



**ETUDE COMPARATIVE DES BILANS HYDRIQUES DES STATIONS  
METEOROLOGIQUES DE RUMANGABO, RUTSHURU ET RWINDI EN TERRITOIRE  
DE RUTSHURU, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO**

By Athanase HABIMANA MVUKIYEHE, Kinyatsi-Nyamitaba Institute of Higher  
Education. Democratic Republic of Congo  
E-mail : [athanasehabimana2014@gmail.com](mailto:athanasehabimana2014@gmail.com)

**RESUME**

**L'étude consiste à comparer le bilan hydrique de trois stations météorologiques dans le territoire de Rutshuru en République Démocratique du Congo afin d'orienter les agriculteurs. La méthodologie a consisté en l'analyse des données des trois stations météorologiques par l'application de la formule de Thornhtwaite. Les résultats ont montré qu'il faut un apport d'eau supplémentaire, à Rutshuru aux mois de Decembre, Janvier et Fevrier, Rwindi il faut l'apport en eau supplémentaire toute l'année, sauf au mois de Janvier et de Septembre et enfin a Rumangabo on n'a pas besoin d'eau supplémentaire.**

**Mots clés : Bilan d'eau, Station météorologique, Reserve d'eau, indice d'aridité, évapotranspiration, déficit agricole, indice climatique**

**ABSTRACT**

**The study intends to compare the water budget of three meteorological stations in Rutshuru region, Democratic of Congo in the purpose of orienting agricultures. The methodology consisted of analysis of the water budget using meteorological data provided by tree meteorological stations: Rumangabo, Rwindi and Rutshuru. From the results it was concluded that at Rumangabo there is no need of water supply throughout the year, at Rutshuru here is a need of water supply in December, January and February and at Rwindo, there a need of water supply throughout the year except in January and September.**

**Keys words. Water budget, metrological station, water reserve, aridity index, evapotranspiration, agriculture deficit, climatic index.**

**I. INTRODUCTION**

Le rôle déterminant du climat sur la production agricole n'est pas contesté. C'est le climat qui impose aux différentes espèces végétales ou animales leurs aires de culture ou d'expansion, et règle au cours des saisons leur cycle d'évolution, de même qu'il agit directement sur la vie des sols ou des parasites.

Il n'est pas toujours facile de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour l'agriculture. Plusieurs approches ont été tentées sans être exhaustives. Thornthwaite (Hufty, 2001) a donné la procédure à suivre pour déterminer un bilan hydrique à partir d'une station météorologique afin de déterminer la réserve d'eau pour l'agriculture. D'autres auteurs ont utilisé des indices climatiques pour déterminer, le degré d'aridité ou d'humidité des régions. E de Martone ( Petit, 1990) a proposé quelques indices pour y arriver.

L'application de la formule de Thornthwaite et de l'indice d'aridité de E de Martone permettra d'orienter les agriculteurs de Rutshuru.

L'objectif de ce travail consiste à mener une étude comparée de ces trois régions afin de déterminer si des apports pluviométriques suffisent pour mener à bien des activités agricoles et pastorales.

## II. MATERIELS ET METHODES

### 1. Localisation du milieu d'étude

La région étudiée correspond à la plaine du graben occidental africain.

La station de Rumangabo se situe au pied du volcan Mikeno dans le secteur sud du parc national des Virunga à 1° 20' latitude sud et 29°21' Longitude Est. La végétation est une forêt dense à ficailhoa et podocarpus mais qui a subi la dégradation par l'homme ( Demerode & Languy, 2006)

La station de Rutshuru est située sur un plateau à 1°11' latitude sud et 29° 27' longitude Est.

La station de Rwindi est située dans une plaine d'altitude bordée par la chaîne de Kasali culminant à 2220m d'altitude.

