

LE CLIMAT

Brou Kouame et Jean-Marc Lapetite

I.I.R.S.D.A., B.P. V-51, Abidjan, Côte d'Ivoire

RESUME

Les mesures effectuées à la station climatologique de Booro-Borotou ont montré que les températures extrêmes s'observent pendant les mois de saison sèche, période également où les humidités relatives sont faibles. Les vitesses du vent enregistrées sont aussi faibles dans l'ensemble.

Le module moyen annuel des précipitations est d'environ 1.360 mm dans la région et la pluie journalière de récurrence annuelle est de 74 mm. Le module interannuel observé sur le bassin principal de Booro-Borotou est lui de 1.244 mm. L'étude des précipitations a révélé que l'on a plus de 86% de chance d'avoir une averse par jour. Elle a aussi montré que les averses suivent un sens de déplacement privilégié.

L'étude de la typologie des averses indique que la proportion des pluies d'intensités modérées est importante.

Quant à l'évaluation de l'évaporation par deux méthodes, formule de Penman et bac Colorado, elle a conduit à estimer le total moyen annuel à environ 1.750 mm.

INTRODUCTION

Cet article qui résume les résultats obtenus au niveau du climat de Booro-Borotou comportera trois parties : d'abord les grands traits du climat, ensuite les précipitations et enfin l'évaporation.

LES GRANDS TRAITS DU CLIMAT

Une station climatologique située à environ 1,5 km de l'exutoire du bassin principal de Booro-Borotou est équipée d'un dispositif de mesure de la température (sèche, humide, eau du bac), de la vitesse et de la direction du vent, des durées d'insolation, de la pluviométrie et de l'évaporation. Les relevés ont été effectués régulièrement à 6, 12, et 18 heures tous les jours par un observateur qualifié de mars 1984 à avril 1988.

L'étude des grands traits du climat de Booro-Borotou a été réalisée par Chevallier *et al.* (1988) et Chevallier (1988).

Températures

La figure 1 (Chevallier, 1988) donne une représentation graphique des moyennes interannuelles des températures extrêmes atteintes (minimales et maximales), des températures maximales et minimales journalières, et des températures moyennes journalières.

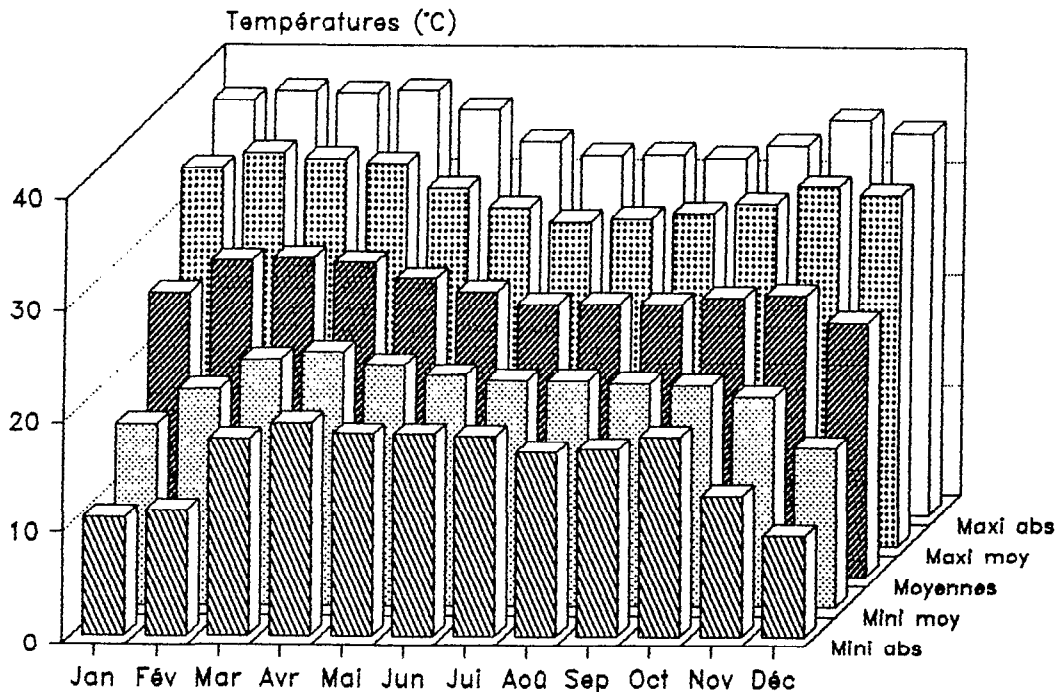
Sur cette figure, on remarque que les grandes chaleurs se situent entre les mois de février et d'avril avec une nouvelle pointe en novembre. Quant aux périodes de froid, elles apparaissent de décembre à février. L'amplitude thermique varie de 8,8°C en juillet, à 17,2°C en décembre.

