

UN CAS D'ÉCOULEMENTS ISSUS DE PRÉCIPITATIONS OCCULTES

Début 1966, R. LEFEVRE, Chef de la Section d'Hydrologie au Centre ORSTOM de Yaoundé, installait une ^{ensemble} série de bassins versants représentatifs sur la Metchié, rivière camerounaise du plateau Bamiléké, en vue de son futur aménagement hydraulique.

Les observations se déroulèrent sans incident jusqu'au 20 novembre, date à laquelle les pluies cessaient. *ont cessé*.

~~A notre étonnement,~~ ^{avec selon constatés} nous nous sommes rendu compte que les débits de la Metchié supérieure ont présenté à partir de cette date une variation journalière périodique à peu près constante : montée du niveau de l'eau de 3 à 4 cm de 04 heures à 14 heures puis decrue à peu près égale de 14 heures à 08 heures. Le phénomène était très net à partir du 23 novembre, la rivière ayant pris son régime de tarissement (la dernière crue issue des pluies étant à la date du 20 novembre) ~~et~~ jusqu'au 8 décembre où la montée de l'eau était ^{encore} de 2 cm.

A partir de cette date, les variations deviennent plus faibles et ne représentent plus que 1 cm le 15 et 0,5 cm le 28 Décembre.

~~Après avoir examiné toutes les possibilités d'alimentation accidentelle de la Metchié, une seule nous est parue plausible : la rosée ; aucune autre solution n'étant compatible avec les observations recueillies.~~

Préalablement ~~à cette démonstration~~, rappelons les caractéristiques du bassin versant supérieur de la Metchié :

1) Description géographique

Le bassin est situé à la frontière du Cameroun Occidental, sur le versant oriental des Monts Bambouto qui appartiennent, comme le