### 2. Matériel et Méthodes

Pour déterminer les bilans hydriques, les éléments suivants ont été nécessaires :

- ETP : Evapotranspiration potentielle
- P : Précipitations fournies par la station météorologique
- T : Température fournie par la station météorologique
- i : confer table
- K : coefficient d'illumination mensuelle en fonction de la latitude
- Ru : Réserve utile, partie utilisable de l'eau du sol
- dRu : Différence des réserves utiles successives
- ETR : Evapotranspiration réelle.
- Déficit agricole : différence entre ETP et ETR
- Surplus : quantité d'eau disponible pour l'écoulement vers les nappes aquifères et les rivières
- Ecoulement : quantité d'eau écoulée =  $asi + (1-a) E_{i-1}$

a : coefficient d'écoulement direct (0.5)

si : surplus d'un mois

$E_{i-1}$  : Ecoulement du mois précédent

## III. RESULTATS ET DICUSSIONS

### 1. Détermination du bilan d'eau de la station de Rumangabo

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T	19.1	19.8	20	19.1	19.8	18.2	18.7	18.9	18.9	18.7	18.6	18.5	
I	7.61	8.04	8.16	7.61	8.04	7.07	7.37	7.49	7.49	7.37	7.31	7.25	90.81
Etp	2.27	2.45	2.5	2.27	2.45	2.05	2.17	2.23	2.23	2.17	2.15	2.13	
K	31.04	28.08	31.16	30.38	31.36	30.5	31.36	31.3	30.12	31.12	30.18	31	
ETP	70.46	70.56	77.9	68.69	76.83	62.53	68.05	69.8	68.05	67.53	64.89	66.03	831.63
P	87	80	128	200	170	100	92	103	190	210	198	173	1731
P-ETP	16.54	9.44	50.1	131.0	93.17	37.47	23.95	33.1	121.95	142.47	133.11	106.97	899.37
Somme des déficits													
Ru	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Dru	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ETR	70.46	70.56	77.9	68.96	76.83	62.53	68.05	69.84	68.05	67.53	64.89	66.03	763.58
ETP-ETR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Surplus	16.54	9.44	50.1	131.04	93.17	37.47	23.95	33.16	121.95	142.47	133.11	106.97	899.37
Ecoulement	8.27	9.075	29.58	80.31	86.73	62.09	43.01	38.08	80.1	61.23	97.65	102.09	672.62

Source ; Nos calculs

Le tableau ci haut indique que la station de Rumangabo est située dans une zone à forte pluviosité. Pour tous les mois, aucun déficit pluviométrique n'est enregistré. Le changement de la réserve entre deux mois qui indique l'eau du sol perdue par évaporation est nul.

Le déficit agricole qui est la différence entre ETP et ETR est un résultat important du bilan puisqu'il indique la quantité d'eau qu'il faudrait apporter par irrigation à des cultures.

Après l'évapotranspiration (831.63mm), un surplus au sol de 899.37mm est disponible. De ce 899.37mm 672.62mm s'écoule vers les rivières et les nappes et 201.75mm sont disponibles au sol.

## 2. Détermination de l'aridité des mois à Rumangabo

L'indice d'aridité de E de Martone a été utilisé<sup>1</sup>

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°C	19.1	19.8	20	19.1	19.8	18.2	18.7	18.9	18.9	18.7	18.6	18.5
P/mm	87	80	128	200	170	100	92	103	190	210	198	173
Ia	35.8	32.2	51.2	82.4	68.4	42.5	38.4	42.7	78.8	87.8	83.07	72.8
Nature du mois	H	H	H	TH	TH	H	H	H	TH	TH	TH	TH

H : humide, TH : très humide

Source : Nos calculs

Selon l'indice d'aridité de E de Martone, 6mois sont humides (Janvier, Février, Mars, Juin, Juillet et Août) et 6mois très humides (Avril, Mai, Septembre, Octobre, Novembre et Décembre)

## 3. Détermination du bilan d'eau de la station de Rutshuru

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T	22.1	23	22.6	22.1	21.5	21.1	20.8	20.2	21.7	21.9	21.9	21.1	
I	9.49	10.08	9.82	9.49	9.1	8.84	8.66	8.28	9.23	9.36	9.36	8.84	110.55
Etp	3.025	3.25	3.15	3.025	9.83	2.69	2.58	2.37	2.90	2.97	2.97	2.69	
K	31.058	28.09	31.16	30.37	31.34	30.47	31.34	31.30	30.33	31.13	30.3	31.02	
ETP	93.95	91.29	98.15	91.87	88.69	86.23	80.86	74.18	87.96	92.45	89.99	83.44	1059.06
P	75	70	120	132	100	130	71	200	122	145	86	72	1323
P-ETP	-18.5	-21.29	21.85	40.13	11.31	43.77	-9.86	125.82	34.04	52.55	-3.99	-11.44	263.94
Somme des déficits	18.5	39.79					-9.86				-3.99	15.43	65.09
Ru	81.5	66.16	100	100	100	100	90.14	100	100	100	96.01	85.34	
Dru	-18.5	-15.34	-33.84	0	0	0	-9.86	9.86	0	0	3.99	10.67	

