

# SUIVI DE LA SAISON DES PLUIES 1991-1992 EN AFRIQUE EQUATORIALE A L'AIDE DES INDICATEURS METEOSAT "OCCURRENCES DES NUAGES A SOMMET FROID ET TEMPERATURES DE BRILLANCE MAXIMUM DE SURFACE"

K. KALOMBO(1), J.P. LAHUEC(2) et M. ERPICUM(3)

(1) *Université de Lubumbashi, B.P. 1825, LUBUMBASHI/ Zaïre*

(2) *Antenne ORSTOM / CMS, B.P. 147, 22300 LANNION / France*

(3) *Laboratoire de Climatologie, Université de Liège, BAT. B11, SART TILMAN, Liège.*

## Résumé:

L'objectif de cette étude est de déterminer qualitativement la relation qui existe entre d'une part, la pluie mesurée au sol et, d'autre part, les occurrences des nuages à sommet froid et les températures de brillance maximum de surface en Afrique équatoriale; afin d'assurer un meilleur suivi de l'évolution de la pluviométrie dans cette région. Les résultats obtenus montrent qu'il est possible de réaliser un suivi des saisons pluvieuses en Afrique équatoriale à partir des indicateurs Météosat retenus. Le déficit pluviométrique mensuel observé durant la saison des pluies 1991-1992 sur la majeure partie de l'Afrique équatoriale est confirmé par l'analyse des données de paramètres Météosat pris en compte.

## Abstract:

The purpose of this study is to determine the nature of the relation between the monthly rainfall recorded at the surface ground and the occurrence of clouds' cold top as well as the maximum temperature of the ground' surface (at the monthly scale); to provide a better sustained of rainfall evolution in equatorial Africa. The results show that it is possible to provide a sustained rainy seasons evolution in equatorial Africa from restrained Météosat indicators. The anomalous' negative pluviometry observed during the 1991-1992 rainy season on the large part of equatorial Africa is strenghtened by the indicators' Météosat analysis.

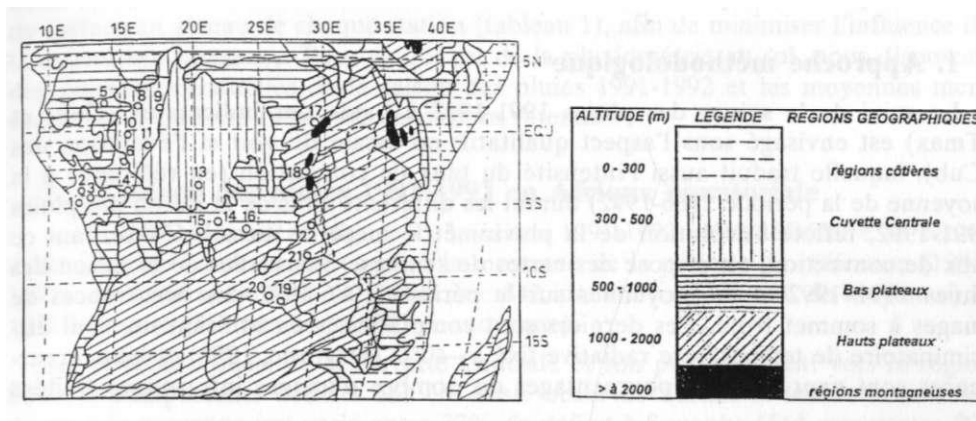
**Mots-clés:** Afrique équatoriale; précipitations; occurrence des nuages; températures de brillance.