Humidités relatives

Dans le tableau 1, Chevallier (1988) résume les moyennes mensuelles, annuelles et interannuelles de l'hygrométrie moyenne journalière. La figure 2 présentant l'histogramme des valeurs moyennes interannuelles montre que la période où les humidités relatives sont les plus faibles correspond aux mois de saison sèche (décembre à mars). En revanche, elles deviennent supérieures à 80% en saison pluvieuse (juin à novembre).

Tableau 1. Moyennes mensuelles, annuelles et interannuelles de l'hygrométrie moyenne journalière (en %).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
1984			65.6	71.1	77.9	81.6	86.2	86.2	87.2	87.5	84.6	73.0	80.1
1985	58.8	52.1	60.0	69.9	77.3	82.2	84.2	86.4	85.9	84.0	80.1	66.8	74.0
1986	48.4	56.8	67.8	74.7	79.3	78.3	83.4	84.6	87.8	86.2	80.4	68.2	74.7
1987	60.5	57.1	63.4	65.0	75.5	81.5	82.6	84.8	86.2	85.1	82.1	71.7	74.6
1988	56.1	55.9	66.0										
Int.	56.0	55.5	64.6	70.2	77.6	80.9	84.1	85.5	86.8	85.7	81.8	69.9	75.8



(d'après P. Chevallier)

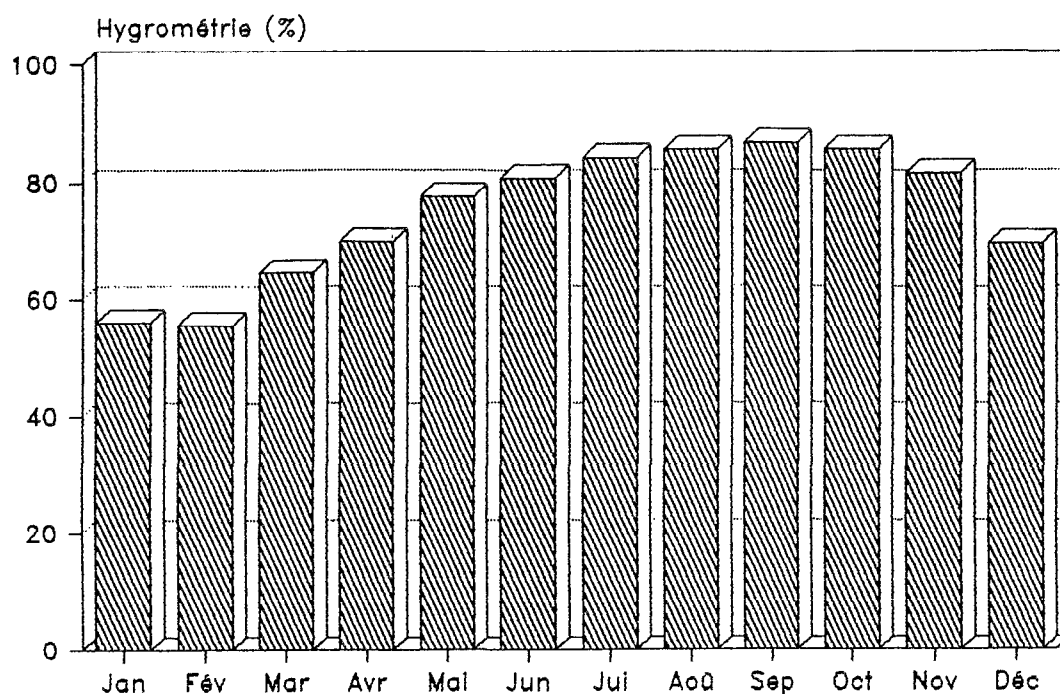
Figure 1. Les températures à Booro-Borotou. Moyennes 1984-1988.

Vent

L'analyse de Chevallier (tableau 2) montre d'une part que les vitesses du vent sont très faibles dans l'ensemble mais qu'elles sont plus élevées pendant la période précédant la saison des pluies (mars-avril). D'autre part, elle indique (fig.3) qu'en moyenne annuelle ce sont les vents d'ouest et du sud-ouest qui dominent.