<sup>1</sup> Indice de E de MARTONE : ia= p/ t+10

ETR	93.5	85.34	98.15	91.87	88.69	86.23	80.86	74.18	87.96	92.45	89.99	82.87	1052.54
ETP-ETR	0.45	5.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57	7.01
Surplus			21.85	40.13	11.31	43.77		125.82	34.04	52.55			329.67
Ecoulement			10.92	25.52	18.41	31.085	11.54	69.87	51.95	52.205	26.10	13.05	309.65

Source : Nos calculs

Le tableau ci-haut indique la quantité d'eau évaporée de 1059.06mm pour les précipitations de 1323mm qui sont tombées, ce qui donne une différence de P-ETP DE 263.94mm. Le déficit agricole est de 65.09mm dégagé par les mois où ETP est inférieur à P soit les mois de Janvier, février, Juillet, Septembre et Novembre. L'ETR est de 1052.54

Le surplus dégagé est de 329.67mm. L'écoulement vers les rivières est de 309.65mm.

#### 4. Détermination de l'aridité à Rutshuru

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°C	21.1	23	22.6	22.1	21.5	21.1	20.8	20.2	21.7	21.9	21.9	21.1
P/mm	75	70	120	132	100	130	71	200	122	145	86	72
Ia	28	25.4	44	49.3	38	50.1	27.6	79.4	46.1	54.5	32.3	27.7
Nature du mois	SH	H	H	H	H	H	SH	TH	H	H	H	H

Source : Nos calculs

Le tableau ci haut indique qu' à Rutshuru il y a un mois très humide (Août), deux mois Subsecs (Janvier et Juillet). Les autres sont humides.

#### 5. Détermination du Bilan d'eau de la station de Rwindi

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T	23.2	24.5	24.2	23.4	23.7	23.7	22.8	23	23.2	22.9	23.7	23	
I	10.22	10.79	10.88	10.36	10.57	10.57	9.94	10.08	10.22	10.01	10.57	10.08	124.29 =120
Etp	3.12	3.62	3.49	2.84	3.30	3.30	2.98	3.05	3.12	3.02	3.30	3.05	
K	31.11	28.13	31.11	30.35	31.29	30.41	31.29	31.27	30.52	31.16	30.37	31.09	
ETP	97.06	101.83	108.57	86.19	103.26	100.35	93.94	95.37	95.22	94.10	100.22	94.82	1170.23
P	60	48	70	61	50	46	100	93	113	93	64	82	880
P-ETP	-37.06	-53.83	-38.57	-25.19	-53.26	-54.35	6.76	-2.37	17.78	1.10	-36.22	-12.82	-288.03
Somme des déficits	86.1	139.93	178.5	203.69	256.95	311.3		2.37			36.22	49.04	
Ru	41.56	24.02	18.72	12.45	7.20	4.44	11.2	89.36	100	100	63.78	49.78	
Dru	17.54	5.3	6.27	5.25	2.76	-6.72	-78.16	10.64	0	36.22	14	32.24	
ETR	77.54	53.3	76.27	66.25	52.76	52.72	93.24	103.94	95.22	129.22	78	114.24	992.7
ETP-ETR	19.52	48.53	32.31	19.94	50.5	47.23	0	-7.85	0	-35.12	22.2	-19.42	303.02
Surplus							6.76		17.78	1.10			25.64
Ecoulement							3.38	0.69	82.235	3.66	0.83		16.795

Source : Nos calculs

Au regard de ce tableau, il s'avère clairement que Rwindi et ses environs affiche un certain degré d'aridité. Sur 880mm d'eau tombée, l'évapotranspiration a été de 1170.23

laissant un déficit de -288.03mm. Le surplus d'eau est très faible est de 25.64mm seulement. Quant à la lame d'eau écoulée vers les rivières, elle est seulement de 16.795 mm d'eau.