**Key-words:** Equatorial Africa; rainfall; occurrence of cold clouds; temperatures of the ground' surface.

## Introduction

La présente étude porte sur le suivi de la saison des pluies 1991-1992 à l'aide des indicateurs Météosat "occurrences des nuages à sommet froid [(Cub)] et températures de brillance maximum de surface [(Tmax)]". Le suivi de l'évolution de la pluviométrie en Afrique équatoriale s'impose dans la mesure où les travaux récents concernant cette région (Leroux, 1988; Kalombo et al., 1991; Kalombo, 1994; Kalombo, et al., 1994; Samba-Kimbata, 1985 et 1992), font état d'une variabilité pluviométrique de plus en plus importante; mais dont l'analyse et le suivi ont été jusqu'à présent rendus difficiles à cause l'insuffisance du réseau pluviométrique au

sol: notamment au centre de la Cuvette Centrale (figure 1).



**Figure 1: Principaux traits du relief de l'Afrique équatoriale et emplacement des stations pluviométriques**

De ce fait, l'intérêt de la méthode de thermographie infrarouge Météosat dans le suivi de la pluviométrie de vastes régions comme l'Afrique équatoriale est évident. Cependant, cette étude n'a pas l'ambition de couvrir l'ensemble de cette région; les données disponibles au moment de l'étude ne concernent essentiellement que le bassin du fleuve Zaïre et ses marges (Figure 1, 3684000 K m<sup>2</sup> de part et d'autre de l'Equateur avec un tiers dans l'Hémisphère Nord et deux tiers dans l'Hémisphère Sud). Ce bassin représente cependant plus de 70% de la superficie totale de l'Afrique équatoriale.

Les indicateurs retenus [(Cub) et (Tmax)] ont déjà été utilisés pour les mêmes objectifs dans plusieurs régions intertropicales, notamment dans les régions Sahélo-soudaniennes (Cara, Dagonne, Guillot et Lahuec, 1989; Diagne et Sonko, 1990; Drouet, Cunin, Berges et Roy, 1993) et les résultats sont dans l'ensemble satisfaisants.

La période retenue (la saison des pluies 1991-1992) est entendue comme la saison des pluies de l'hémisphère austral, c'est-à-dire d'octobre 1991 à avril 1992 (octobre et avril sont des mois de transition). Cette saison est l'une des rares saisons pluvieuses en Afrique équatoriale au cours de laquelle on dispose des données récentes de pluviométrie au sol sur le bassin du fleuve Zaïre. En outre, la saison des pluies 1991-1992 a été caractérisée, comme nous le verrons plus loin, par un déficit du taux de convection (la convection est l'un des facteurs les plus importants mais non le seul qui engendre la pluie dans cette région) sur le Zaïre avec des conséquences à la fin du mois de février 1992 sur le débit du fleuve Zaïre: plus de 50 cm de déficit de son débit (Lahuec, 1992). Enfin une sécheresse généralisée a aussi marqué la saison des pluies 1991-1992 en Afrique australe (Matara et Jury, 1992; Sakaida, 1993; Lahuec et Randriamanga, 1994). C'est donc une saison déficitaire qui a été retenue pour cette analyse; elle devra par conséquent se démarquer des moyennes des observations satellitaires et pluviométriques (moyenne de la période 1986-1992 au moment de l'étude) afin de montrer la pertinence du suivi des

saisons pluvieuses en Afrique équatoriale à partir des indicateurs "occurrences des nuages à sommet froid et températures de brillance maximum de surface".

## 1. Approche méthodologique

Le suivi de la saison des pluies 1991-1992 à l'aide des indicateurs (Cub) et (Tmax) est envisagé sous l'aspect qualitatif: on essaie de voir si l'évolution des (Cub), laquelle traduit aussi l'intensité du taux de convection (en référence à la moyenne de la période 1986-1992) durant les différents mois de la saison des pluies 1991-1992, reflète l'évolution de la pluviométrie mesurée au sol. Concernant ce taux de convection, on dispose des cartes de synthèse mensuelles de la saison des pluies 1991-1992 et de moyennes sur la période 1986-1992 des occurrences de nuages à sommet froid. Ces derniers sont comptabilisés en utilisant un seuil discriminatoire de température radiative fixé à  $-40^{\circ}\text{C}$  (Dagorne, 1988) et leurs occurrences sont exprimées en pourcentages du nombre d'images infrarouges traitées