Durée d'insolation et rayonnement global

Les moyennes mensuelles interannuelles de la durée d'insolation et du rayonnement global obtenues à la station climatologique ont été reportées sur le tableau 3.



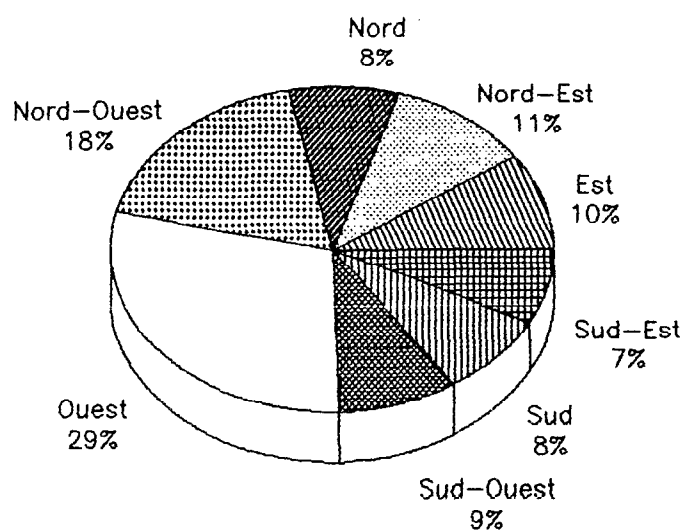
(d'après Chevallier, 1988)

Figure 2. *L'hygrométrie. Moyenne 1984-1988.***Tableau 2.** *Vitesse du vent (en m/s) : moyennes mensuelles, annuelles et interannuelles.*

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
1984	1.10	1.30	1.70	1.70	1.20	1.00	1.00	0.80	0.80	0.60	0.50	0.50	1.02
1985	1.23	1.41	1.60	1.61	1.52	1.21	1.07	0.90	0.82	0.73	0.73	0.74	1.13
1986	1.08	1.52	1.21	1.35	1.04	1.05	1.15	0.91	0.73	0.66	0.57	0.57	0.99
1987	1.18	1.46	1.32	1.65	1.38	0.97	0.96	0.82	0.64	0.58	0.52	0.56	1.00
1988	0.93	1.24	1.50										
Int.	1.10	1.39	1.47	1.58	1.28	1.06	1.04	0.86	0.75	0.64	0.58	0.59	1.07

Tableau 3. Moyennes interannuelles de la durée d'insolation (S en heures) et du rayonnement global G (en J / cm² jour).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
S	8.0	7.9	6.9	7.1	7.4	7.0	5.6	5.9	5.9	7.6	7.9	7.4	7.1
G	2093	2198	2134	2180	2184	2081	1891	1974	1990	2220	2206	1932	2090



(d'après Chevallier, 1988)

Figure 3. Directions du vent. Moyenne 1984 -1988.

LES PRECIPITATIONS

Le contexte régional

Généralités

La région de Booro-Borotou se situe dans la zone climatique dite tropicale subhumide (Eldin, 1971) caractérisée par deux saisons : une saison sèche avec de rares précipitations et une saison des pluies.

L'origine des précipitations est, généralement en Afrique de l'Ouest, liée à la confrontation permanente de deux masses d'air : l'Harmattan (ou alizé boréal) et la Mousson (ou alizé austral). Le lieu de convergence de ces deux masses d'air constitue le Front Intertropical (F.I.T.).

Tableau 4. Pluviométrie annuelle et Pluviométrie mensuelle pour différentes récurrences (en mm).

Réc. (an)	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	ann
sec.													
100													840
50													901
20			21	34	67	66	51	78	153	30			992
10			30	49	78	82	71	102	162	44			1073
5													1171
2	10	31	70	127	130	154	171	206	222	112	37	15	1359
hum.													
5													1546
10			132	205	205	248	269	324	394	218			1644
20			156	219	229	278	289	357	485	259			1725
50													1816
100													1877

Caractéristiques pluviométriques régionales

Une étude de la pluviométrie au poste de Touba sur 33 années (Kouame, 1986) donne les résultats du tableau 4.

Ces valeurs statistiques ont été obtenues en utilisant le meilleur ajustement au sens du test de Brunet-Moret (1978).

Le tableau précédant montre que la saison sèche est centrée sur les mois de novembre à février et les plus fortes précipitations en septembre.