## 6. Détermination de l'aridité à Rwindi

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°C	23.2	24.5	24.2	23.4	23.7	23.7	22.8	23	23.2	22.9	23.7	23
P/mm	60	48	70	61	50	46	100	93	113	93	64	82
Ia	21.6	16.6	24.5	21.9	17.8	16.3	36.5	33.8	40.8	33.9	22.7	29.8
Nature du mois	SH	SA	SH	SH	SA	SA	H	H	H	H	SH	SH

SH : Subhumide, SA : Subaride et H : Humide

A Rwindi, 5 mois sont subhumides (Janvier, Mars, Avril, Novembre et Décembre) ; 4 mois sont humides (Juillet, Août, Septembre et octobre) et enfin trois mois subarides (Février, Mars et Juin).

## 7. Comparaison des bilans hydriques et de l'aridité de trois stations

Station	Caractéristiques							
	Latitude	Altitude	Température Moyenne en°C	Pluie en mm	ETP mm	P-ETP Mm	Surplus Mm	Écoulement Mm
Rumangabo	1°20'S		19.025	1731	831.63	899.37	899.37	697.62
Rutshuru	1°11'S		21.6	1323	1059.06	263.94	327.67	309.65
Rwindi	0°48'S		23.4	880	1170.23	-288.03	25.64	16.795

Source : Nos calculs

Le tableau ci haut montre comment les trois stations ont des bilans hydrologiques assez controversées. Contrairement à la logique des précipitations les pluies augmentent de hautes latitudes vers les basses latitudes.

(Ilunga&Mwinyikondo,1989) dans une étude menée dans le Kivu, ont trouvé que l'évolution latitudinale des précipitations ne respecte pas la répartition classique des régimes pluviométriques le long des méridiens. Le facteur altitude semble beaucoup joué sur la pluviosité de la région de Rumangabo, Rutshuru et Rwindi.

Une autre étude menée par E Roche ( Demerode&Languy, 2006) dans les Virunga au Rwanda avait montré que la pluviosité croît avec l'altitude jusqu'à 2500m où elle est maximale et elle décroît dépassé cette altitude.

Le regard sur l'ETP montre qu'elle varie en fonction de la température. A Rumangabo(19°C) l'ETP est de 831.63, à Rutshuru(21.6°C) l'ETP est de 1059. 06mm et à Rwindi (23.04°C) l'ETP est de 1170. 23mm

Les valeurs P-ETP dépendent largement des précipitations et de l'évapotranspiration. Rumangabo et Rutshuru dégagent des valeurs positives respectivement de 899.37mm et 309.65mm, pendant que Rwindi à une valeur de l'ETP négative de -288.03mm, signe d'un grand pouvoir évaporant de l'air.

Le surplus d'eau destiné à s'écouler dépend de la pluviosité et de l'évapotranspiration. Il est de 899.37mm à Rumangabo, 329.63mm à Rutshuru et 25.64mm à Rwindi.

Il s'avère clairement que d'un grand surplus découle une importante lame d'eau qui s'écoule vers les nappes et les rivières. Rumangabo qui possède un grand surplus d'eau écoule 697.62mm, Rutshuru 309.65mm et Rwindi 16.795mm d'eau.

## 8. Comparaison des déficits agricoles ( ETP-ETR)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Rumangabo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rutshuru	0.45	5.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57	7.01
Rwindi	19.52	48.53	32.31	19.94	50.5	47.23	0	-7.85	0	-35.12	22.2	-19.42	303.02

Le déficit agricole est la différence ETP-ETR. C'est un résultat important du bilan puisqu'il indique la quantité d'eau qu'il, faut apporter par irrigation à des cultures.

Ainsi à Rumangabo, on n'a pas besoins d'eau supplémentaire par irrigation pour tous les mois de l'année. A Rutshuru, on doit apporter par irrigation 7mm au mois de janvier, Février et Decembre. A Rwindi, sauf au mois de Janvier et de Septembre ailleurs il faut apporter d'eau supplémentaire par irrigation.