**Tableau 1:** Noms et coordonnées géographiques des stations pluviométriques de l'Afrique équatoriale prises en compte.

EMPLACEMENT sur la figure 1	STATIONS	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
1	Pointe Noire	4° 46' Sud	11° 50' Est	7m
2	Loubomo	4° 11' Sud	12° 40' Est	357 m
3	Makabana	3° 29' Sud	12° 37' Est	160 m
4	Brazzaville	4° 15' Sud	15° 15' Est	314 m
5	Souanke	2° 4' Nord	14° 8' Est	550 m
6	Djambala	2° 32' Sud	14° 45' Est	802 m
7	Sibiti	3° 41' Sud	13° 21' Est	531 m
8	Ouessou	1° 37' Nord	16° 3' Est	352 m
9	Impfondo	1° 37' Nord	18° 4' Est	327 m
10	Makwa	0° 5' Sud	15° 35' Est	380 m
11	Gamboma	1° 53' Sud	15° 52' Est	377 m
12	Mpouya	2° 36' Sud	16° 12' Est	312 m
13	Ilebo	4° 20' Sud	20° 35' Est	507 m
14	Kananga	5° 53' Sud	22° 25' Est	670 m
15	Tshikapa	6° 25' Sud	20° 51' Est	528 m
16	Ngandajika	6° 44' Sud	23° 56' Est	850 m
17	Butembo	0° 8' Nord	29° 16' Est	1720 m
18	Bukavu	2° 31' Sud	28° 51' Est	1612 m
19	Lubumbashi	11° 39' Sud	27° 28' Est	1250 m
20	Kambove	10° 51' Sud	25° 33' Est	1300 m
21	Pweto	8° 29' Sud	28° 55' Est	951 m
22	Kalemie	5° 53' Sud	29° 11' Est	780 m

(en moyenne 24 images par journée). Quant aux températures de brillance maximum de surface, on sélectionne à l'échelle mensuelle la température la plus élevée de surface au niveau de chaque station (tableau 1), afin de minimiser l'influence de la couverture nuageuse. Pour ce qui est de la pluviométrie au sol, nous disposons des données mensuelles de la saison des pluies 1991-1992 et les moyennes mensuelles de la période 1986-1992 et les moyennes mensuelles de la période 1986-1992 de stations retenues.

## 2. La saison des pluies 1991-1992 en Afrique équatoriale

A l'échelle saisonnière (figure 2), la saison 1991-1992 a été déficitaire au centre de la Cuvette Centrale: les écarts à la moyenne de la période de référence (1986-1992) ont varié entre 37% (à Gamboma: 842 mm contre 1335 mm de moyenne) et 12% à Ouessou (751 mm contre 807 de moyenne).

Sur le rebord ouest de la Cuvette Centrale et son prolongement vers la région côtière, d'importants déficits ont été aussi observés durant la même saison: les écarts à la moyenne ont varié entre 37% de déficit à Souanke (564 mm contre 902 mm de moyenne) et 11% d'excédent à Sibiti (1556 mm contre 1403 mm de moyenne); seule station avec celle de Makabana (1061 mm contre 1017 mm de moyenne) à avoir enregistré une pluviométrie excédentaire dans cette région.

Dans les secteurs sud et sud-est de la Cuvette, les déficits pluviométriques ont été relativement modérés, mais variables (figure 2): sur le rebord sud de la Cuvette, les écarts à la moyenne (1986-1992) ont été quasi-nuls à Ngandajika (1257 mm contre 1268 de moyenne) mais de 21% à Kananga (874 mm contre 1109 mm de moyenne). Sur le rebord oriental de la Cuvette la variabilité pluviométrique au cours de la saison 1991-1992 a été faible mais fort contrastée: 15% à Bukavu (856 mm pour 1009 mm de moyenne) et plus de 30% d'excédent à Butembo (1028 mm contre 782 mm de moyenne). De faibles variations de la pluviométrie saisonnière ont été aussi observées sur la région de la dorsale Zaïre-Zambèze (sud-est du Zaïre): 7% de déficit à Lubumbashi (1028 mm contre 1103 mm de moyenne) et plus de 3% d'excédent à Kambove (1151 mm contre 1120 mm de moyenne).