Les pluies journalières ont été analysées pour le même échantillon à l'aide d'une loi gaussio-logarithmique tronquée (Chevallier et al., 1986). Les valeurs de pluies journalières obtenues (en mm) pour différentes récurrences sont:

1 an	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
74.4	109	126	144	170	191

Le contexte de Booro-Borotou

L'important dispositif de mesure pluviométrique mis en place sur les bassins du programme HYPERBAV comprend:

- 11 pluviomètres de type association à 1m du sol ;
- 4 pluviomètres au sol de type Snowdon modifié ORSTOM ;
- 1 pluviomètre totalisateur ;
- 8 pluviographes dont 3 Oedipe.

Les observations

L'étude de Booro-Borotou a porté sur quatre années hydrologiques : 1984-1985 à 1987-1988. Le tableau 5 regroupe les moyennes pluviométriques mensuelles et annuelles observées d'une part ponctuellement à la station météorologique et d'autre part en moyennes calculées par la méthode de Thiessen sur le bassin principal.

Tableau 5. Moyennes pluviométriques mensuelles et annuelles 1984-1988 (en mm)

	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Ann
Météo	75.3	126	154	195	261	201	113	17.1	2.8	0.4	32.4	45.4	1224
Princ	71.8	120	157	197	272	217	121	14.2	4.0	0.7	23.2	46.1	1244

L'étude comparative de Chevallier (1988) des moyennes mensuelles des quatre années à la station météorologique de Booro-Borotou aux moyennes interannuelles du poste de Touba (fig.4) montre que cette comparaison est acceptable au regard de la faiblesse de l'échantillon étudié.

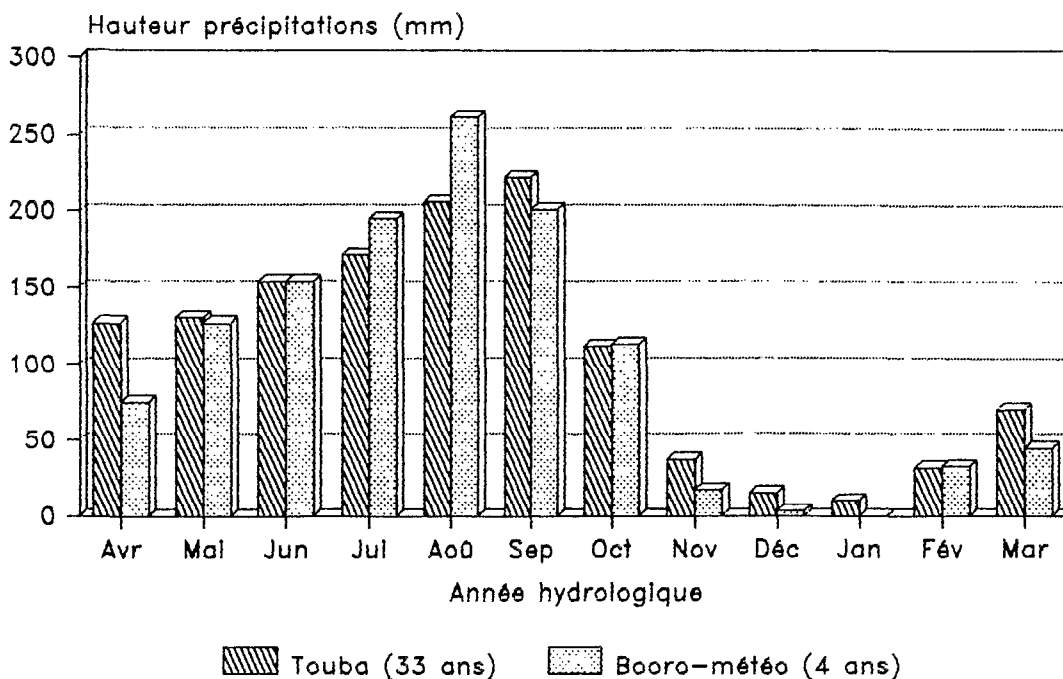
Au cours des quatre années d'observation à Booro-Borotou, Chevallier a relevé que les plus fortes hauteurs journalières enregistrées sont de 96 mm (le 29 avril 1984) et 91 mm (le 18 août 1985). La plus forte intensité enregistrée en 5 minutes est, quant à elle, de 166 mm/h le 16 juin.