CAMEROUN

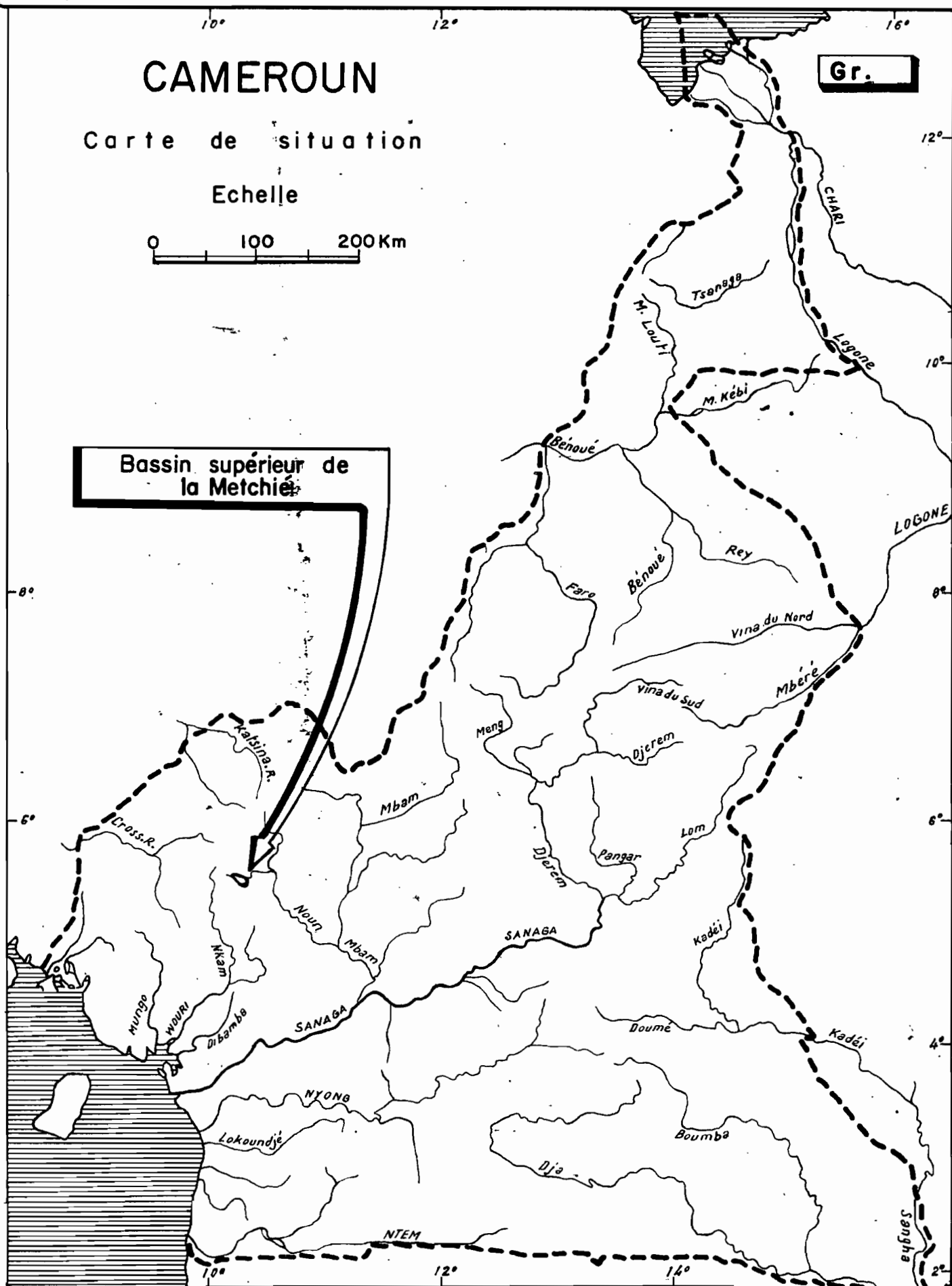
Carte de situation

Echelle

0 100 200 Km

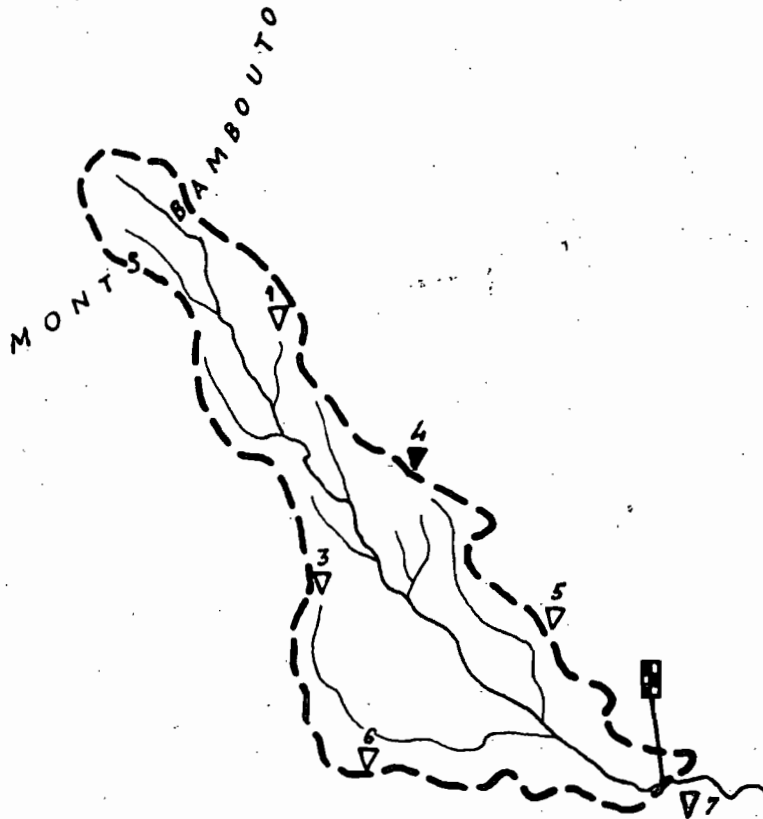
Gr.

Bassin supérieur de
la Metchié



Bassin versant de la Metchié à BAMENDOU

S = 80 Km²



- ▼ Pluviomètres
- ▽ Pluviographes
- ▣ Echelle de crue

Echelle : 1/200.000

Mont Cameroun, à une formation volcanique récente. De haut en bas nous rencontrerons des phonolites puis des trachytes hyperalcalins, d'âge néogène, et enfin des basaltes et des andésites fortement altérés formés au crétacé ou à l'éogène. Ces roches ont donné naissance à des sols ferrallitiques rouges, passablement argileux (40 à 70 %) mais généralement bien drainés.

Le relief est très marqué, moins quand même que sur le versant occidental des Monts Bamboutou, puisque le point culminant du bassin - également point culminant des Monts est à 2740 m tandis que la station hydrométrique n'est qu'à 1470 m. La pente est très forte : sur les 28 km du profil en long de la Metchié, nous avons :

- de l'origine (station hydrométrique) au PK 8 = pente de 0,16%
- du PK 8 au PK 20 = pente de 4,00%.
- du PK 20 au PK 28 = pente de 9,24 %.

L'indice de pente est, bien entendu, très important :

$$I_p = 0,192$$

Le bassin a une forme très allongée, Nord Ouest-Sud Est.

Le coefficient de compacité de GRAVELIUS est $K = 1,71$.

Il est compris entre $05^{\circ}29'$ et $05^{\circ}39'$ de latitude Nord, $10^{\circ}05'$ et $10^{\circ}18'$ de longitude Est.