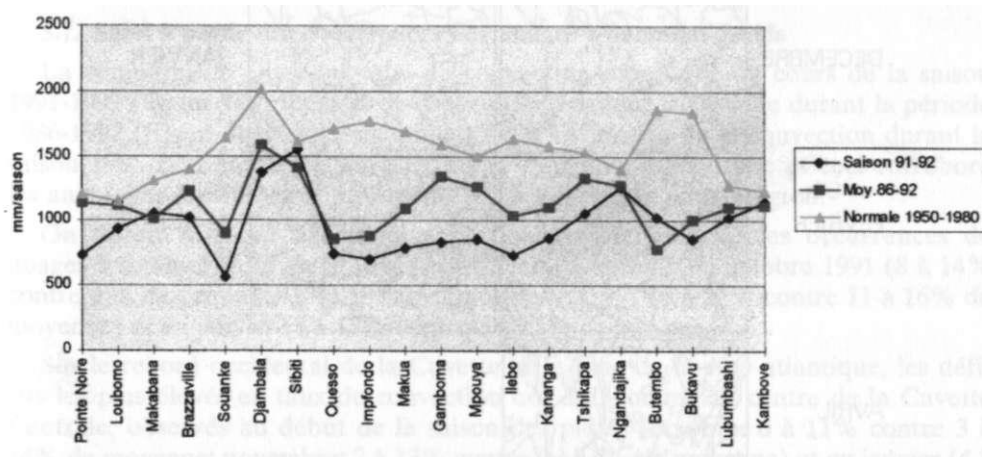
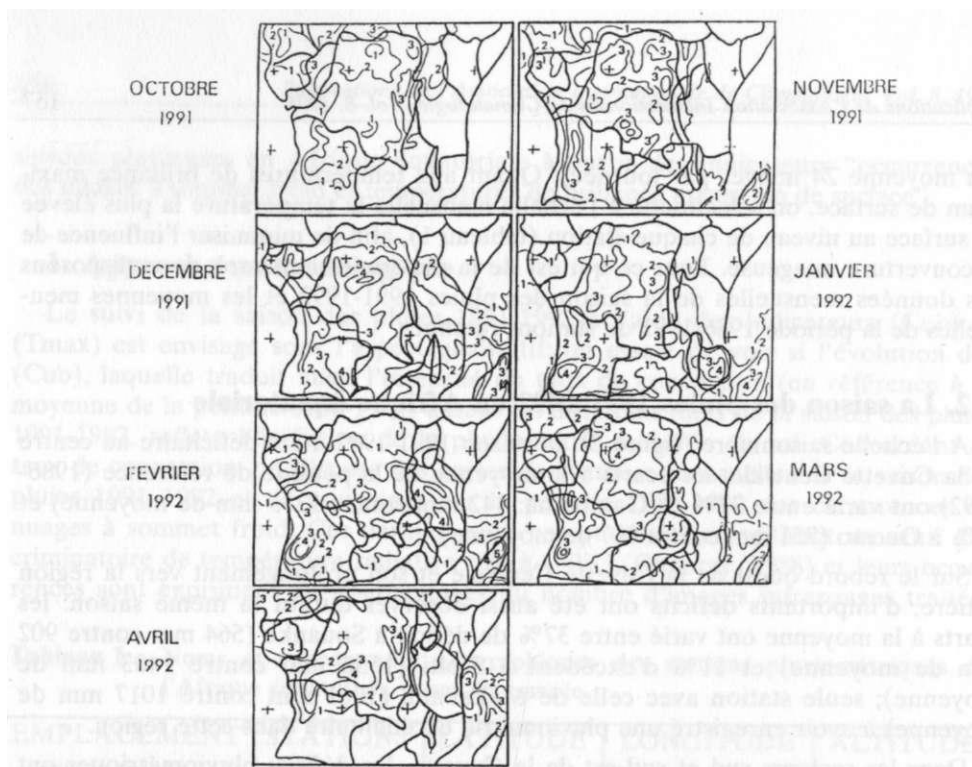