Variabilité spatiale et temporelle

Cette étude de la variabilité spatiale et temporelle sur le bassin versant de Booro-Borotou réalisée par Kouamé (1987) a porté sur la totalité des données pluviographiques disponibles à la fin de la campagne 1986-1987.

Deux critères de séparation des averses ont été adoptés:

- le critère 1 individualise l'intégralité des averses (intensité inférieure à 2 mm/h pendant 60 minutes) ;
- le critère 2 individualise les corps d'averses (intensité inférieure à 5 mm/h pendant 15 minutes).



(d'après Chevallier, 1988)

Figure 4. Pluviométrie mensuelle à Touba et Booro-Météo.

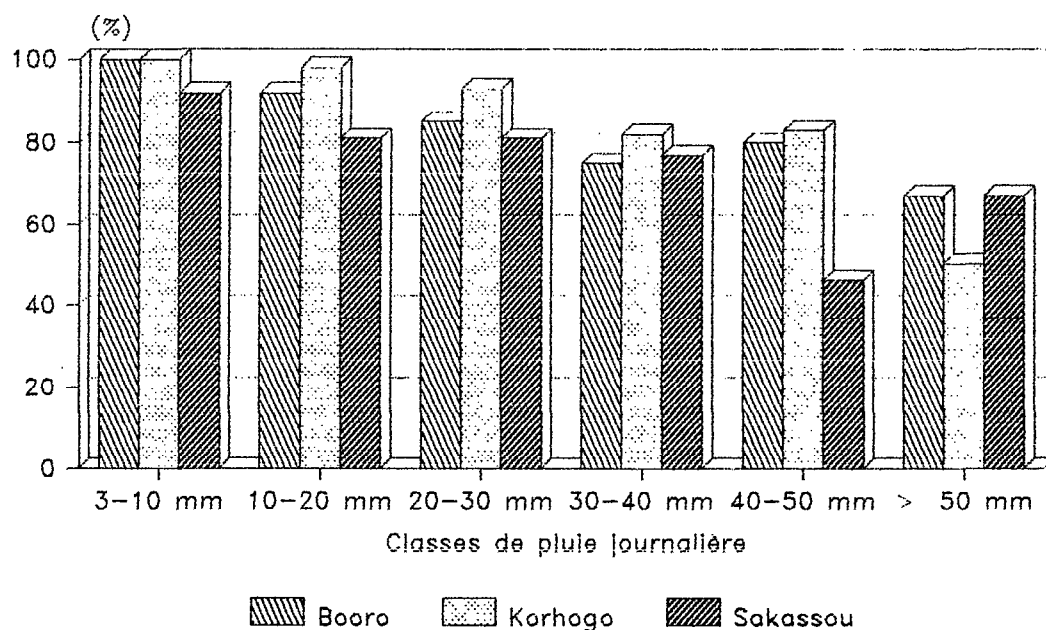
Des seuils de troncature ont aussi été établis afin d'éliminer les averses considérées comme trop faibles. Pour différentes durées d'averses ces seuils sont:

Durée (en min.)	5	10	15	30	45	60	90	120	180
Hauteur (en mm)	3	4	5	7	9	11	14	16	19

Le résultat concernant la répartition en une ou plusieurs averses par jour a été comparé par Chevallier (1988) à ceux de Camus *et al.* (1976) et de Lafforgue (1982) respectivement sur les bassins versants de Korhogo et de Sakassou.

La figure 5 et le tableau 6 attestent que ces résultats ne sont pas très différents les uns des autres.

Un autre résultat intéressant du travail de Kouame (1986) est une analyse de la dynamique des averses sur le bassin de la Séné effectuée à partir de six postes pluviographiques fonctionnant simultanément en 1986. Cette analyse a conduit à définir un sens de déplacement privilégié des averses (fig.6).



(d'après Kouamé, 1987)

Figure 5. Occurrence d'une ou plusieurs averses par jour de pluie à Booro-Borotou, Korhogo et Sakassou.

Tableau 6. Pourcentage d'occurrence d'une ou plusieurs averses en 24 heures.

		Nombre d'averses en 24 heures		
		1	2	3 et +
averse complète	critère 1	91%	7%	2%
corps d'averse	critère 2	86%	12%	2%
Korhogo		89%	9%	2%
Sakassou		81%	18%	1%

L'étude de la variabilité spatiale et temporelle des averses s'est achevée sur un essai de classification des événements pluvieux en trois catégories :

- les tornades, averses violentes d'intensités fortes en général, avec 40% des événements;
- les averses à caractère continu, d'intensités modérées, avec 40%;
- et les pluies de crachin, d'intensités faibles, avec 20%.