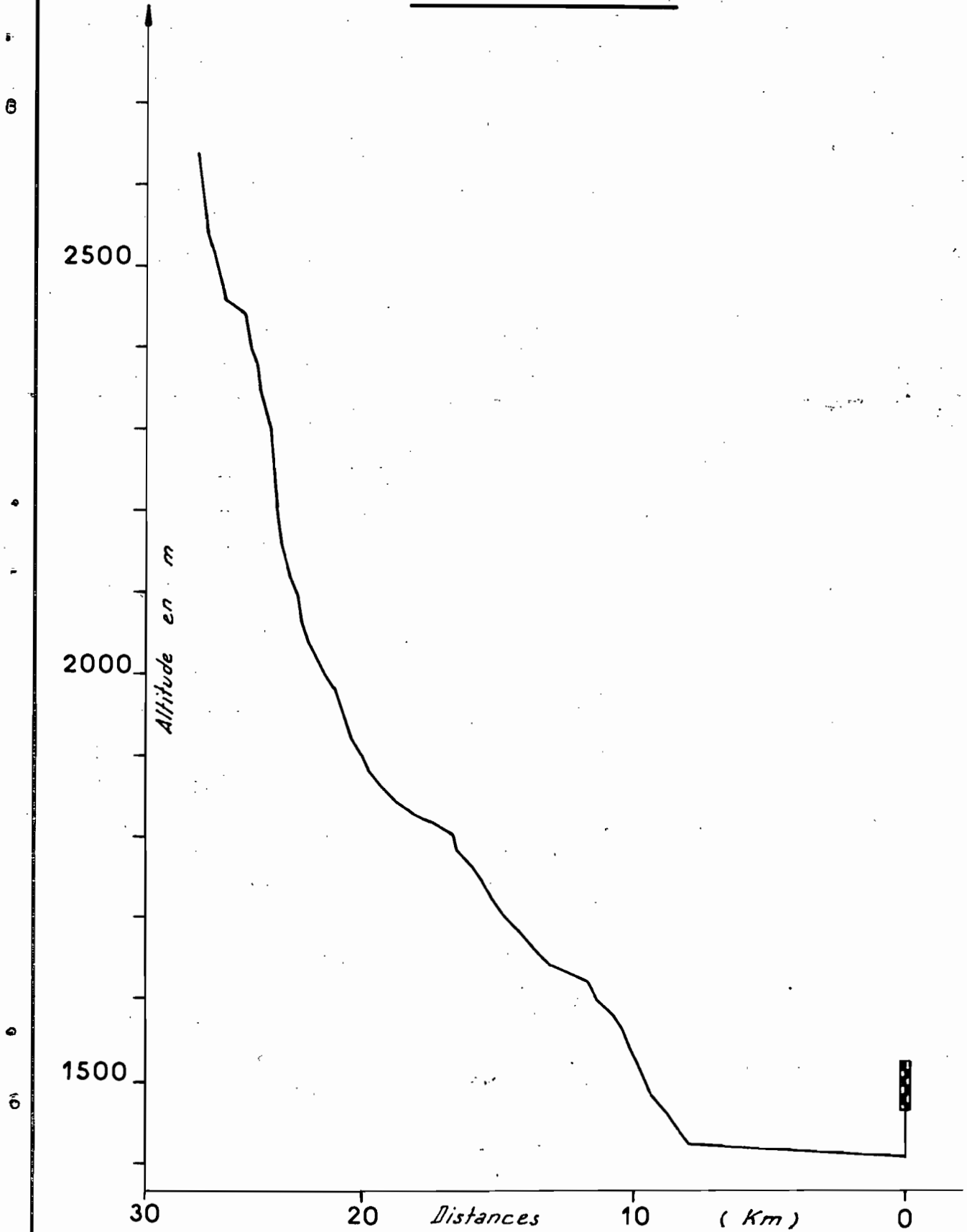
La superficie est de 80 km².

Le bassin est situé à égale distance (20 km) de DSCHANG et de BAFOUSSAM la route reliant ces deux villes passant à sa limite Sud.

Le régime climatologique est "tropical de transition" A la plus proche station météorologique, DSCHANG, la pluviométrie interannuelle (période 1927-1953) est de 1909 mm. La température moyenne interannuelle (DSCHANG 1941-1953) est seulement $20^{\circ}1'$, avec une amplitude moyenne très faible : $1^{\circ}7'$. L'hygrométrie est par contre assez forte :

Variété de montagne

Profil en long de la Metchié à BAMENDOU



77% en moyenne. Enfin au point de vue couvert végétal, la partie haute du bassin (20% de la superficie) est couverte d'une végétation naturelle propre aux zones d'altitude élevée ~~et~~ qui sert de pâturage aux troupeaux. Le rocher y affleure en de nombreux endroits.

Le reste du bassin est cultivé par les Bamilékas.