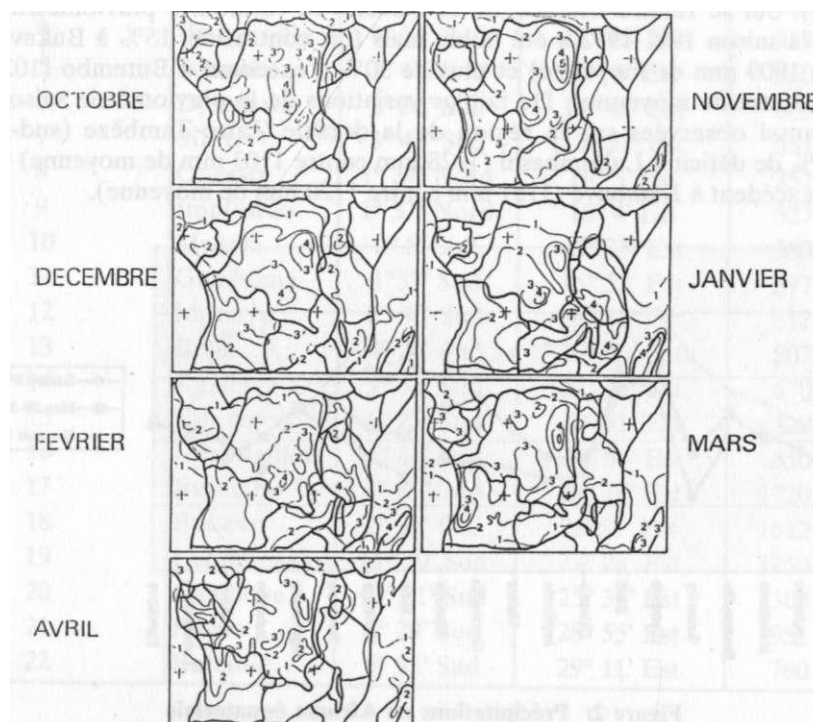