Cette étude typologique montre ainsi que la proportion des pluies d'intensités modérées (pluies à caractère continu et pluies de crachin) est non négligeable, ce qui est très important pour les besoins agricoles de la région.

L'EVAPORATION

L'évapotranspiration potentielle

Plusieurs formules permettent d'évaluer l'évapotranspiration potentielle, mais celle de Penman (1948) semble la plus adaptée en Afrique tropicale (Riou, 1975; Chevallier, 1988).

Son expression est:

$$ETP = (d/(d + C))(RN/L) + (C/(d + C)) EA$$

où:

ETP, évapotranspiration d'après Penman (en mm/jour);

d, dérivée en fonction de la température de la tension de vapeur d'eau saturante pour la température sous abri;

L, chaleur latente d'évaporation de l'eau (242 J/mm.cm²);

C, constante psychrométrique;

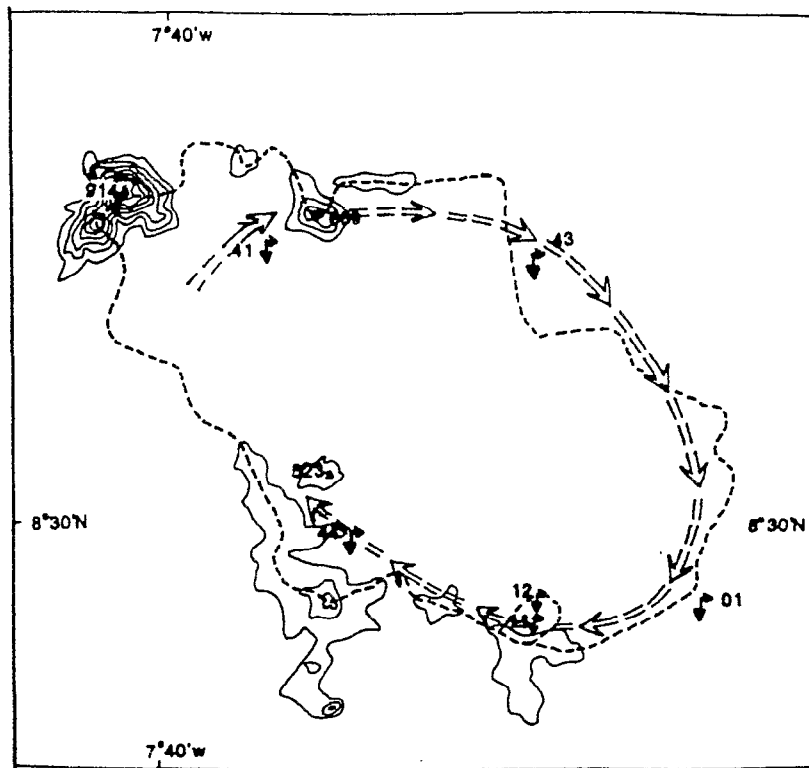
RN, rayonnement net au-dessus de la surface évaporante (en J/cm².jour);

EA, pouvoir évaporant de l'air.

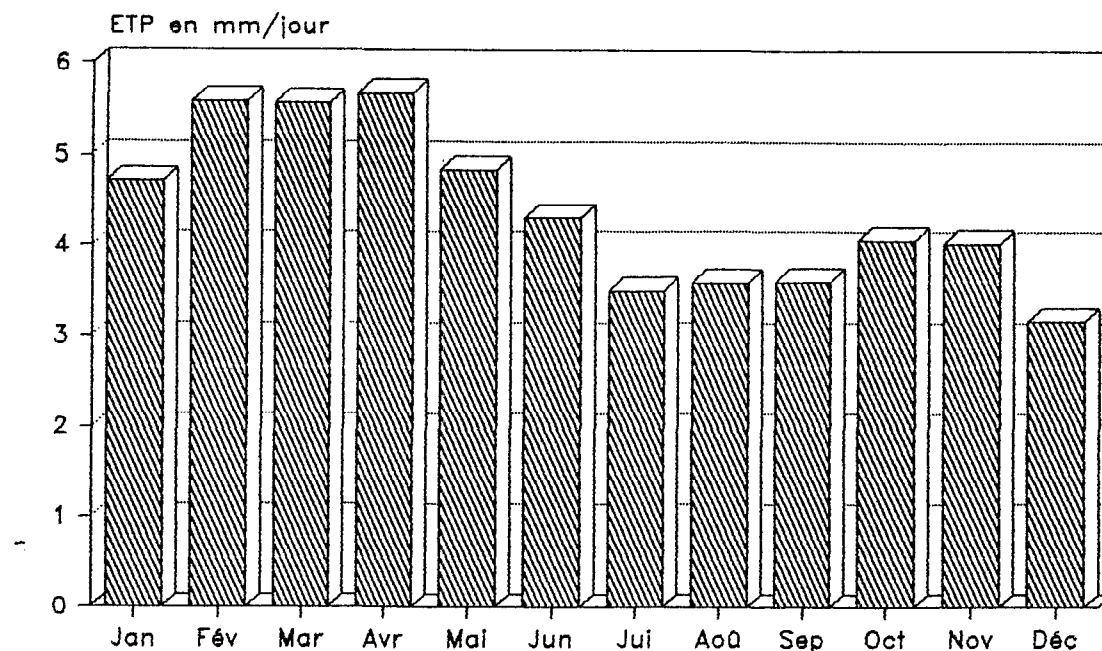
Les résultats obtenus par Chevallier (1988) en utilisant la formule de Penman (1948) sont résumés sur le tableau 7.