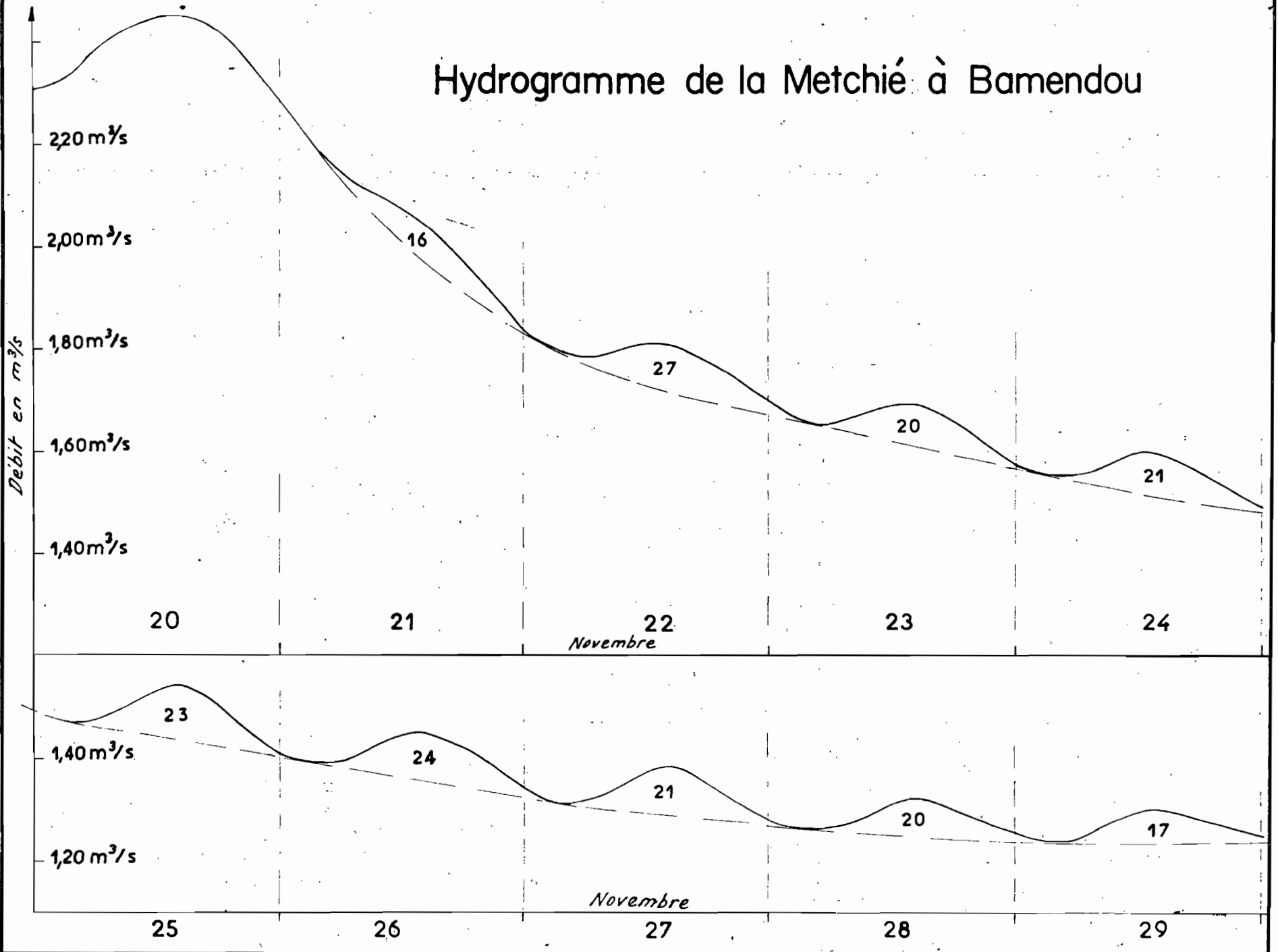
2) MESURES DES DEBITS. VOLUMES ECOULES

droit de La station hydrométrique de la Metchié à BAMENDOU est située au pont de la route ~~à~~ BAFOUSSAM-DSCHANG. Elle est équipée d'une échelle limnimétrique, doublée d'un limnigraphe OTT. type X à rotation hebdomadaire. La relation hauteur-débit est bien déterminée grâce à 58 jaugeages effectués au moulinet OTT "ARKANSAS" depuis une passerelle située en aval du pont. Des relevés journaliers, à l'échelle limnimétrique, permettent de contrôler la bonne marche du limnigraphe (durant la période où les phénomènes de remontée du niveau ont été observés, il a été procédé à 3 relevés limnimétriques par jour à 6, 12 et 18 heures).

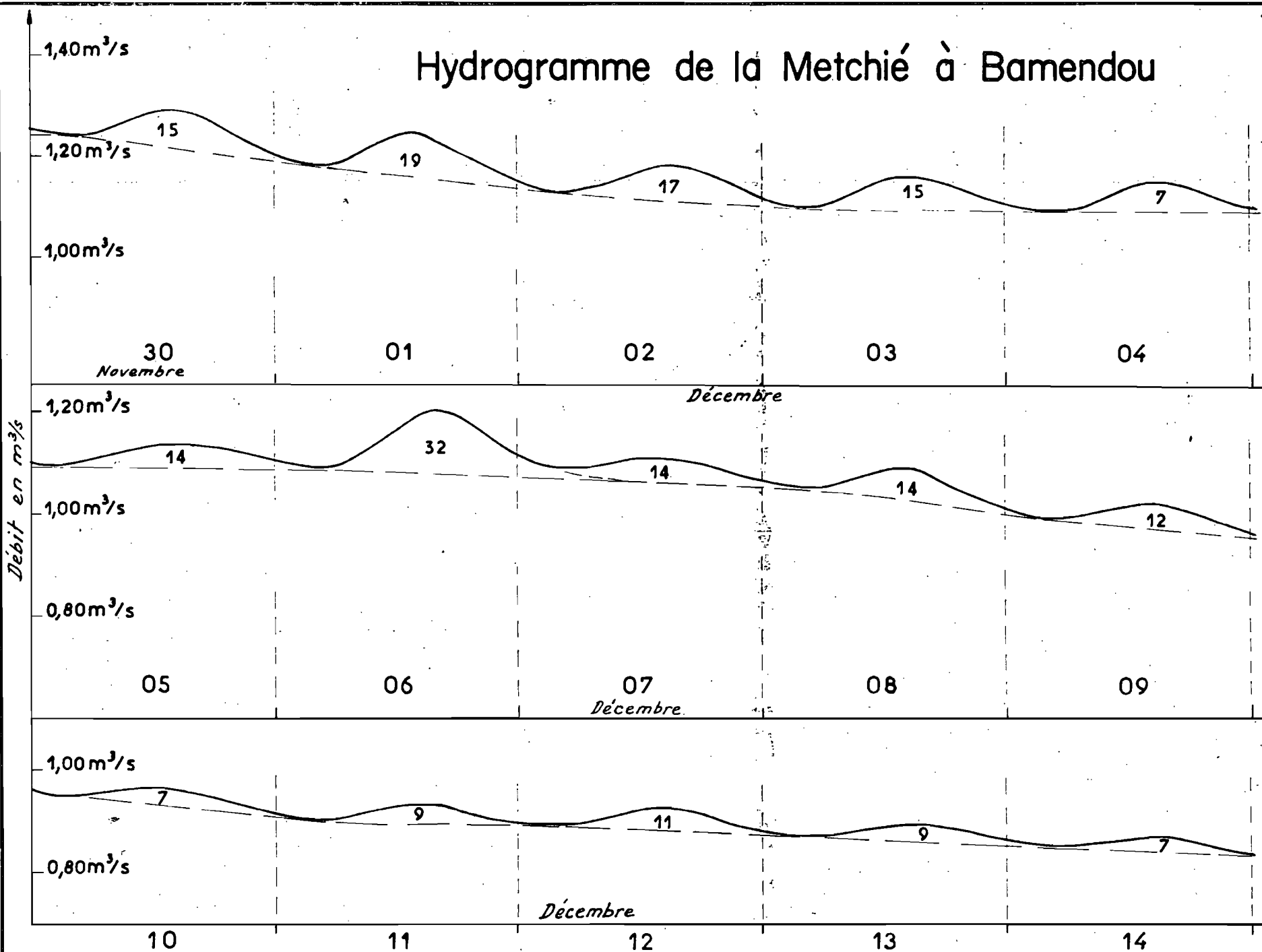
L'examen des hydrogrammes montre, comme nous l'avons dit en préambule, que le débit augmente régulièrement de 04 heures à 14 heures puis rediminue à partir de 14 heures. Il est facile de séparer ces infimes crues de l'écoulement de base, celui-ci ne pouvant pas, vu la modicité de l'augmentation de débit (100 l/s au maximum) être influencé par ces ruissellements parasites ~~et~~. La séparation se fera, en principe, en reliant par une droite, sur l'hydrogrammes, les minima journaliers de débit.