## 9. Synthèse de indices d'aridité de trois stations Rumangabo, Rutshuru et Rwindi

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Rumangabo	H	H	H	TH	TH	H	H	H	TH	TH	TH	TH	
Rutshuru	SH	SH	H	H	H	H	SH	TH	H	H	H	H	
Rwindi	SH	SA	SH	SH	SA	SA	H	H	H	H	SH	SH	

Source : Nos calculs. H : Humide, TH : Très humide, SH : Subhumide, SA : Subaride

Le tableau ci haut indique une seule saison humide à Rumangabo avec des moments de très forte pluviosité qui correspondent aux équinoxes, d'autant plus que la station est située dans la zone intertropicale

A Rutshuru, 4 saisons semblent se dégager : deux saisons humides entre Mars et Mai et entre Août et Décembre et deux saisons subhumides entre Janvier et Février et vers le mois de juillet.

A Rwindi 4 saisons sont distingués : Une saison humide de juillet en Octobre, une saison subhumide de Novembre à Janvier, une saison subaride en Février et une saison subhumide de Mars en Avril et enfin une saison subaride de Mai à Juin.

La différenciation des saisons dans ces trois stations semble être lié à ce que (Fournier et Sasson,1983) ont soulevé dans leurs recherches sur les écosystèmes forestiers d'Afrique. Ils ont montré que les échanges d'énergie représentent un moyen précieux pour évaluer les effets au niveau local et régional d'un type de couvert végétal et d'occupation de terre en particulier. Ils ont poursuivi en disant que les conditions locales de la surface terrestre comme les propriétés aérodynamiques et optiques de la végétation et celles du régime de rayonnement solaire détermine des caractères particuliers de l'équilibre radiatif hydrique ainsi que les propriétés thermiques et hydrologiques individuelles.

Même si ( Demerode et Languy , 2006)après avoir analysé les données climatiques de Rwindi sur 14 ans de 1970 à 1983 tout en les comparant à celles de 1960 à 1970 ont montré qu'il n'y a pas un assèchement marqué, il clairement prouvé par notre étude du bilan hydrique que les déficits agricoles sont importants à cause d'un grand pouvoir évaporant de l'air et des faibles précipitations par rapport aux autres stations de Rumangabo et Rutshuru

## CONCLUSION ET RECOMMANDATION

La présent travail avait pour objectif de mener une étude comparative de trois stations météorologiques dans le territoire de Rutshuru pour déterminer si les apports pluviométriques suffisent pour mener à bien les activités agricoles.

Après les analyses fouillées des données météorologiques des stations de Rumangabo, Rutshuru et Rwindi, à la lumière de l'étude du bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite, il été conclu que'à Rumangabo, on n'a pas besoins d'eau supplémentaire par

irrigation pour tous les mois de l'année. A Rutshuru, on doit apporter par irrigation 7mm au mois de Décembre, Janvier et Février . A Rwindi, sauf au mois de Janvier et de Septembre ailleurs il faut apporter d'eau supplémentaire par irrigation.

Il est ainsi recommandé aux agriculteurs de maîtriser le calendrier agricole et de mettre en place les dispositifs pour apporter de l'eau supplémentaire aux plantes au moment ou elles en ont besoin.

## REFERENCES

1. FOURNIER, F & SASSON, A. : **Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique**, UNESCO, Paris, 1983
2. HUFTY, A. : **Introduction à la climatologie : le rayonnement et la température, l'eau, le climat et l'activité humaine**, deboeck, Bruxelles, 2001
3. ILUNGA LUTUMBA& MWINYIKONDO : **Evolution latitudinale des pluies dans le Kivu(Est du Zaïre)** in cahiers du CERUKI, nouvelle série, n°24. Bukavu, 1989 P.154
4. LANGUY, M.& DEMERODE, E. : **Parc National des Virunga, Survie du premier parc d'Afrique**, Editions lanoo, Tilet, 2006.
5. PETIT,M. **Géographie physique tropicale, approche aux études du milieu : Morphogenese-Paysages**, Editions KARTHALA et ACCT, Paris, 1990