Tableau 7. Evapotranspiration potentielle (en mm/jour).

ETP	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
1984			6.04	5.85	4.83	4.43	3.37	4.02	3.84	4.17	4.06	3.11	4.37
1985	4.97	5.28	5.33	5.39	4.85	4.05	3.35	3.48	3.72	4.20	4.20	3.26	4.34
1986	4.83	5.92	5.43	5.31	4.79	4.59	3.22	3.51	3.45	3.89	3.85	3.13	4.33
1987	4.81	5.84	5.46	6.14	4.89	4.11	4.07	3.34	3.38	3.99	3.96	3.17	4.43
1988	4.26	5.27	5.54										
Int.	4.72	5.58	5.56	5.67	4.84	4.30	3.50	3.59	3.60	4.06	4.02	3.17	4.38

**Figure 6.** Circulation privilégiée des averses sur le bassin versant de la Séné (d'après Kouame, 1987).

L'histogramme des moyennes mensuelles interannuelles de ces évapotranspirations est présenté sur la figure 7.



(d'après Chevallier, 1988)

Figure 7. *Evaporation potentielle. Moyenne 1984 -1988 (formule de Penman).*

L'évaporation sur bac Colorado

Le dispositif de mesure de l'évaporation comprend deux bacs Colorado type ORSTOM identiques, enterrés et d'un mètre carré de surface. Les deux contiennent initialement la même quantité d'eau avec le second recouvert d'une pellicule d'huile interdisant l'évaporation naturelle.

En l'absence de précipitation l'évaporation est la quantité d'eau ajoutée au bac 1 pour le remettre à niveau. En cas de précipitation l'évaporation est égale :

- à la somme du rajout au bac 1 et du retrait au bac 2 si la précipitation est inférieure à l'évaporation ;

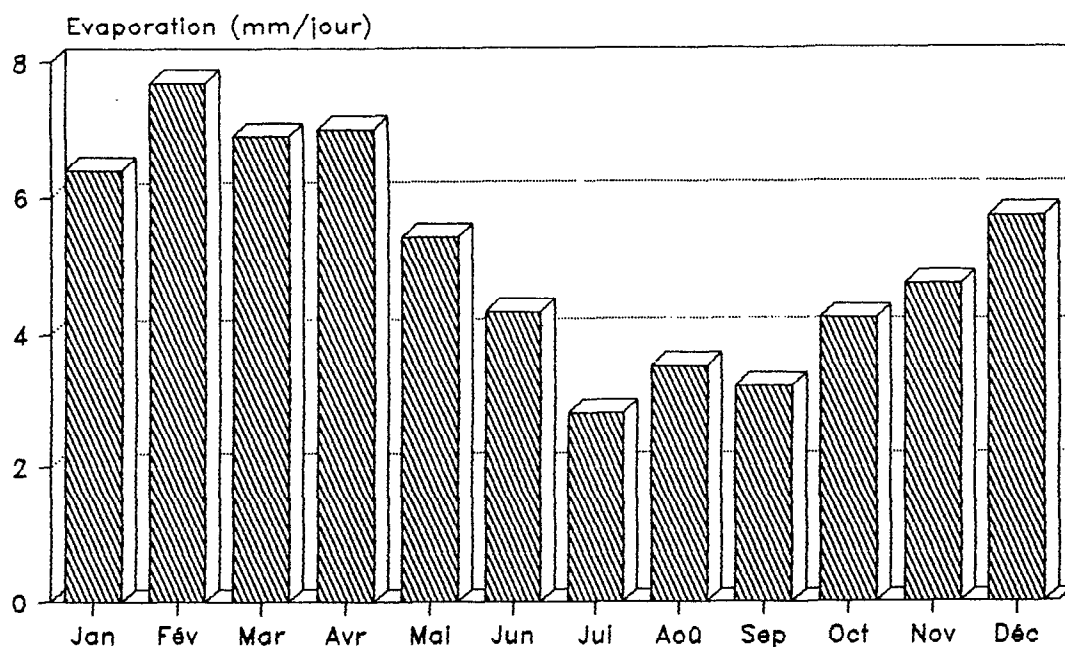
- au retrait du bac 2 auquel on retranche le retrait du bac 1 si la précipitation est supérieure à l'évaporation.