Les volumes écoulés durant la période 21 Novembre- 14 Décembre 1966 sont, en séparant apports parasites et écoulement de base :

Hydrogramme de la Metchié à Bamendou



Hydrogramme de la Metchié à Bamendou



Dates	Volumes écoulés 10 ³ m ³ de base	parasites	Lame équivalente (1/10 mm)	Dates	Volumes écoulés 10 ³ m ³ de base	parasites	Lame équivalente (1/10 mm)
21 Nov.	175	2,9	0,36	3 Dé.	95	3,2	0,40
22	149	4,9	0,61	4	94	2,2	0,27
23	140	3,6	0,45	5	94	2,5	0,31
24	135	3,8	0,47	6	93	5,8	0,73
25	125	4,1	0,51	7	92	2,5	0,31
26	118	4,3	0,54	8	89	2,5	0,31
27	111	3,8	0,48	9	84	2,2	0,25
28	108	3,4	0,43	10	80	1,6	0,20
29	107	3,1	0,39	11	77	1,6	0,20
30 Nov.	105	2,7	0,34	12	76	2,0	0,25
1 Déc.	100	3,4	0,43	13	74	1,6	0,20
2	97	3,1	0,39	14	73	1,3	0,16

L'écoulement parasite ne représente qu'une faible partie de l'écoulement total : 2,8 %.

Ces anomalies hydrométriques ne sont pas limitées à la période 21 Novembre - 14 Décembre. Nous avons observé, sur les limnigrammes, des variations de niveau aux mêmes heures et d'importance comparable (quelques centimètres) les 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18 Novembre en l'absence de toute pluie. Après le 14 Décembre, les variations de niveau sont de moins en moins importantes : elles ne sont plus que de l'ordre du centimètre le 20 Décembre et pratiquement nulles après le 25.

3) CAUSE DES VARIATIONS D'ÉCOULEMENT.

Les variations de niveau, décrites ci-dessus, ne peuvent être mises en doute : les relevés limnimétriques et limnigraphiques le prouvent.

Plusieurs explications peuvent être données pour expliquer la cause de ce phénomène.

- Variation dans la relation hauteur-débit
- Variation du débit souterrain (sans apport extérieur)
- Pluviométrie non enregistrée.
- Rosée
- Évaporation

a) Il n'est pas possible qu'il y ait des fluctuations aussi régulières dans la relation hauteur-débit. Ceci impliquerait une variation notable du niveau en aval. Il existe en effet un confluent ^{assez proche} avec un affluent de superficie assez importante, (une cinquantaine de km²) mais le régime de cet affluent est identique à celui de la Metchié et son influence n'a été remarquée que lorsqu'il y a débordement du lit mineur (débit supérieur à 3 m³/s) en août et septembre, ce qui n'est plus le cas. La relation hauteur-débit est très bien définie, et univoque, en dessous de 2 m³/s. Enfin il semblerait difficile d'expliquer la régularité horaire d'une variation de niveau aval..... ce qui reviendrait à reposer le même problème pour l'affluent aval.

b) une variation du débit souterrain, sans apports extérieurs, ne pourrait se concevoir que si une partie de l'écoulement était intermittente (source vauclusienne) mais un tel phénomène n'est possible que dans les terrains perméables en grand, ce qui ne semble pas être le cas. Et encore faudrait-il qu'entre deux intermittences il y ait exactement un espacement de 24h.

c) L'hypothèse d'une pluie non mesurée est plus sérieuse. En effet nous ne disposons que de 6 postes pluviométriques pour mesurer les précipitations tombées sur le bassin et il n'est pas improbable qu'uneaverse tombent sur les sommets des Monts Bambouta puisse ne pas être décelée. Seulement il faudrait que cette pluie tombe absolument tous les jours et à la même heure. Un hasard dans la répartition des pluies, cela paraît impossible. Cependant l'amont du bassin doit être, durant la période considérée, dans les nuages bas (stratus, strato-cumulus) et vu l'altitude ^{assez} importante, la température peut être suffisamment basse, la nuit, pour provoquer une importante condensation. Mais un tel phénomène s'apparente plus à la rosée qu'à la pluie.

Tout d'abord la rosée a été observée tous les jours, durant la période qui nous intéresse, sur le bassin versant. A tous les postes pluviométriques, les observateurs pouvaient relever des hauteurs correspondant à quelques dixièmes de millimètres de pluie en moyenne, l'eau provenant uniquement de la condensation dans l'entonnoir du pluviomètre.