Figure 2: Précipitations en Afrique équatoriale



**Figure 3: Estimation de l'intensité de la convection nuageuse (en % du nombre d'images traitées) au cours de la saison des pluies 1991-1992 en Afrique équatoriale**  
 catégories: 1:0 à 5%; 2:6 à 10%; 3:11 à 15%; 4:16 à 20%; 5: > à 20%



**Figure 4: Estimation de l'intensité moyenne de la convection nuageuse (en % du nombre d'images traitées) sur la période 1986-1992 en Afrique équatoriale**  
 catégories: 1:0 à 5%; 2:6 à 10%; 3:11 à 15%; 4:16 à 20%; 5: > à 20%

Mais c'est à l'échelle mensuelle que les contrastes pluviométriques ont été les plus importants durant la saison des pluies 1991-1992.

Au centre de la Cuvette, les mois qui ont été marqués par une forte anomalie pluviométrique négative sont décembre (67 mm contre 165 mm à Mpouya); février (3 mm contre 84 mm de moyenne à Impfondo) et janvier (12 mm contre 51 mm de moyenne à Impfondo).

Sur le rebord ouest de la Cuvette et la région côtière, l'anomalie pluviométrique négative mensuelle a affecté surtout le début de la saison des pluies: les écarts à la moyenne des précipitations mensuelles ont varié entre 59% en octobre 1991 à Makabana (31 mm contre 75 mm de moyenne) à plus de 80% au cours du même mois à Pointe Noire (11 mm pour 65 mm de moyenne). Une forte variabilité pluviométrique a été aussi observée durant les mois de pleine saison pluvieuse et vers la fin de celle-ci: 9 mm contre 76 mm de moyenne à Souanke en février 1992.

Sur les rebords sud et oriental de la Cuvette Centrale, l'anomalie pluviométrique négative mensuelle a été relativement faible par rapport à celle qui a caractérisée le centre et le rebord ouest de la Cuvette; et elle a affecté surtout les mois de pleine saison des pluies: 34 mm contre 163 mm de moyenne à Tshikapa en mars 1992; 125 mm contre 248 mm à Lubumbashi en janvier 1992; 97 mm contre 171 mm de moyenne en novembre 1991 à Bukavu et 68 mm contre 92 mm à Butembo.

Cette brève analyse de la pluviométrie au cours de la saison 1991-1992 en Afrique équatoriale; montre donc qu'il y a eu dans cette région une anomalie pluviométrique négative par rapport aux valeurs moyennes de la période de référence 1986-1992. Pour souligner l'ampleur de ce déficit pluviométrique, on peut noter que la pluviométrie moyenne de la période de référence (1986-1992) est elle-même déficitaire par rapport aux valeurs normales de la période 1951-1980 (figure 2). Un suivi de la pluviométrie en Afrique équatoriale à partir de l'imagerie satellitaire seul outil capable de pallier à l'insuffisance du réseau, est plus qu'urgent.

### **3. Suivi qualitatif de la saison des pluies 1991-1992**

#### **3.1. Suivi à partir des occurrences des nuages à sommets froids**

La comparaison entre les taux de convection mensuelle au cours de la saison 1991-1992 (figure 3) et les taux de convection moyenne mensuelle durant la période 1986-1992 (figure 4) montre clairement l'état déficitaire de la convection durant la saison 1991-1992 sur la majeure partie de l'Afrique équatoriale et ceci corrobore les anomalies pluviométriques observées au sol dans la même région.

On notera sur ces figures plus particulièrement les faibles occurrences de nuages à sommet froid au centre de la Cuvette Centrale: en octobre 1991 (8 à 14% contre une moyenne de 13 à 17%); en novembre 1991 (9 à 13% contre 11 à 16% de moyenne) et en janvier (7 à 13% contre 5 à 15% de moyenne).

Sur le rebord occidental de la Cuvette et le long de la côte atlantique, les déficits les plus élevés en taux de convection ont été, comme au centre de la Cuvette Centrale, observés au début de la saison des pluies (octobre: 0 à 11% contre 3 à 14% de moyenne; novembre: 2 à 13% contre 6 à 14% de moyenne) et en janvier (4 à 11% contre 7 à 15% de moyenne).

Sur le rebord oriental de la Cuvette (région montagneuse) le taux de convection a été, en plus du mois d'octobre 1991 (Butembo: 14% contre 19% de moyenne; Bukavu 14% contre 21% de moyenne), déficitaire en mars 1992: à Butembo et à Bukavu on a noté respectivement 7% contre 14% de moyenne et 9% contre 16% de moyenne des occurrences de nuages à sommet froid.

Pour ce qui est enfin de la région du sud-est du Zaïre (dorsale Zaïre-Zambèze et fossé du lac Tanganika) une analyse antérieure (Kalombo; Erpicum et Lahuec, op. cit.) a montré que le taux de convection a été déficitaire au cours des mois de pleine saison pluvieuse notamment le mois de janvier: 12% contre 18% de moyenne à Lubumbashi; 14% contre 16% de moyenne à Pweto.