Le tableau 8 (Chevallier, 1988) donne les valeurs moyennes obtenues sur la période d'étude.

Tableau 8. Evaporation moyenne sur bac Colorado ORSTOM (en mm/jour).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
1984	5.4	6.2	6.2	6.5	4.8	4.1	3.2	3.7	3.4	3.6	4.0	4.2	4.6
1985	6.2	7.8	6.8	6.1	5.6	4.3	3.3	3.1	3.3	4.6	5.0	5.7	5.1
1986	6.9	8.0	6.2	6.7	5.0	4.8	3.7	3.5	3.1	4.1	4.6	6.5	5.3
1987	6.6	8.3	7.5	8.7	6.2	4.1	5.1	3.6	3.2	4.4	5.4	6.3	5.8
1988	7.1	8.2	7.9										
Int.	6.4	7.7	6.9	7.0	5.4	4.3	3.8	3.5	3.2	4.2	4.7	5.7	5.7

La figure 8 présente l'histogramme moyen de ces évaporations sur la période d'étude. Le total moyen annuel de l'évaporation sur bac Colorado ORSTOM (1.898 mm) est légèrement supérieur à celui de l'évapotranspiration par Penman (1.599 mm).



(d'après Chevallier, 1988)

Figure 8. Evaporation mesurée sur bac ORSTOM. Moyenne 1984 -1988.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brunet-Moret (Y.)**, 1978. Recherche d'un test d'ajustement. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, vol. XV, n°3.
- Camus (H.), Chaperon (P.), Girard (G.), Molinier (M.)**, 1976. Analyse et modélisation de l'écoulement superficiel d'un bassin tropical. Influence de la mise en culture. Côte d'Ivoire, Korhogo 1962-1972. *Travaux et documents de l'ORSTOM* n°52.
- Chevallier (P.)**, 1988. Complexité hydrologique du petit bassin versant. Exemple en savane humide, Booro-Borotou (Côte d'Ivoire). *Thèse Doctorat*. USTL Montpellier.
- Chevallier (P.), Berthelot (M.), Etienne (J.), Lapetite (J.M.)**, 1986. Bassin versant de Booro-Borotou (Côte d'Ivoire): données de base hydropluviométriques, années 1984 et 1985. ORSTOM, Adiopodoumé, multigr.
- Chevallier (P.), Berthelot (M.), Lapetite (J.M.)**, 1988. Observations climatologiques à la station de Booro-Borotou (Côte d'Ivoire), Janvier 1987 - Mars 1988. ORSTOM, Adiopodoumé, multigr.
- Eldin (M.)**, 1971. Le climat. In *Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM* n°50, Paris.
- Kouame (B.)**, 1986. Analyse et traitement des observations des postes pluviométriques de Touba et de Bouna. Rapport de stage intégré. ENSTP ENIT, Yamoussoukro, multigr.
- Kouame (B.)**, 1987. Forme des averses, variabilité spatiale et temporelle au nord-ouest de la Côte d'Ivoire. *Mémoire DEA*, USTL Montpellier.
- Lafforgue (A.)**, 1982. Etude hydrologique des bassins versants de Sakassou. Côte d'Ivoire, 1972-1977. *Travaux et documents de l'ORSTOM* n°149.
- Penman (H.L.)**, 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. London*, A193 : 120-146.
- Riou (C.)**, 1975. La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique centrale. *ORSTOM, Mémoire*, n°80