Les relevés de la station météorologique de DSCHANG le confirment bien que cette station, située en ville et sous des arbres, ne soit pas tellement représentative.

d) L'évaporation ne peut être la cause du phénomène. Car si c'était l'évaporation, nous observerions une décroissance en "escaliers" ou tout au moins avec une légère ~~réalisation~~ ^{realimentation} de minimum de l'évaporation journalière. Or l'hydrogramme ne présente pas cette allure. Ensuite l'évaporation augmente d'octobre à février : le phénomène devrait donc s'amplifier, alors que nous observons une diminution. Mais surtout comment expliquer que l'évaporation est maximale à 4 heures du matin et minimale à 14 heures.

e) En définitive, seule la rosée semble être la source d'alimentation la plus probable

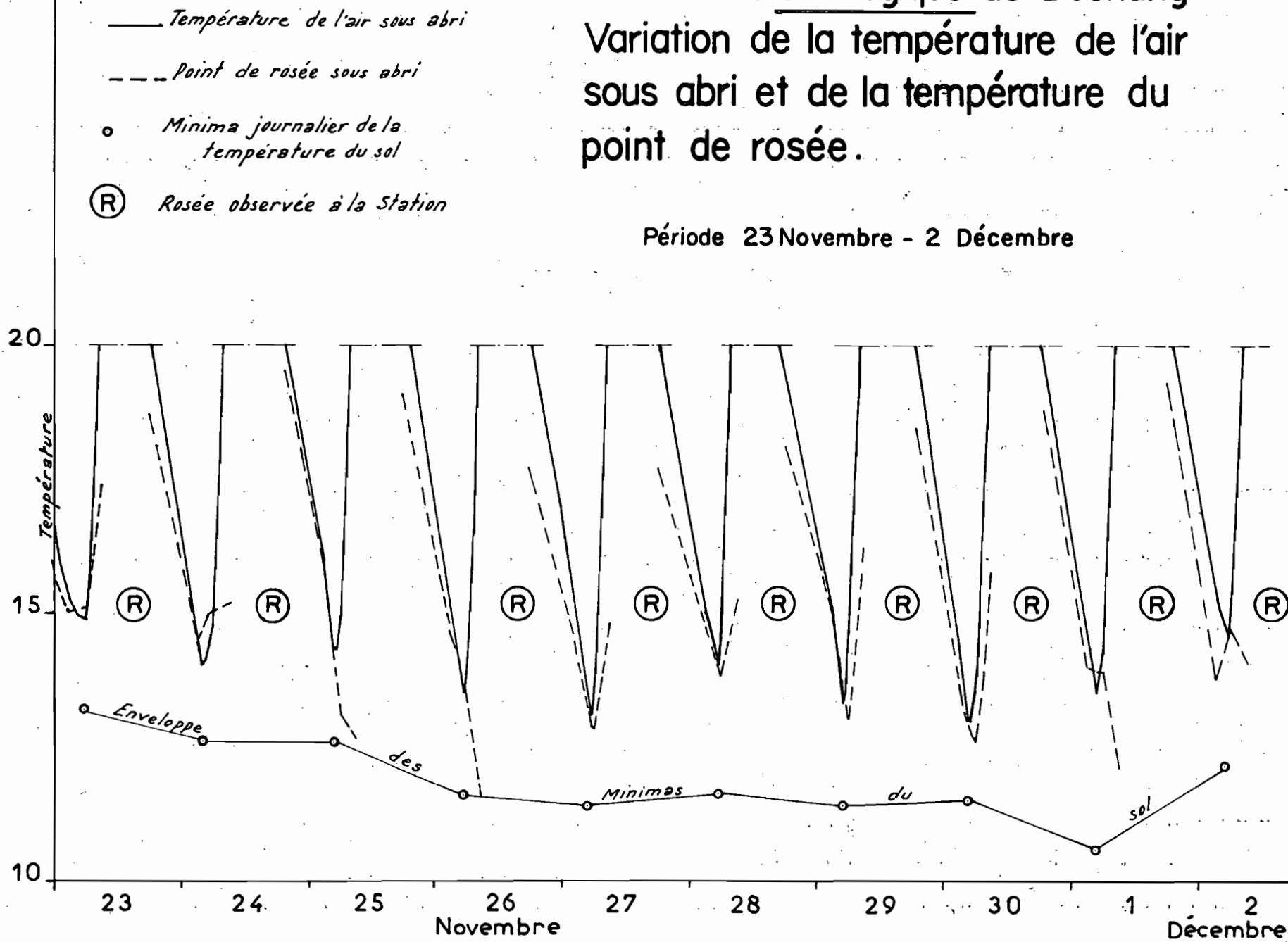
:Température : Humidité : Température : Pont des : Humidité :
 : sous : relative : sous : rosée : relative :
 : abri : sous abri : abri à : sous abri : sous abri :
 : du sol : à 06-00 : 06-00 Tu : à 06-00 : ximum :
 : Tu % : : Tu : : % :
 : entre T :
 : min sous :
 : abri et :
 : au sol :