Il apparaît donc sur base de cette analyse, que l'évolution à l'échelle mensuelle des occurrences de nuages à sommet froid peut refléter, du moins sur le plan qualitatif, l'évolution de la pluviométrie au sol, bien que les marges de fluctuation de ces deux paramètres ne soient pas toujours proportionnelles dans le temps et dans l'espace.

### **3.2. Suivi à partir des températures de brillance maximum de surface**

Cet indicateur, généralement bien adapté dans les régions semi arides suite à leur faible taux d'humidité atmosphérique, peut, comme nous allons le voir, traduire l'évolution pluviométrique des régions tropicales humides affectées par des anomalies pluviométriques négatives.

Au mois de février 1992, un des mois les plus déficitaires en Afrique équatoriale durant la saison des pluies 1991-1992, les écarts à la moyenne de la période 1986-1992 des (Tmax) ont atteint, dans la Cuvette Centrale, 3°C à Gamboma (28.5°C contre 25.5°C de moyenne) pour un déficit pluviométrique de l'ordre de 20%; 2°C à Ouesso (25.5°C contre 23.5°C de moyenne) pour un déficit pluviométrique d'environ 45%.

La tendance vers la hausse des (Tmax) a été observée aussi au niveau des régions périphériques de la Cuvette Centrale:

- sur le rebord occidental de la Cuvette, on a noté des écarts aux valeurs moyennes relativement importants des (Tmax). Ces écarts ont atteint 2.5°C à Djambala (25.5°C contre 23°C de moyenne en février 1992) station qui a connu un déficit pluviométrique de plus de 45%; 2°C à Makabana (23°C contre 21°C de moyenne) au mois de janvier 1992 pour un déficit pluviométrique du même ordre de grandeur.
- sur le rebord sud de la Cuvette, les écarts aux valeurs moyennes des (Tmax) ont été relativement faibles: 1.5°C à Kananga et Tshikapa en février et mars 1992. Ces deux mois ont été pourtant marqués dans cette région par des déficits pluviométriques relativement importants (de 50 à 70%).
- plus au sud, la région de la dorsale des fleuves Zaïre et Zambèze, qui est la plus exposée aux influences anticycloniques australe et indienne, est marquée par une bonne relation qualitative entre l'évolution des (Tmax) et celle des pluies au sol. C'est ainsi que pendant les mois à pluviométrie déficitaire (en février 1992: 30% des déficits à Lubumbashi et 20% à Kambove) les écarts aux valeurs moyennes des (Tmax) ont atteint en février 1992, 4.5°C à Lubumbashi (24°C

contre 19.5°C de moyenne) et 3°C à Kambove (20.5°C contre 17.5°C). Par contre durant le mois d'octobre 1991 qui a été particulièrement pluvieux dans cette région (86 mm contre 38 mm de moyenne à Lubumbashi et 99 mm contre 54 mm de moyenne à Kambove) les écarts aux valeurs moyennes des (Tmax) ont été de -3°C à Lubumbashi (33°C contre 36°C de moyenne) et -5°C à Kambove (27°C contre 32°C de moyenne).

## Conclusion

L'analyse des relevés pluviométriques au sol en Afrique équatoriale durant la saison des pluies 1991-1992, montre que cette saison a été déficitaire sur une grande partie du bassin du fleuve Zaïre. Ce résultat est confirmé par l'analyse comparative entre les indicateurs Météosat "occurrences des nuages à sommet froid et températures de brillance maximum de surface" durant la saison 1991-1992 d'une part, et leurs moyennes mensuelles sur la période 1986-1992 d'autre part.

Cependant dans une région où le taux de l'humidité de l'air reste très élevé durant toute l'année et où les précipitations peuvent être engendrées, non seulement par les nuages à sommet froid, mais aussi par des nuages bas dans les conditions de saturation de l'air, le suivi des précipitations à partir des indicateurs Météosat ((Cb) et (Tmax)) en Afrique équatoriale, peut être influencé par les conditions géographiques locales et régionales (relief, épisodes secs et leur période d'occurrence dans la saison, proximité d'un centre anticyclonique). D'où le souhait de multiplier ce genre de recherche afin d'affiner ces premiers résultats.

