périodes sont séparées par le minimum solaire 17/18 de 1943.
- La période entre les maxima 18 (1947) et 19 (1958) est sèche sur l'ensemble du pays dans la première moitié tandis que la deuxième moitié présente des conditions climatiques sèches à l'Est et normales à l'Ouest; le minimum solaire 18/19 de 1952-1953 les sépare.
- La période entre les maxima 19 (1958) et 20 (1968) est normale à l'Ouest et relativement humide à l'Est; le minimum 19/20 de 1963-1964 semble passer inaperçu.
- La période entre les maxima 20 (1968) et 21 (1981) est globalement humide dans sa première moitié. Sa deuxième moitié, par contre, présente un contraste entre les caractères normal à l'Ouest et humide à l'Est; le minimum 20/21 de 1974-1975 arrive une année avant le début de la deuxième moitié.
- Enfin la période entre les maxima 21 (1981) et 22 (1991), se caractérise par une normalisation pluviométrique dans la première moitié et une humidification dans la deuxième moitié.

Ainsi qu'on peut le voir, il est possible de suggérer que les fluctuations pluviométriques sont plus observables à l'Est du Rwanda et pourraient avoir un rapport avec la cyclicité des taches solaires, notamment sa moitié. Cela explique, sans doute, la récurrence des périodes de sécheresse dans cette partie du pays, périodes caractérisées par des famines (principalement dans la partie Sud-Est du pays comme au Bugesera).

Correspondances des épisodes EL-NINO/LA NINA avec les années climatiques

Les épisodes EL-NINO/LA NINA ont été également représentés côte à côte avec la courbe chronologique des fluctuations des années climatiques (figure 2).

Leur confrontation avec les années climatiques humides et sèches a permis de détecter, pour le Rwanda, les années durant lesquelles l'influence des épisodes EL-NINO/LA NINA a semblé la plus remarquable (forte ou faible pluviosité). Il s'agit successivement des années: 1941, 1951, 1963, 1966, 1969, 1972, 1977-79, 1982 et 1987 pour EL-NINO(en bleu) et 1939,1950, 1955, 1965, 1970, 1974, 1976, 1984, 1988 et 1989 pour LA NINA(en rouge).

Ces événements EL-NINO/LA NINA sont ci-après groupés selon les types d'années climatiques. Il ressort de ces tableaux que les années des épisodes EL-NINO semblent correspondre majoritairement aux années climatiques humides-normales et de façon accessoire aux années normales-humides et humides ; le caractère général humide semble donc acquis à l'exception des années 1952 à 1954.

Quant aux épisodes LA NINA, ils sont plus représentés par les années normales-sèches et accessoirement par les années sèches-normales et sèches ; le caractère normal-sec semble dominer. Une anomalie de taille concerne les années 1988 et 1989 qui sont des années humides-normales et qui devraient théoriquement correspondre à l'épisode- EL-NINO.

Tableau V: Caractéristiques climatiques des années EL-NINO au Rwanda

EL-NINO Année climatique	1941	1951	1963	1966	1969	1972	1977	1978	1979	1982	1987
Normale											
Normale-Humide	x			x						x	
Humide-Normale		x	x		x	x	x	x	x		
Humide											x

Tableau VI: Caractéristiques climatiques des années LA NINA au Rwanda

LA NINA Année Climatique	1939	1950	1955	1965	1970	1974	1976	1984	1988	1989
Humide-Normale									x	x
Normale					x					
Normale-Sèche		x	x	x		x				
Sèche-Normale	x						x			
Sèche								X		

CONCLUSIONS

Au terme de cette étude, il ressort clairement que sur les 56 années d'étude (1935-1990), les années sèches-normales(13), normales-humides (12), humides-normales (12) et normales-sèches (12) sont plus fréquentes avec une fréquence minimale de 12 sur 56.

En outre, un certain équilibre semble ressortir entre les années sèches (25 sur 56) et celles humides (24 sur 56). Les années pluviométriques normales sont faiblement représentées suggérant que les épisodes pluviométriques strictement intermédiaires sont probablement rares.

Toutefois, le caractère normal incluant les années climatiques normales, normales-sèches et normales-humides est nettement mieux représenté avec une trentaine d'années.

Quant aux fluctuations pluviométriques, quatre périodes climatiques d'une douzaine d'années semblent ressortir:

- Une période normale de 8 ans (1935-1942), dont le début est inconnu.
- Une période sèche de 15 ans (1943-1957)
- Une période normale de 11 ans (1958-1968)
- Une période humide de 13 ans (1968-1980)
- Une période normale de 10 ans (1981-1990) ; dont la fin est inconnue.

Une cyclicité pluviométrique égale à la moitié de celle des taches solaires est envisageable, notamment à l'Est du pays.

Enfin, pour ce qui est de la correspondance des épisodes EL-NINO/LA NINA avec les années climatiques, il ressort ce qui suit:

- Les épisodes EL-NINO semblent correspondre plus fréquemment aux années climatiques humides
- Les épisodes LA NINA , par contre, semblent se produire fréquemment durant les années normales sèches.

REFERENCES

- CHUZEVILLE, B., 1990. Hydrologie tropicale appliquée en Afrique subsaharienne. Collection: Maîtrise de l'eau, Ministère de la coopération et du Développement, Ouagadougou, 275p.
- ILUNGA, L., MUHIRE, I. & MBARAGIJIMANA, C., 2004. Saisons pluviométriques et origine des pluies au Rwanda. *Geo-Eco-Trop*, 28, 1-2 : 61-68.
- O'HARE, G., SWEENEY, J., and WILBY, R., 2005. Weather, climate and climate change: Human perspectives. Pearson Education Limited, Harlow, England, 403p.
- SUBRAMANYA, K., 1994. Engineering hydrology, 2nd ed. Tata Mc Graw-hill, New Delhi, 392p.
http://www.library.thinkquest.org/5818/el_nino.html. Consulté le 12/02/2010.
- http://www.fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_solaire. Consulté le 11/03/2010.