No.	Température sous abri	Température du sol	Humidité relative sous abri à 06-00 Tu %	Température sous abri à 06-00 Tu	Pont des rosées sous abri à 06-00 Tu	Humidité relative sous abri maximum %	Ecart entre T min sous abri et au sol	Rosée
5	4,5	3,5	100	19,6	14,6	100	1,0	
6	6,1	6,2	99	16,4	16,2	100		
7	5,9	4,7	94	16,2	15,2	99	1,2	
8	6,1	5,0	90	17,1	15,5	97	1,1	
9	5,5	5,0	90	16,1	14,5	98	0,5	
10	5,4	4,2	100	16,0	16,0	100	1,2	
11	6,0	6,0	100	16,4	16,4	100	0,0	
12	6,0	5,7	96	16,4	15,8	98	0,3	R
13	6,5	5,6	99	16,7	16,6	99	0,9	R
14	5,4	4,9	95	15,8	15,0	98	0,5	R
15	5,2	4,0	86	16,7	14,4	100	1,2	R
16	4,5	2,2	99	15,0	14,8	100	2,3	R
17	4,2	3,8	100	15,5	14,5	100	2,0	R
18	4,0	2,2	98	14,5	14,2	98	0,4	R
19	5,0	3,1	96	16,7	16,1	100	1,8	R
20	5,0	3,5	100	16,0	16,0	100	1,9	
21	4,8	2,8	99	16,3	16,0	100	1,5	R
22	3,9	3,5	100	14,8	14,8	100	0,0	
23	4,9	3,2	99	15,1	14,9	100	0,4	R
24	4,0	2,6	100	15,0	15,0	100	0,7	R
25	4,3	2,6	87	15,3	13,3	100	1,7	R
26	3,5	1,6	98	13,8	13,5	99	1,9	R
27	3,1	1,4	94	13,8	12,8	98	1,7	R
28	4,0	1,6	96	14,5	13,8	98	1,4	R
29	3,0	1,4	97	14,5	13,0	100	1,9	R
30	3,0	1,5	94	13,5	12,6	98	1,5	R
1	3,5	0,6	98	14,2	13,9	100	2,9	R
2	4,6	2,2	95	15,3	14,7	99	2,4	R
3	4,3	2,2	100	15,0	15,0	100	2,1	R
4	4,3	2,0	95	15,5	14,7	100	2,3	R
5	4,8	4,1	100	15,4	15,4	100	0,7	
6	5,7	5,4	98	16,0	15,7	100	0,3	
7	5,0	5,0	100	15,6	15,6	100	0,0	
8	4,1	3,0	97	14,6	14,1	99	1,1	R
9	4,0	1,9	95	15,4	14,6	98	2,1	R
10	3,4	1,0	92	14,5	12,3	95	2,4	R
11	3,3	1,1	94	13,9	12,9	96	2,2	R
12	3,4	0,5	96	13,5	12,9	99	2,9	R
13	2,9	1,4	99	13,4	13,2	100	1,5	R
14	3,1	0,3	88	14,0	12,0	97	2,8	R
15	3,6	0,0	79	14,4	10,8	95	3,6	R
16	4,1	1,6	91	15,1	13,6	97	2,5	R
17	3,3	0,1	79	14,0	10,5	99	3,2	R
18	1,8	8,5	78	12,1	8,4	100	3,3	R
19	2,3	8,8	88	13,3	11,4	100	3,5	R
20	1,2	7,9	81	11,9	8,8	98	3,3	R
21	2,0	8,5	68	14,2	8,4	100	3,5	R
22	2,7	8,9	89	13,5	11,8	97	3,8	R
23	1,7	9,8	93	13,0	11,8	100	1,9	R

Station météorologique de Dschang

Variation de la température de l'air sous abri et de la température du point de rosée.

Période 23 Novembre - 2 Décembre



(R indique que la rosée a été observée à la station)

Nous voyons que sur 49 jours, il a été observé 32 jours avec rosée et que la saturation a été observée sous abri 26 fois. Mais ce qui est plus important, c'est l'écart entre la température minimale sous abri et la température minimale du sol. Le sol se refroidit plus vite que l'air ; l'écart atteint 3° à partir du 15 Décembre. Ceci s'explique si l'on sait que le Front Inter Tropical (FIT), qui était au Nord de DSCHANG début Novembre, est descendu au Sud, son passage se situant vers le 10-15 Décembre (un des critères étant celui du point de rosée : si le point de rosée est supérieur à 12°, le FIT est au Nord. Mais en plus interviennent surtout les vents) Durant la période où le FIT oscille sur le bassin de la Metchié, tantôt un peu au Nord, tantôt un peu au Sud (Novembre), la nébulosité va diminuer. Cela va permettre au sol de se refroidir par rayonnement, bien davantage puisque les nuages ne forment plus écran.

Comme le sol est encore bien saturé d'eau (la dernière pluie est du 20 Novembre) et que la tension de vapeur de l'air est restée à peu près la même, il y aura condensation durant la nuit et production de rosée abondante..

A BAMENDOU même, quelques mesures au psychromètre ont confirmé les valeurs de DSCHANG.

De plus, il semble probable que, sur les pentes des Monts Bambouto, la rosée soit particulièrement abondante du fait du faible couvert végétal (refroidissement ~~en~~ par rayonnement plus important de ce fait) et surtout à cause de l'altitude : la température devrait être plus faible d'une dizaine de degrés au point culminant (2700 m) qu'à DSCHANG (1400 m) si nous admettons le gradient de température en atmosphère standard (6,5°/km).