## Bibliographie

- CARN M., DAGORNE D., GUILLOT B. et LAHUEC J.P., 1989: Estimation des pluies par satellite en temps réel en Afrique Sahélo-soudannienne. *Veille Climatologique Satellites*, n° 28, 47-57.
- CARN M. et GUILLOT B. 1990: Estimation des champs pluviométriques mensuels. Résultats en 1990 et commentaire rapide. *Veille Climatologique Satellites*, n° 34, pp. 24-31.
- DAGORNE D., 1988: Traitement des données satellitaires à l'antenne ORSTOM de Lannion. Le logiciel Triskel. *Veille Climatologique Satellites*, n° 23, pp. 17-22 et n° 24, pp. 38-42.
- DIAGNE M. et SONKO P.F., 1990: Estimation de la pluviométrie décadaire par thermographie infrarouge Météosat: Application au suivi de l'hivernage 1990 au Sénégal. *Veille Climatologique Satellites*, n° 35, pp. 20-26.
- DROUET J.L., CUNIN L., BERGES J.L. et ROY T., 1993: Suivi du début de l'hivernage 1993 à l'aide des indicateurs occurrences et minima de températures radiatives. *Veille Climatologique Satellites*, n° 47, pp. 35-57.
- KALOMBO K., NTOMBI M.K.M. et ERPICUM M., 1991: Caractérisation des anomalies pluviométriques de la saison des pluies 1989-1990 dans le sud-est du Zaïre. *Actes de l'A.I.C.*, Vol. 4, pp. 199-205.
- KALOMBO K., 1994: *Anomalies pluviométriques dans le sud-est du Zaïre au cours de la période de sécheresse australe (1980-1994)*. Rapport (AUPELF-UREF), Université

- de Liège, Fac. Sciences, Climatologie, 59 pages.
- KALOMBO K., ERPICUM M. et LAHUEC J.P., 1995: Anomalie pluviométrique négative sur le sud-est du Zaïre en janvier 1992. *Actes de l'A.I.C.*, Vol. 7, 407-414.
- LAHUEC J.P., 1992: Convergence intertropicale. L'intensité de la convection de Janvier à Avril 1992. *Veille Climatologique Satellitaire*, n° 41, pp. 14-36.
- LAHUEC J.P. et RANDRIAMANGA S., 1994: L'exemple de Madagascar: La détection des sécheresses des 1990-1991 et 1991-1992. in *Satellite et Surveillance du Climat. Atlas de Veille Climatologique: 1986-1994. Afrique et Atlantique intertropicale*" pp. 61-66.
- LE ROUX M., 1988: Les conditions structurales de la variabilité pluviométrique de l'Afrique tropicale. *Actes de l'A.I.C.*, Vol. 1, pp. 179-190.
- MATARA CH. and JURY M.R., 1992: Contrasting meteorological structure of intra-seasonal wet and dry spells in Zimbabwe. *International Journal of Climatology*, Vol. 12, pp. 165-176.
- SAKAIDA K., 1993: Rainfall changes and their effects on maize production in Zambia. *Science reports of the Tohoku University, 7th series (Geography)*, Vol. 43, n° 1, pp. 13-25.
- SAMBA-KIMBATA J.M., 1985: Remarques sur la variabilité pluviométrique inter-annuelle dans le bassin forestier du fleuve Congo-Zaïre. *Actes du symposium n° 23, du 25ième Congrès International de Géographie (UGI): Climatologie tropicale et Etablissement humain.* Université de Dijon (France), pp. 465-469.
- SAMBA-KIMBATA J.M., 1992: Esquisse de régionalisation hydrobioclimatique du bassin forestier Congolais et ses marges par les bilans de l'eau. *Actes de l'A.I.C.*, Vol. 5, pp. 193-198.