Mais ce qui confirme la rosée comme source d'alimentation, c'est sa régularité horaire dans sa formation, en accord avec la régularité horaire dans les variations du niveau de la Metchie. Nous avons observé une montée du niveau à partir de 04 heures. Or la formation de la rosée est fonction du cycle thermique journalier qui est très régulier : maximum à 14-15 heures, minimum vers 06.30, juste après le ~~coucher~~^{lever} du soleil. La saturation de l'air doit ~~être~~^{avoir lieu} à partir de 00-02 heures, les relevés psychrométriques de 04 heures indiquant bien souvent 100 % d'humidité relative. La rosée doit commencer à se former à partir de 01 heure et la fin de la condensation doit avoir lieu vers 06.30, lorsque la température recommence à croître. Il est donc possible que la Metchie soit alimentée vers 03-~~04~~ heures et que la montée du niveau commence à 04 heures.

Nous n'avons pas pu encore observer comment ruisselait la rosée mais il est probable qu'il est du type ~~hypodermique~~^{hypodermique} que sur les sols ferrallitiques. Ce ruissellement est favorisé par la très forte pente, des sols assez imperméables et une saturation des sols importante (nous sommes en fin de saison des pluies).

La formation de la rosée va augmenter jusque vers 06-07 heures (minimum journalier de température). Compte tenu de la faiblesse des apports en rosée et du fait que la pente de la Metchie diminue nettement 8 km en amont de la station limnimétrique, il semble normal que le maximum de débit se situe à 14 heures. Il n'est pas possible, avec les observations dont nous disposons, de préciser mieux pour l'instant, car ce serait nous lancer dans des hypothèses plus ou moins hasardeuses, faute de données sur des conditions d'écoulement bien différentes de celles étudiées ^{généralement} jusqu'à présent.

A partir du 10 Décembre, la diminution progressive des écoulements provoqués par la rosée s'explique d'abord par l'installation définitive du FIT au Sud du Bassin. Les tensions de vapeur vont diminuer car l'air sera plus sec, tandis que le point de rosée sous abri se

rapproché du minime de température au sol : la rosée va être moins abondante. Mais surtout nous éloignons ^{WALL} dans le temps de la fin de la saison des pluies et de la date de la dernière pluie (20 Novembre). Le sol se resseche et, conséquence bien connue, son coefficient de ruissellement diminue puisqu'une plus grande quantité d'eau va pouvoir s'infiltrer. C'est pour cela que tout est pratiquement terminé fin Décembre.

En ce qui concerne le coefficient de ruissellement, il est très difficile de le déterminer car si nous connaissons le volume ruisselé avec assez de précision, il ne nous est pas possible de connaître la quantité exacte de rosée (ou de condensation des nuages baignant l'aval du bassin). En première approximation, et en considérant que la quantité d'eau recueillie à chaque pluviométrie (malheureusement ces observations ne concernent que l'aval du bassin) représente un ordre de grandeur de la rosée, nous aurons les valeurs suivantes du coefficient de ruissellement Kr.

Date	Hauteur de rosée (1/10 mm)	Lame écoulée (1/10 mm)	Kr %	Date	Hauteur de rosée (1/10 mm)	Lame écoulée (1/10 mm)	Kr %
21 No.	2	0,36	18	3 Déc.	1	0,40	40
22	3	0,61	20	4	2	0,27	14
23	2	0,45	22	5	3	0,31	10
24	2	0,47	24	6	5	0,73	15
25	2	0,51	25	7	1	0,31	31
26	2	0,54	27	8	3	0,31	10
27	2	0,48	24	9	2	0,28	14
28	1	0,43	43	10	0	0,20	
29	2	0,39	20	11	1	0,20	20
30 Nov.	1	0,34	34	12	2	0,25	13
31 Déc.	2	0,43	21	13	2	0,20	10
2 Déc.	4	0,39	10	14	0	0,16	

.../...

La valeur médiane est 20%. Compte tenu que la rosée a été très certainement estimée par défaut, cette valeur semble tout à fait plausible.

4) CONCLUSIONS

L'existence de variations d'écoulement en absence de toute pluviométrie est incontestable. Ces variations sont liées au cycle météorologique journalier et tout conduit à dire que c'est la rosée qui est la cause la plus probable de ces écoulements.

L'importance de ces écoulements est très modeste : environ 0,8% de l'écoulement total. Néanmoins le phénomène en lui seul paraît intéressant et il nous semble opportun de l'étudier plus à fond.

Il conviendrait alors :

a) D'installer au moins un pluviographe avec une table de déroulement (autonomie 3 mois) le plus haut possible (au dessus du pluviomètre n°1 par exemple).

b) de compléter le réseau de pluviomètres vers BIETE et la Ferme de la Pastorale.

c) d'installer sur le bassin des capteurs de rosée (surface métalliques légèrement inclinées, de plusieurs m² de superficie, et deversant dans un pluviomètre ou, mieux, dans un pluviographe).

d) de mesurer en plusieurs points (BAMENDOU, BANGANG, Ferme de la Pastorale, BIETE) la psychrométrie soit avec des psychromètres, soit avec des hygromètres.

e) A ces mêmes points, de mesurer la température (thermomètre à minima, thermographes) de l'air et du sol.

f) de mesurer l'évaporation sur bac COLORADO, à BAMENDOU par exemple.

Ces mesures ayant lieu du 15 Octobre au 31 Décembre.

Bien entendu, il faudra continuer les enregistrements limni-graphiques.

De même, une reconnaissance géologique et hydrogéologique serait très utile.

Il convient enfin de remarquer que de tels phénomènes, mais très peu marqués s'observent également sur les affluents situés en aval (WASSA en particulier) de la station hydrométrique de BAMENDOU.

YAOUNDE, le 23 Janvier 1967

J. CALLEDE

Callède Jacques

Un cas d'écoulements issus de précipitations occultes

Yaoundé : ORSTOM, 1967, 17 p. dactyl.